

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

WWW.SOEL.RU

6

2021

YouTube
канал

СОТВОРЕНИЕ 3D-МИРА



В номере:

- | Neutral host откроет доступ к 5G
- | Отвод тепла от малогабаритных SMD-компонентов
- | Терагерцовые технологии для защиты и передачи данных
- | Моделирование цифровых устройств в Proteus
- | Как создавался первый в мире цифровой компенсатор помех



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





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



Здравствуйте, уважаемые друзья!

С технологиями 5G сегодня связывают прогресс в самых различных областях. В связи с растущим спросом на такие технологии, как Интернет вещей (IoT) и промышленная автоматизация, потребность в быстром Интернете с низкой задержкой растёт по всему миру. Внедрением и совершенствованием 5G занято множество ведущих мировых компаний. Правительства развитых стран также инвестируют в развитие телекоммуникационной инфраструктуры. Эти инвестиции и рост абонентской базы 5G привели к тому, что глобальный рынок инфраструктуры 5G в 2020 году достиг объёма примерно \$1,5 млрд. Но это было лишь началом: в ближайшие годы рынок 5G будет расширяться ещё быстрее, что обусловлено экспоненциальным ростом спроса на быстрые и надёжные беспроводные коммуникации. Согласно последнему прогнозируемому отчёту Dell'Oro Group, хоть сегодня на рынке частной беспроводной связи и доминирует LTE, к 2025 году доходы частных сетей 5G превысят десятки миллиардов долларов.

Ещё один драйвер быстрого роста – RFID-технологии. Если в 2020 году объём рынка RFID-решений составлял порядка \$9 млрд, то к 2028 году объём данного рынка составит около \$19,5 млрд. Одним из основных стимулирующих рост рынка RFID факторов является увеличение числа RFID-систем в производственных подразделениях, призванных улучшить контроль качества и логистику. Решения на основе RFID позволяют контролировать состояние и производительность оборудования, дефекты в процессах и системные сбои, а также обеспечивать предиктивное техническое обслуживание оборудования и систем.

В настоящее время ядром большинства решений ИИ являются облачные сервисы, и основную рабочую нагрузку по обучению и выводу ИИ несут именно они. Централизация обработки в облаке обеспечивает решениям преимущества гибкости и масштабируемости. Однако в последнее время эта парадигма меняется: в связи с необходимостью обеспечения конфиденциальности, кибербезопасности, автономности и низкой задержки реакции решения ИИ реализуются непосредственно на шлюзах, конечных устройствах и датчиках. Автономные решения ИИ требуют соответствующей аппаратной поддержки, благодаря чему стремительно развивается концепция Edge AI. Аналитики из ABI Research прогнозируют рост рынка чипсетов для Edge AI до примерно \$12,2 млрд, что превысит объём рынка чипсетов для облачных решений. Растёт и рынок ПО для ИИ: по прогнозам, в ближайшие семь лет выручка от продаж программного обеспечения в области искусственного интеллекта увеличится в 12 раз, взлетев до \$126,0 млрд в 2025 году.

«Современная электроника» держит вас в курсе последних новостей рынка и новинок технологий. Наши публикации актуальны, а новые видеоролики на YouTube-канале наверняка заинтересуют вас и ваших коллег!

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

СОДЕРЖАНИЕ 6/2021

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

AdvantiX	47
AVD-систем.	5
CREE (Wolfspeed)	36
Delta Design.	19
DOLOMANT	1
KEYSIGHT Technologies. . 4-я стр. обл.	
Smiths Interconnect.	69
TDK-Lambda	37
XP Power	11, 63
МОРИОН	6
ТЕСТПРИБОР . . . 2-я стр. обл., 4, 7	
Феникс Электроникс.	29
ЧипЭкспо-2021.	31
ЭРКОН	4, 61

«Оранж Бизнес Сервисез»
у истоков цифровой трансформации общества:
передача, хранение и обработка данных
как искусство.

Смотрите на нашем **YouTube-канале**



интервью
с генеральным директором
Ричардом ван Вагенингеном

РЫНОК

4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

8 Звёздный час Neutral Host

Ричард Хоулихан

12 Развитие технологий и оборудования для микро 3D-печати

Юрий Петропавловский

20 Новый стандарт для проектов «Умный дом» – Connected Home over IP. Часть 3

Виктор Алексеев

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

26 Китайская радиационно-стойкая ЭКБ на российском рынке

Павел Лысенко

32 Системы пожарной сигнализации FX NET, интегрированные в SCADA

Андрей Кашкаров

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

38 Терморегулятор управляет чиллером

Сергей Шишкин

42 Устройство охраны с программируемыми интервалами работы

Сергей Шишкин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

48 Проектирование схем микросистемных устройств в Proteus с использованием внешней памяти. Часть 1

Татьяна Колесникова

60 Решение задачи охлаждения SMD-компонентов с помощью тепловой перемычки ТПИ

Илья Малышев (ЭРКОН)

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

64 Влияние вспышки на Солнце на АЧХ поля атмосфериков (экспериментальные данные)

Алексей Галахов

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

66 Первый в мире адаптивный цифровой компенсатор пассивных помех

Владимир Бартенев

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

70 Терагерцовые квантовые технологии для цифровых денег

Александр Гордеев

Новости российского рынка

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Новинка! Мощные СВЧ-поглотители ПР1-25 с естественным охлаждением мощностью 500 Вт

АО «НПО «ЭРКОН» с 1 июля 2021 года приступает к выпуску новой серии СВЧ-поглотителей (аттенюаторов) ПР1-25 с естественным охлаждением мощностью 500 Вт, предназначенных для ослабления сигнала в непрерывном и импульсном режимах в цепях постоянного и переменного токов.

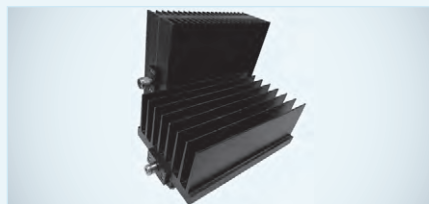
Основные характеристики:

- входная мощность в непрерывном режиме: 500 Вт;
- входная мощность в импульсном режиме: до 5000 Вт;
- ряд значений номинального ослабления: 3; 6; 10; 20; 30; 40 дБ;
- диапазон рабочих частот: 0...5 ГГц;
- КСВН, не более: 1,15 (0...2,5 ГГц); 1,35 (2,5...5,0 ГГц);
- максимальная рабочая температура окружающей среды: 125 °С;
- тип соединителей: N или III.

Доступны также СВЧ-поглотители (аттенюаторы) ПР1-25-150:

- входная мощность в непрерывном режиме: 150 Вт;
- входная мощность в импульсном режиме: до 3000 Вт;
- ряд значений номинального ослабления: 3; 6; 10; 20; 30 дБ;
- температурный коэффициент ослабления: 0,0006 дБ/дБ/°С

- коэффициент чувствительности ослабления к мощности: 0,0005 дБ/дБ/Вт;
- диапазон рабочих частот: 0–6 ГГц;
- КСВН в рабочей полосе частот: не более 1,35;
- максимальная рабочая температура окружающей среды: 125 °С;
- тип соединителей: N или III.



Миниатюрные СВЧ чип-поглотители типа ПР1-1

Предназначены для ослабления сигнала в непрерывном режиме работы в составе полосковых гибридных интегральных схем в цепях постоянного и переменного токов. Категория качества «ВП».

Основные характеристики:

- габариты: 2×2×0,9 мм;
- номинальная мощность рассеяния: 0,5 Вт;
- ряд значений номинального ослабления: 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32 дБ;
- температурный коэффициент сопротивления: $\pm 300 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;
- диапазон рабочих частот: 0...18 ГГц;
- КСВН: не более 1,15 (до 1,2 ГГц), не более 1,5 (до 18 ГГц);
- диапазон рабочих температур окружающей среды: –60...+125 °С;

- минимальная наработка: 20000 ч ($P \leq P_{ном}$, $t \leq 70 \text{ } ^\circ\text{C}$);
- срок сохраняемости: 15 лет.

Специальные СВЧ-резисторы типа С6-8 (чип-поглотители)

Планарные резисторы с двухсторонним нанесением резистивного слоя, предназначены для эксплуатации в электрических цепях сверхвысокочастотной аппаратуры. Основные характеристики:

- номинальная мощность рассеяния (вмонтированных в аттенюатор): 1,0 Вт;
- номинальное сопротивление входа/выхода (при подключенной нагрузке $50 \pm 0,05 \text{ Ом}$): 50 Ом;
- температурный коэффициент сопротивления: $\pm 300 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (в диапазоне температур +20 °С...+85 °С);
- предельная рабочая частота: 18 ГГц;
- КСВН: не более 1,5 (до 8,9 ГГц), не более 1,6 (до 18 ГГц);
- ряд значений номинального ослабления: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60 дБ;
- габаритные размеры: 11×5×0,75 мм (1...5 дБ), 11×9×0,75 мм (6...20 дБ), 11×11,5×0,75 мм (30 дБ), 11×14,2×0,75 мм (40 дБ), 11×16,9×0,75 мм (50 дБ), 11×19,4×0,75 мм (60 дБ);
- диапазон рабочих температур окружающей среды: –60...+85 °С;
- минимальная наработка: 40000 ч ($P \leq P_{ном}$, $t \leq 70 \text{ } ^\circ\text{C}$);
- срок сохраняемости: 25 лет.

info@erkon-nn.ru

www.erkon-nn.ru

+7 (831) 202-25-52

Новые ВЧ коммутационные матрицы АО «ТЕСТПРИБОР»

Специалисты АО «ТЕСТПРИБОР» осуществляют разработку и производство ВЧ коммутационных матриц. Данные матрицы предназначены для автоматического или ручного переключения сигнала между входным портом и 111/216 выходными портами, расположенными на задней панели.



Максимальный КСВН в полосе частот	
Диапазон рабочих частот, ГГц	Норма параметра, не более, дБ
От 0 до 3	1,40
От 3 до 8	1,65
От 8 до 12	1,80
От 12 до 18	2,00

Технические характеристики:

- диапазон рабочих частот – от 0 до 18 ГГц;
 - количество входов – 1;
 - количество выходов – до 111/216 (по требованию заказчика количество портов может быть скорректировано).
- Режимы работы:
- ручной, управление ВЧ коммутационной матрицей происходит с клавиатуры на передней панели;

Вносимое ослабление в полосе частот	
Диапазон рабочих частот, ГГц	Норма параметра, не более, дБ
От 0 до 3	3,3
От 3 до 8	5,0
От 8 до 12	6,0
От 12 до 18	7,5

- дистанционный, управление ВЧ коммутационной матрицей осуществляется через веб-страницу сервера матрицы;
- удаленный слепой, управление ВЧ коммутационной матрицей осуществляется без использования графического интерфейса.

www.test-expert.ru

tp@test-expert.ru

+7 (495) 657-87-37

COREAVI ОБЕСПЕЧИТ ПОДДЕРЖКУ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОРОВ INTEL CORE 11-го ПОКОЛЕНИЯ В СЕРТИФИЦИРУЕМЫХ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМАХ

Компания Core Avionics and Industrial (CoreAVI), производитель сертифицируемых драйверов и библиотек для графических процессоров, объявила о выпуске аппаратных и программных компонентов, которые позволят применять процессоры Intel Core 11th Gen в критически важных для безопасности системах, сертифицируемых по стандартам функциональной безопасности DO-178C/DO-254 (авионика) до уровня критичности DAL A, ISO 26262 (автоэлектроника) до уровня критичности ASIL D и IEC 61508 (промышленный IoT) до уровня критичности SIL 3. Для этого Intel предоставит CoreAVI доступ к детальной технической документации на процессоры «Intel Airworthiness Evidence Package» и «Functional Safety Essential Design Package».

Компания CoreAVI обеспечит поддержку системы-на-кристалле Intel Core i7 (кодировое название Tiger Lake UP3) со встро-

енным графическим процессором Intel Iris Xe следующими продуктами:



- дизайн-IP одноплатного компьютера на базе SnK Tiger Lake UP3 в стандартном формате VPX 3U с сертификационным пакетом по DO-254 DAL A;
- сертифицируемые загрузчик и BIOS для Tiger Lake UP3;
- драйвер графического/вычислительного интерфейса стандарта Vulkan SC (Safety Critical);
- графическая библиотека стандарта OpenGL SC 1.0/2.0;
- библиотека математических функций для систем компьютерного зрения и

искусственного интеллекта стандарта OpenVX.

Ранее CoreAVI обеспечила поддержку следующих графических процессоров и систем-на-кристалле:

- графического IP-ядра ARM Mali-G78AE;
- дискретных графических процессоров AMD E9171, E8860 и E4690;
- SnK NXP i.MX8 с графическим ядром Vivante GC7000, NXP S32V234 с графическим ядром Vivante GC3000 и NXP i.MX6.

Все продукты CoreAVI разработаны полностью «с нуля», не содержат программных компонентов с открытым исходным кодом и компонентов сторонних фирм. Библиотеки OpenGL SC и OpenVX реализованы как надстройки поверх драйвера Vulkan SC.

Дистрибьютор CoreAVI в России – компания АВД Системы, поставщик средств разработки программного обеспечения критически важных для безопасности сертифицируемых встраиваемых компьютерных систем.

www.avdsys.ru/gpu

avdsys@aha.ru

+7 (916) 194-42-71



DO-178C



ISO 26262



IEC 61508

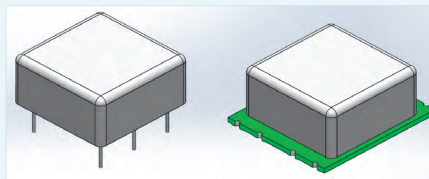


Дистрибьютор CoreAVI в РФ
ООО «АВД Системы», (916) 194-4271, avdsys@aha.ru, www.avdsys.ru/gpu

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

НОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ГК410-ТС И ГК411-ТС АО «МОРИОН»

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 новые малогабаритные термостатированные кварцевые генераторы ГК410-ТС и ГК411-ТС. Данные генераторы в первую очередь предназначены для серийной аппаратуры, где стоимость является важным фактором. Оба генератора могут быть



изготовлены как в выводном корпусе, так и в SMD-исполнении. SMD-исполнение, кроме возможности автоматического монтажа, позволяет освободить ПП от сквозных отверстий и тем самым освободить вторую сторону ПП.

Генератор ГК410-ТС имеет высокую температурную стабильность частоты до $\pm 5 \times 10^{-9}$

и долговременную стабильность частоты до $\pm 2 \times 10^{-9}$ /год. ГК410-ТС характеризуется низкими фазовыми шумами. ГК411-ТС имеет пониженную g-чувствительность 1×10^{-9} и предназначен для работы в условиях вибрации.

Генераторы имеют одинаковые габариты 20,3×20,3×12,2 мм. ГК410-ТС и ГК411-ТС могут изготавливаться на частоты от 10 до 25 МГц. Напряжение питания 3,3, 5 или 12 В.

www.morion.com.ru

sale@morion.com.ru

+7 (812) 350-75-72

СОБЫТИЯ

ЗАВЕРШЕНИЕ РАБОТЫ ЮБИЛЕЙНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ 2021»

27–28 мая 2021 года в Москве прошла юбилейная X Всероссийская научно-техническая конференция «ЭМС-2021».

Организатором мероприятия традиционно выступила компания «ТЕСТПРИБОР» при поддержке АО «КРЭТ», АО «Российская электроника», НИЯУ МИФИ, ГО НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, при участии ФГУП ВНИИФТРИ.

В конференции приняли участие более 120 представителей ведущих предприятий авиационной, аэрокосмической и радиоэлектронной отраслей промышленности: испытательных центров, предприятий-разработчиков РЭА, изготовителей испытательного и измерительного оборудования, научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро.

За 2 дня работы конференции участниками заслушано 28 докладов по самым актуальным вопросам проведения испытаний на ЭМС, защиты РЭА от электромагнитного излучения, применении экранирующих материалов, разработки испытательного и измерительного оборудования, а также во-



просам метрологического обеспечения испытаний в области ЭМС.

Большое внимание в выступлениях докладчиков было уделено практическим сторонам решения вопросов ЭМС на конкретных примерах, с которыми лаборатории сталкиваются при проведении испытаний, рассматривались технические аспекты реализации испытаний.

В демонстрационной зоне конференции участники смогли познакомиться с новинками оборудования для проведения испытаний на ЭМС, представленными предприятиями-изготовителями.

Юбилейная Всероссийская научно-техническая конференция «Электромагнитная совместимость» прошла на высочай-

шем уровне и в очередной раз подтвердила статус важной площадки для обмена опытом между специалистами, работающими в области ЭМС, что подтверждает необходимость ежегодного проведения подобных мероприятий.

Участники отметили высокий уровень организации мероприятия, насыщенную, актуальную и интересную программу конференции, а также важность практических знаний, затронутых докладчиками.

Проведение следующей Всероссийской научно-технической конференции «ЭМС» планируется в мае 2022 года.

www.test-expert.ru

tp@test-expert.ru

НОВОСТИ МИРА

ПРОБЛЕМЫ С ПОСТАВКАМИ ГРАФИЧЕСКИХ ЧИПОВ NVIDIA ПРОДОЛЖАЮТСЯ

Несмотря на недавние новости о снижении цен на видеокарты в Германии, немецкий ресурс Igor'sLAB бьет тревогу. Дефицит NVIDIA GeForce RTX 30XX может усилиться из-за проблем с поставками компонентов от Samsung и привести к новому повышению цен.

NVIDIA обещала нарастить поставки графических процессоров в июле. Однако это-

го пока не случилось. Видимо, Samsung просто не может дать нужное количество чипов. В итоге даже крупные компании вынуждены конкурировать за каждую партию. Также стоит учитывать временные затраты на транспортировку комплектующих, которые составляют 1-2 недели.

Интересно, что проблемы с распределением возникли и внутри компаний. Зачастую предпочтение отдается одному дочернему суббренду. Например, PC

Partner, владеющая Zotac, Manli и Inno3D, предпочитает направлять чипы на производственные мощности Zotac. Два других вендора вынуждены довольствоваться остатками и ГП старых поколений. Сходная ситуация наблюдается у Palit, Galax и Gainward. Впрочем, неудивительно, что материнские компании пытаются повысить рентабельность, сосредотачивая ресурсы в одном месте.

club.dns-shop.ru

ТЕСТПРИБОР

РАЗРАБОТКА ВЧ КОММУТАЦИОННЫХ МАТРИЦ



АО «ТЕСТПРИБОР» ОСУЩЕСТВЛЯЕТ РАЗРАБОТКУ И ПРОИЗВОДСТВО ВЧ КОММУТАЦИОННЫХ МАТРИЦ

Возможно изготовление ВЧ коммутационных матриц по ТЗ заказчика.

График КСВН в полосе частот и вносимое ослабление



Технические характеристики

Диапазон рабочих частот	от 0 до 18 ГГц
Количество входов	1
Количество выходов	до 111 / 216
Режимы работ	ручной дистанционный удаленный «Слепой»



Звёздный час Neutral Host

Ричард Хоулихан (sales@benetel.com)

В настоящей статье обсуждается формирующийся рынок Neutral Host, рассматриваются новые тенденции в виртуализированной архитектуре RAN и описывается, как опыт и линейка продуктов Benetel могут способствовать успеху формирующегося рынка сети Neutral Host.

Традиционная вертикально интегрированная модель беспроводной сети делает многие области недостаточно обслуживаемыми с точки зрения покрытия. Особенно это касается сельской местности и больших городских общественных зон, таких как торговые центры. Экономика развёртывания сети в сочетании с трудностями обслуживания жилищной инфраструктуры, принадлежащей нескольким операторам, как правило, ограничивает развитие беспроводных точек доступа во внешних общественных пространствах.

Недавно появилась новая модель, названная Neutral Host. Она позволяет устранить некоторые из пробелов в покрытии, создавая мультиоператорные решения для доступа на больших стадионах, в торговых центрах и пр. Для управления сетевым решением на основе открытого доступа нескольких операторов Neutral Host использует различные варианты сетевых технологий, включая распределённые антенные системы (DAS) и небольшие ячейки C-RAN.

По мере развёртывания 5G спрос на внутреннее покрытие растёт, что обусловлено более высокими скоростями мобильного трафика, а также различными типами приложений с поддерж-

кой 5G, включая IoT. В то же время перспективные разработки в области распределённой инфраструктуры и открытие сети радиодоступа (RAN – Radio Access Network) существенно снижают общую стоимость владения (TCO), укрепляют бизнес-модель Neutral Host и создают новые возможности для участников.

В настоящее время успех внедрения 5G зависит от открытых RAN. Neutral Host играет жизненно важную роль в будущей мобильной экосистеме, так как может эффективно использовать инфраструктуру и снизить стоимость доступа к сети.

Обладая обширным опытом проектирования и развёртывания базовых станций, дублинская компания Benetel хорошо понимает динамику развития мобильных решений для доступа в Интернет. Линейка готовых базовых и радиочастотных модулей Benetel специально предназначена для удовлетворения потребностей в построении Neutral Host. В этой статье обсуждается формирующийся рынок Neutral Host, рассматриваются новые тенденции в виртуализированной архитектуре RAN и описывается, как опыт и линейка продуктов Benetel могут способствовать успеху формирующегося рынка Neutral Host.

Первоначальной целью появления мультиоператорной сети (MNO) Neutral Host было обеспечение максимального покрытия для смартфонов. Основное внимание было сосредоточено на создании решений для общественных зон. Однако с развитием высокоскоростных сетей профиль использования мобильных сетей стал меняться. Появление Интернета вещей и умных городов стимулирует спрос на покрытие в непубличных районах, которые также часто труднодоступны. Необходимость преодоления ограничений покрытия в оживлённых местах, таких как стадионы, конференц-залы и торговые центры, привела к появлению ней-

трального поставщика услуг хостинга (см. рис. 1).

Нейтральный хост-провайдер развёртывает, поддерживает и эксплуатирует единую общую сеть в местах с плохим покрытием, предоставляя на основе открытого доступа услуги нескольким операторам, которые затем могут предоставить полный спектр услуг конечным пользователям. Сеть Neutral Host (NHN) также может быть использована для решения проблемы плохого покрытия подземных железнодорожных сетей и транспортных узлов, городской среды (для приложений умного города) и сельских районов.

Хотя основной движущей силой NHN является решение проблемы плохого покрытия, существует также сильная мотивация для владельцев объектов недвижимости действовать в качестве провайдеров Neutral Host с целью контроля развёртывания беспроводной инфраструктуры и получения прибыли. Однако помимо того, что Neutral Host зарабатывает деньги для своих владельцев, сеть создаёт реальную ценность в мобильной экосистеме и в других областях. Конечный пользователь выигрывает от снижения стоимости покрытия, а также от повышения качества обслуживания за счёт увеличения точек доступа, повышения скорости и пропускной способности сети.

Владелец здания также извлекает выгоду из внедрения NHN, избегая наличия нескольких установок разных провайдеров в помещении. Нейтральная хост-инфраструктура всё чаще признаётся в качестве важнейшего инструмента экономически эффективного расширения охвата мобильной широкополосной связи. По мере развёртывания 5G нейтральные хост-провайдеры будут играть всё более важную роль в уплотнении городских сетей.

Wireless Infrastructure Group (WIG) является главным примером современного нейтрального хост-провайдера, успешно развернувшего высокотехнологичные решения (см. рис. 2) в таких местах, как футбольный стадион Энфилд, центр intu Trafford и городской центр в Абердине.

Недавнее приобретение сетей Arqiva расширило портфель WIG, вклю-



Рис. 1. Neutral host

чив в него Canary Wharf, аэропорт Лутон, Excel Centre, торговые центры Bluewater, Arndale, Meadowhall, Leadenhall Building, MediaCity и отель Savoy. Поскольку 5G ведёт к уплотнению сети в городских районах, а также к увеличению спроса на покрытие внутри зданий, появится множество новых нейтральных хост-провайдеров на самых разных рынках: гостиничные операторы, владельцы рекламных вывесок, стоянки такси и многие другие. Общим фактором, связывающим этих игроков, будет владение активами, пригодными для развёртывания сетей радиодоступа. Конкуренция на этом уровне будет стимулировать рост сетей доступа, необходимых для 5G. По мере роста потребности в нейтральных хост-сетях развитие сетевых технологий будет способствовать росту рынка нейтральных хостов. Поскольку распределение и открытие RAN приводит к снижению затрат и повышению гибкости, снижается и уровень инвестиций, необходимых для создания собственной нейтральной хост-сети.

Экономическая ценность Neutral Host

В традиционной вертикально интегрированной беспроводной сети до 70% общей стоимости владения (TCO – Total Cost of Ownership) сетью приходится на RAN. Таким образом, требуемые уровни плотности сети в рамках 5G создают значительные сложности для провайдеров, которые должны продолжать инвестировать в 4G/LTE, одновременно развёртывая 5G, очень часто на фоне падения доходов.

Чтобы финансовые ограничения не поставили успех 5G под угрозу, отрасль признала необходимость коренного изменения экономики и архитектуры RAN. Альянс O-RAN и форум Small Cell созданы крупными игроками отрасли для того, чтобы стимулировать распределение и открытие RAN с целью достижения экономии на масштабных сетевых проектах. Достижение целевых экономических показателей требует создания архитектуры, основанной на открытых интерфейсах, которая позволит разрабатывать проекты на основе готового оборудования от нескольких поставщиков наряду с модульным легко масштабируемым программным обеспечением, удовлетворяющим растущие требования к ёмкости, надёжности и доступности.

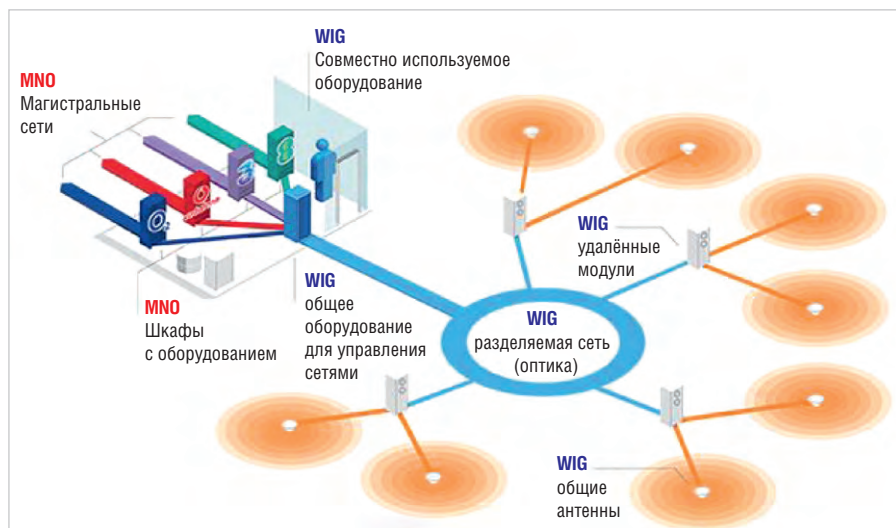


Рис. 2. Распределённое решение от WIG

Снижение TCO и более гибкая архитектура RAN также будут стимулировать рост рынка Neutral Host. Это, в свою очередь, ослабит давление на операторов, которые смогут эффективно арендовать инфраструктуру локальной сети у нейтральных хостов, снижая требования к капитальным и операционным затратам. Динамичный рынок Neutral Host с несколькими операторами, предлагающими многочастотные решения, может быть полезен для развития отрасли, но чтобы добиться успеха, сети Neutral Host должны соответствовать ряду требований, включая:

- поддержку нескольких операторов в одной точке радиодоступа;
- возможность каждого оператора самостоятельно управлять пропускной способностью и SLA (соглашение об уровне предоставления услуг – Service Level Agreement) конечных абонентов;
- возможность каждого оператора осуществлять сетевое управление;
- оптимальное использование доступных магистральных сетей, включая совместно используемые внутренние ИТ-сети;
- плавную миграцию с 4G на 5G (и на следующие поколения сетей).

Таким образом, Neutral Host отвечает за развёртывание оптимальной архитектуры RAN, основанной не только на требованиях операторов, но и на конкретных характеристиках здания или обслуживаемой среды.

Открытые сети – открытые стандарты

Как и в случае любой новой технологии для обеспечения совместимости оборудования, производимого несколь-

кими поставщиками, имеет важное значение разработка соответствующих стандартов, и, следовательно, это является фундаментальным фактором открытости.

Долгое время сопротивлявшаяся отходу от проприетарных сетей телекоммуникационная индустрия поняла, что экономия на масштабе, необходимая для поддержки инфраструктуры 5G, может быть достигнута только путём следования модели веб-сервисов и открытия RAN. Таким образом, гонка за развёртыванием сетей 5G и монетизацией связанных с ними новых услуг и вариантов использования привела к изменению отношения к вопросу основных игроков отрасли. Многие игроки присоединились к отраслевым консорциумам для содействия развитию открытых сетей и определения стандартов.

Лидером среди этих консорциумов является альянс O-RAN [1], членами которого являются AT&T, Ericsson, Samsung, Qualcomm, Orange и Nokia. Альянс был основан операторами для определения требований и помощи в построении экосистемы цепочки поставок для реализации целей распределённого открытого RAN. Small Cell Forum [2] включает в себя такие организации, как AT&T, BT и NTT DoCoMo, и был основан для того, чтобы стимулировать всемирное уплотнение сетей путём работы с заинтересованными сторонами, такими как регуляторы и предприятия. Главная цель Small Cell Forum – ускорение развёртывания сетей небольшого масштаба. OpenAirInterface Software Alliance (OSA) [3] является некоммерческим консорциумом, способствующим соз-

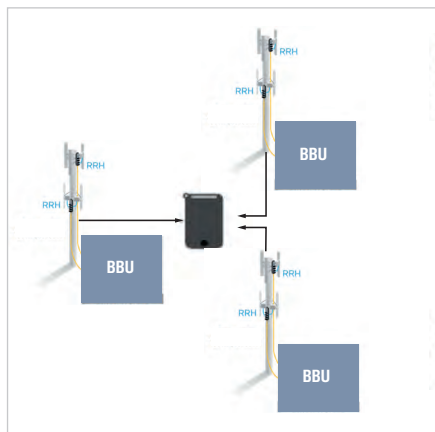


Рис. 3. Традиционная сотовая ячейка

данию сообщества промышленных, а также исследовательских участников для разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом и аппаратного обеспечения для базовых сетей (EPC), сетей доступа и пользовательского оборудования (EUTRAN) в сотовых сетях 3GPP. Среди участников – Orange, Qualcomm, Fujitsu и Nokia. Проект Telecom Infra (TIP) [4] объединяет операторов, поставщиков, разработчиков, интеграторов и стартапов. Цель проекта – стимулирование разработки открытых компонентов следующего поколения. Подход TIP основан на разделении аппаратных и программных компонентов сетевой архитектуры с целью создания простых, эффективных и гибких технологий. 3GPP – организация, которой поручено разработать спецификации для 5G, включила в документ (ссылка 38.801) формальные спецификации расщепления функциональности.

Распределённые RAN как основа бизнес-модели Neutral Host

В связи с уплотнением сетей, обуславливающим необходимость значительного роста числа точек радиодоступа, централизованные архитектуры RAN (C-RAN) стали эффективным средством минимизации инфраструктуры сотовой сети, снижения капитальных и операционных затрат за счёт совместного финансирования затрат на резервное питание, а также на охлаждение и отопление.

Традиционный беспроводной сотовый узел (см. рис. 3) содержал как радиочастотный (RF), так и функциональный блоки базовой станции (BBU), осуществляющие всю обработку сигнала. В архитектуре C-RAN (см. рис. 4) основная часть обработки сигнала происходит в разделяемом кон-

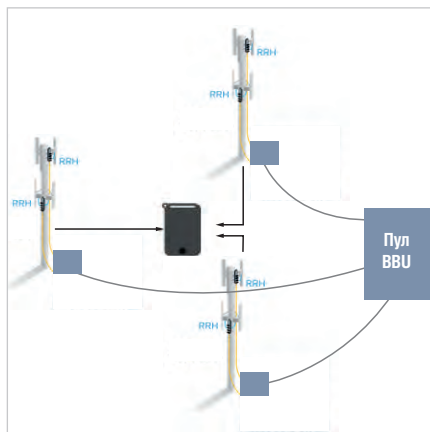


Рис. 4. Конфигурация C-RAN

троллере. В то же время точки радиодоступа распределены по всему зданию или области, где требуется покрытие. Помимо снижения финансовых и операционных затрат, централизованная обработка обеспечивает распределение нагрузки и нейтрализацию взаимного влияния точек, что повышает производительность сети. Упрощённая конфигурация RRH также облегчает установку в зданиях, на элементах уличной инфраструктуры или в других местах с ограниченным пространством. Решения на базе C-RAN идеально подходят для развёртывания Neutral Host, поскольку они поддерживают требования к функциональному предоставлению услуг, как описано ранее, а также приносят экономические выгоды благодаря открытости решения.

В первоначальных развёртываниях C-RAN почти вся функциональность была сосредоточена в базовых станциях, оставляя для RRH только радиочастотную функциональность. Эта конфигурация обеспечивает максимальную координацию между базовыми станциями и предъявляет значительные требования к пропускной способности, а также к задержкам в транзитной сети, связывающей различные точки RRH с базовыми станциями (контроллерами). Не обрабатываемые в RRH отправляемые и принимаемые данные должны передаваться между двумя блоками. Синхронизация ограничений по времени требует низких уровней задержки. Требование может быть смягчено путём перемещения некоторой функциональности из базовой станции в RRH, что ослабит требования к задержкам в транзитной сети и обеспечит компромисс с точки зрения межсистемной координации базовых станций.

Признавая, что существует несколько вариантов разделения функционально-

сти между базовыми станциями и RRH, различные отраслевые органы, такие как 3GPP и IEEE, внесли вклад в определение интерфейса транзитной сети (Fronthaul) следующего поколения (NGFI), который включает спецификации для таких разделений функциональности. 3GPP стандартизировала восемь функциональных вариантов разделения (включая подварианты – 13), определяющих различные степени централизации (см. рис. 5). По мере того как в RRH будет размещаться больше функциональных возможностей (от варианта 7 до варианта 1), требования к пропускной способности, задержке и джиттеру сети Fronthaul будут ослаблены. Однако достигнуто это будет ценой потери некоторых централизованных возможностей, таких как распределение нагрузки и управление взаимными помехами узлов.

Очевидно, что универсального решения не существует, поскольку различные варианты будут подходить лучше для разных приложений, а операторами и поставщиками, вероятно, будет поддерживаться только подмножество решений. Чтобы обеспечить масштабируемость и открытость RAN, отраслевые альянсы пытаются добиться консенсуса относительно того, какие варианты будут развёрнуты. Например, 3GPP подготовила рекомендацию, основанную на варианте 2 для высокоцентрализованных приложений, таких как фиксированный беспроводной доступ (FWA), где координация сотовой связи не нужна, а требования к задержке и пропускной способности относительно невысоки. В то же время она работает над двумя разделениями функциональности нижнего уровня (вариантами 6 и 7), которые имеют три подварианта – 7.1, 7.2 и 7.3 – для более централизованных приложений.

Наряду с функциональными разделениями различные отраслевые органы также пытаются добиться единообразия и открытости в отношении Fronthaul, обеспечивающей физическую связь между различными распределёнными элементами. Первоначальная централизованная конфигурация C-RAN для связи между базовой станцией и RRH использовала протокол CPRI. Однако требования к пропускной способности CPRI высоки и не подлежат масштабированию, необходимому для поддержки технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output), развёртываемой в сетях 5G. Протокол также имеет стро-

гие допуски по задержкам и джиттеру, накладывающие ограничения на транспортные среды, которые могут быть использованы в C-RAN. Теперь цель состоит в том, чтобы стандартизировать преемника CPRI: это будет eCPRI или ряд альтернатив на основе Ethernet, каждая из которых будет лучше поддерживать мультивендорную функциональность.

Benetel в экосистеме RAN

Дублинская компания Benetel, основанная в 2001 году для предоставления проектных услуг телекоммуникационным организациям, очень быстро увидела потенциал роста в развитии малых сотовых сетей, поскольку каждое новое поколение мобильной связи требовало всё большей плотности покрытия. Решение сосредоточиться на этом развивающемся сегменте рынка обеспечило компании путь к наращиванию специальных компетенций, необходимых для того, чтобы стать настоящим лидером в области сетей радиодоступа.

Благодаря партнёрским отношениям с другими ключевыми игроками в цепочке мобильных поставок и членству в ведущих консорциумах открытых интерфейсов (включая O-RAN, OpenAirInterface и TIP) Benetel является ключевым игроком в экосистеме Fronthaul, вносящим свой вклад в многочисленные проекты, связанные с виртуализацией транзитных сетей.

Этот опыт в сочетании с глубокими знаниями в области проектирования RAN стал основой для разработки инновационного семейства дистанционных радиоблоков, а такие продукты, как BNTL-RAN100-3-1L, позволяют поставщикам связи, включая Neutral Host, сократить TCO и ускорить выход на рынок.

BNTL-RAN100-3-1L RRU поддерживает спецификацию интерфейса ORAN 1.0, а также 7.2 (реализации разделения функциональности). Блок ориентирован на проектную лабораторную работу и позволяет инженерным командам проводить эксперименты с сетевой инфраструктурой на базе ORAN, особенно в отношении обеспечения лучшего внутреннего покрытия сотовой связи. Модульная архитектура BNTL-RAN100-3-1L позволяет инженерам подбирать различные радиомодули из портфеля Benetel для оптимизации системы под конкретные критерии частоты и мощности передачи (см. рис. 6). Благодаря такому уровню модульности эта высоко масштаби-



Рис. 5. Опции расщепления функциональности



Рис. 6. Отладочная система 5G NR NSA от Benetel

руемая система значительно сокращает продолжительность цикла и затраты на проектирование.

Заключение

Роль Neutral Host общепризнана критическим фактором, способствующим уплотнению сети и параллельно с этим развивающим сетевую виртуализацию, что ведёт к снижению TCO. По мере того как операторы признают то, что открытие сети жизненно важно для достижения эффекта масштаба на облачном уровне, возникнет здоровая многовендорная экосистема с технологиями для ускорения виртуализации RAN.

Литература

1. Сайт альянса O-RAN. URL: <https://www.o-ran.org>.
2. Официальный сайт Small Cell Forum. URL: <https://www.smallcellforum.org>.
3. Сайт консорциума OpenAirInterface Software Alliance. URL: <https://www.openairinterface.org>.
4. Сайт проект Telecom Infra. URL: <https://telecominfraproject.com>.



Компактные высоковольтные преобразователи напряжения



ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ И СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ

Технические параметры

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

Применение

- Медицинская диагностика
- Научное оборудование
- Авиационно-космическая техника

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 232-2522 • INFO@PROCHIPRU • WWW.PROCHIPRU

Развитие технологий и оборудования для микро-3D-печати

Юрий Петропавловский (г. Таганрог)

В статье рассмотрены особенности различных технологий 3D-печати и оборудования для аддитивного производства изделий микромасштабных размеров. Приведены технические характеристики 3D-принтеров различных производителей, предназначенные для изготовления деталей для микроэлектроники, медицинских и научных приборов и других приложений.

Изготовление различных трёхмерных объектов аддитивным методом с помощью 3D-принтеров в настоящее время получило широкое распространение в самых различных отраслях промышленности, в конструкторских бюро, университетах и даже в быту. 3D-принтеры выпускают десятки производителей по всему миру, немало таких компаний работает и в России. Сами 3D-принтеры являются весьма сложными приборами, управляемыми электронными схемами в автоматических режимах, практически не требующих ручного управления в процессе изготовления (печати) деталей.

Существует мнение, что 3D-принтеры появились сравнительно недавно, однако это далеко не так, на самом деле аддитивное производство с использованием 3D-печати начало развиваться ещё в 80-е годы, а сама концепция

быстрого прототипирования появилась ещё раньше. В 1980 году доктор Хидео Кодама (Hideo Kodama, фото на рис. 1) из научно-исследовательского института города Нагоя (префектура Айти, Япония) подал патентную заявку на устройство для быстрого прототипирования. Многие эксперты считают Х. Кодаму первым человеком, подавшим заявку на патент, в котором описывается система отверждения смолы лазерным лучом. Х. Кодама также опубликовал две статьи, в которых подробно описал технологию послойной 3D-печати моделей из пластика, ставшую предшественницей современной технологии SLA, которую используют многие производители 3D-принтеров в настоящее время. К сожалению, Х. Кодама не зарегистрировал в установленные сроки патент на свою технологию 3D-печати и потерял право на приоритет своего изобретения.

В середине 80-х годов созданием технологии 3D-печати занималась группа французских инженеров – Жан-Клод Андре из Французского национального центра научных исследований (CNRS), Ален Де Мехоте и Оливье де Витт из компании Alcatel. Инженер-электрохимик Андре Ле Мехоте проводил фундамен-

тальные исследования в фрактальной геометрии – науке, изучающей фрактальные (дроблённые) объекты, такие, например, как кора дерева, облако, береговая линия моря и т. п. Для реализации фрактальных объектов возникла необходимость создать соответствующее устройство, которое и было сконструировано французскими инженерами. Соответствующая технология 3D-печати получила название «стереолитография» (SLA), патент на неё был получен в 1986 году, однако ни CNRS, в котором работал Жан-Клод Андре, ни Alcatel не обеспечили продвижение проекта в практическом плане, а идея трёх французов осталась «на бумаге».

Куда более успешная «история» внедрения стереолитографии в реальное производство принадлежит американцу Чак Халлу (фото на рис. 2). Чак Халл (Charles W. Hull, р. 1939 г.) получил степень бакалавра инженерной физики в Университете Колорадо в 1961 году. Идея стереолитографии пришла в голову Ч. Халла в 1983 году, когда он работал в компании, которая с помощью ультрафиолетовых ламп производила прочное покрытие для столешниц и мебели. В 1984 году Ч. Халл подал заявку на собственный патент на стереолитографию. В патенте США № 4575330 от 11 марта 1986 года, полученном Ч. Халлом, фигурировало название «Аппарат для получения трёхмерных объектов с помощью стереолитографии». В патенте стереолитография была определена как метод для изготовления твёрдых объектов путём последовательной «печати» тонких слоёв материала, отверждаемого

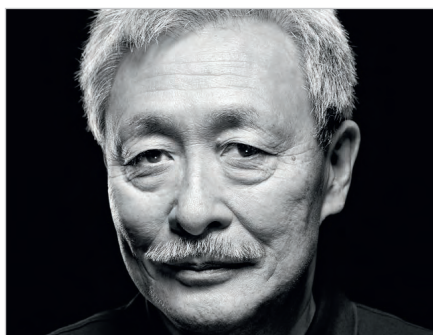


Рис. 1. Доктор Хидео Кодама

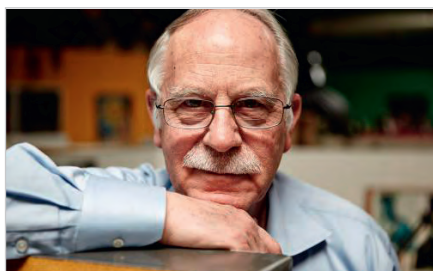


Рис. 2. Чарльз В. Халл (Чак Халл)

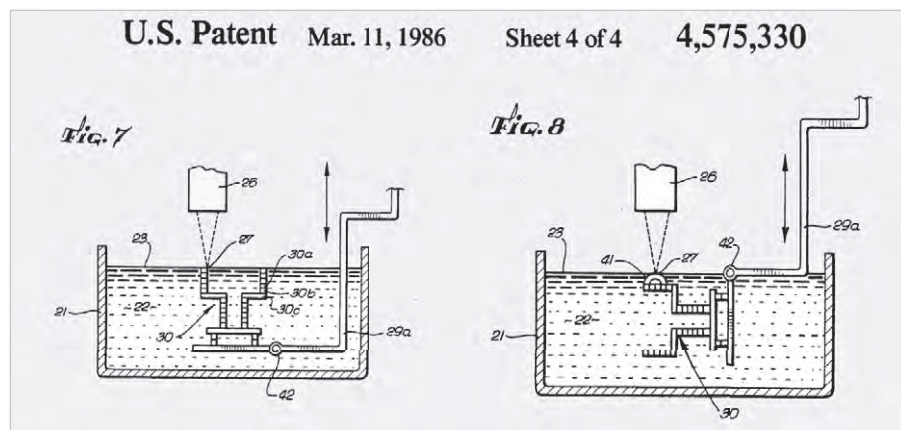


Рис. 3. Рисунки из патента Чака Халла



Рис. 4. Первый 3D-принтер компании 3D-System

ультрафиолетом, один поверх другого. В патенте процесс описывается следующим образом: сфокусированный луч ультрафиолетового света концентрируется на поверхности ёмкости, заполненной жидким фотополимером. Луч света, перемещаясь под управлением компьютера, формирует твёрдый слой объекта (на рис. 3 приведены некоторые иллюстрации из патента Ч. Халла).

Коммерческое прототипирование Ч. Халл начал в 1986 году на основанной им в г. Валенсии (штат Калифорния) компании 3D-System. Первый 3D-принтер на основе стереолитографии SLA компании 3D-System был представлен в 1987 году (см. рис. 4).

Изобретателем технологии лазерного спекания (SLS) стал американец Карл Декард (Carl R. Dekard). Идея новой технологии 3D-печати возникла у Карла Декарда, когда он учился на факультете машиностроения в Техасском университете в Остине (UT-Austin), в котором он нашёл поддержку своей идеи в лице профессора Джо Бимана. На рис. 5 Карл Декард (слева) и Джо Биман (Joe Beaman) с одним из первых изделий, выполненных по технологии SLS. Патентную заявку Карл Декард подал в 1987 году, в том же году он стал соучредителем компании Desk Top Manufacturing (DTM), а патент на технологию SLS был выдан в 1989 г. DTM специализировалась на системах быстрого прототипирования и производства для промышленности и конструкторских бюро, в 2001 году она была приобретена компанией 3D-System.

Работы по созданию нового 3D-принтера инженер-механик из штата Коннектикут Скотт Крамп начал в



Рис. 5. Карл Декард и Джо Биман



Рис. 6. Скотт Крамп в гараже

своём гараже в 1988 году с личной историей. Он всего лишь хотел сделать игрушечную лягушку для своей 2-летней дочери, для чего требовалось создать аппарат для прототипирования. Эксперименты шли долго, но оказались достаточно успешными, стало ясно, что изобретение имеет хорошие перспективы, и речь уже шла не только об игрушках. Жена Крампа – Лиза Крамп поставила перед мужем вопрос ребром: нужно или коммерциализировать установку, или бросить это занятие. В результате в 1989 году Крамп с женой подали патентную заявку на свою технологию, названную FDM, по которой работают до 50% современных 3D-принтеров мира (патент был выдан в 1992 году). На рис. 6 Скотт Крамп (Scott Crump) в своём гараже. В 1989 году Скотт и Лиза Крамп стали соучредителями компании Stratasys, зарегистрированной в штате Делавэр. Новая компания довольно быстро привлекла внимание покупателей своей продукции, её клиентами стали такие крупные корпорации, как General Motors, 3M и Pratt & Whitney, на рис. 7 показан эскиз одного из первых

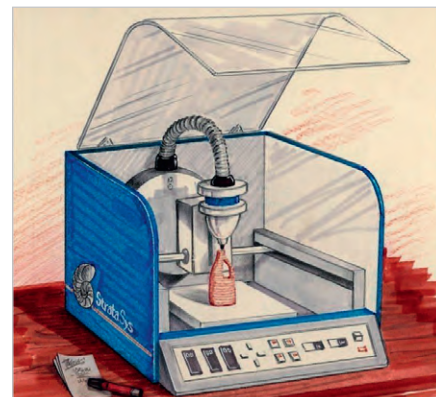


Рис. 7. Эскиз первого FDM 3D-принтера Stratasys

FDM 3D-принтеров Stratasys, являющегося в настоящее время одним из ведущих производителей 3D-принтеров.

1990-е годы стали периодом расцвета основных разработчиков и производителей 3D-принтеров, инструментов САПР и новых технологий 3D-печати, например, Solidscape и Z Corporation. Разработкой новых технологий 3D-печати занимались серьёзные научные организации, например, в 1993 году Эммануэль Сакс из Массачусетского



Рис. 8. 3D-принтер BenchTop



Рис. 11. Сооснователь BMF Николас Фанг (Nicolas Fang)

технологического института разработал технологию 3D-печати с использованием струйных печатающих головок. Коммерциализацию этой технологии осуществили компании Solingen Technologies, Extrude Home Corporation и Z Corporation. В 1995 году общество Фраунгофера разработало технологию селективной лазерной печати.

В 1993 году Ройден Сандерс (Royden C. Sanders) основал в штате Нью-Гемпшир компанию Sanders Prototype, Inc. (с 2000 года Solidscape, Inc.). Компания разрабатывает и производит 3D-принтеры на базе ПК по струйной технологии для быстрого прототипирования и создания мастер-форм, используемых для литья по выплавляемым моделям. Первым продуктом компании был настольный 3D-принтер Model Maker на базе ОС DOS, способный создавать трёхмерные восковые объекты с высоким разрешением, что позволяло изготавливать сложные модели очень малых размеров. Принтеры Solidscape довольно быстро приобрели популярность у ювелиров, так как они могли заменить длительный и трудоёмкий процесс ручного изготовления восковых моделей (восковок) для последующего литья ювелирных изделий.

В 2004 году компания представила серию 3D-принтеров BenchTop (модели

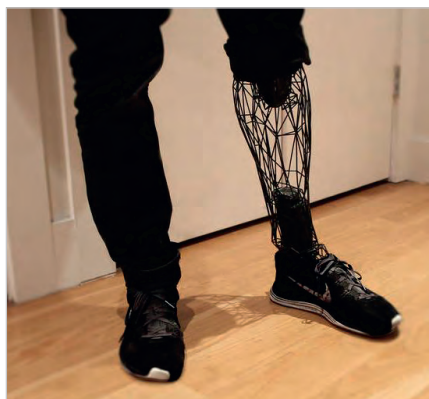


Рис. 9. Первый протез, напечатанный на 3D-принтере

T66BT, T612BT), для работы которых не требовался внешний компьютер. Управляющее программное обеспечение могло работать на процессоре самого принтера, а интерфейсное программное обеспечение ModelWorks могло быть установлено на ПК клиентов. На рис. 8 показана одна из моделей 3D-принтеров серии BenchTop. В 2007 году компания представила серию 3D-принтеров BencgMark (модели T76, R66) на платформе Windows с монитором с сенсорным экраном. В 2009 году запущены серии принтеров preXacto (модели D76+, D66), предназначенных для применения в стоматологии и работающих на основе запатентованной технологии сглаживания при печати SCP (Smooth Curvature Printing) с материалами DentaCast. В 2010 году в серии BenchMark были выпущены модели T76+, R66+ с поддержкой технологии SCP. В 2011 году Solidscape была приобретена упомянутой выше компанией Stratasys, на тот момент являющейся одним из крупнейших в мире производителей 3D-принтеров. Однако 3D-принтеры Solidscape продолжают выпускаться, функционирует и сайт компании.

В двухтысячных годах 3D-печать попала в фокус внимания СМИ, не в последнюю очередь благодаря появлению медицинских приложений 3D-печати. Для примера на рис. 9 показан первый протез конечности, напечатанный на 3D-принтере. Возможность печатать цветные объекты появилась после выпуска в 2005 году компанией Z Corporation цветного 3D-принтера высокой чёткости Spectrum Z510 (его внешний вид показан на рис. 10). Z510 представляет собой систему струйной цветной 3D-печати с 24-разрядной дискретизацией, обеспечивающей печать объектов с разрешением 600×540 dpi (точек на дюйм) со скоростью 2–3 слоя



Рис. 10. Цветной 3D-принтер Spectrum Z510

в минуту, максимальный размер сборки $254 \times 356 \times 203$ мм.

В 2009 году истёк срок действия патента на технологию FDM, и это открыло путь широкой волне инноваций в 3D-принтерах FDM, падению цен на другие настольные 3D-принтеры и существенному росту их популярности у потребителей. В 2009 году также создаётся первый онлайн-сервис Sculpteo по предоставлению услуг 3D-печати.

2010-е годы стали периодом заметного роста популярности 3D-печати и числа компаний, производящих 3D-принтеры, особенно по технологии FDM и FFF, а также ростам числа малых и средних компаний, нуждающихся в услугах по прототипированию. Сам термин «3D-печать» стал популярным и среди широкой общественности, и среди политиков. Аддитивное производство начали применять в таких отраслях, как автомобилестроение и авиационная промышленность. Технологии 3D-печати продолжают совершенствоваться и сегодня, например, компания Carbon разработала технологию цифрового светового синтеза DLS (Digital Light Synthesis), реализованную на основе запатентованного технологического процесса Carbo CLIP™ (Continuous Liquid Interface Production). За счёт быстрой фотополимеризации слоёв УФ-отверждаемых смол «картинкой» 3D-принтеры Carbon обеспечивают высокую производительность, что даёт возможность не только прототипирования, но и достаточно массового производства изделий.

В 2014 году Бенджамин С. Кук и Манос М. Тенцерис продемонстрировали первую многоматериальную вертикально-интегрированную платформу VIPRE, с помощью которой можно изготавливать ВЧ-узлы печатной электроники, работающей на частотах до 40 ГГц. Созданная многоматериальная

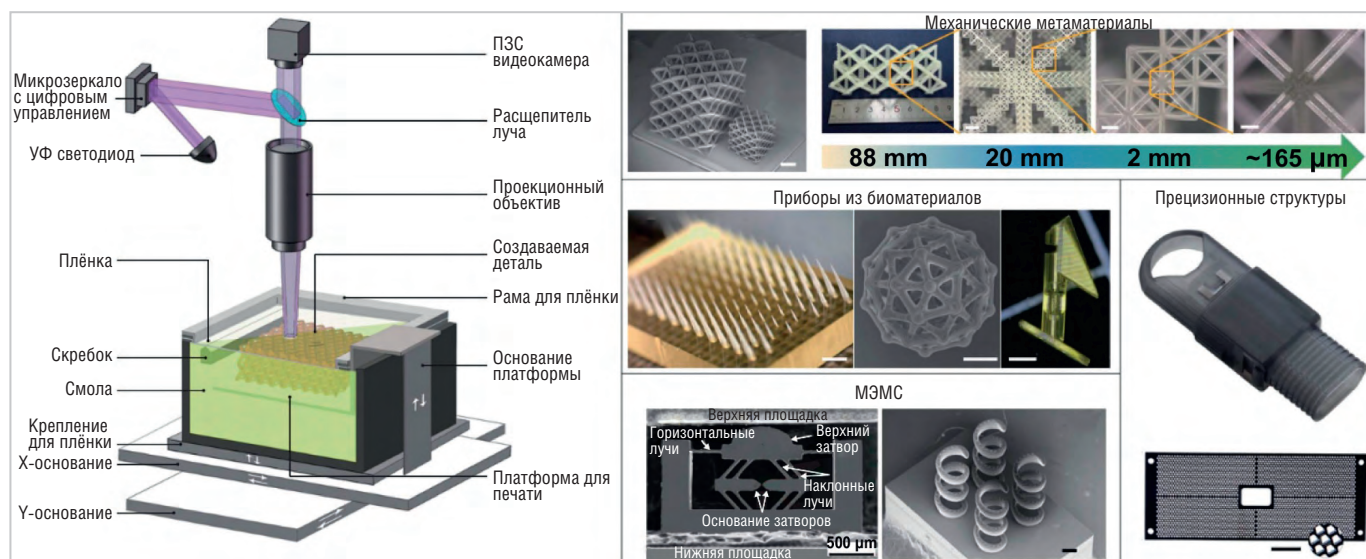


Рис. 12. Технология PμSL и примеры её применения

3D-печать получила собственное название – 4D-печать.

В последние годы широкое распространение получили и технологии микро- 3D-печати. Потребность в применении технологии микро- 3D-печати возникает в случаях необходимости срочного изготовления деталей малого размера с высокой точностью, когда традиционные методы, например литьё под давлением, не позволяют получить нужные результаты в заданные сроки. Кроме того, традиционные методы изготовления миниатюрных изделий требуют значительных финансовых затрат на создание оснастки.

Использование аддитивных технологий существенно упрощает, ускоряет и удешевляет процессы создания высокоточных миниатюрных деталей. Уникальная технология микро- 3D-печати была разработана в США компанией Boston Micro Fabrication (BMF), основанной в 2006 году профессором Массачусетского технологического института (MIT) Николасом Фангом (фото на рис. 11) и доктором Сяонин Хэ.

Следует отметить, что существует множество методов и технологий 3D-печати, среди которых наиболее распространённой является упомянутое выше моделирование методом наплавления (FDM), что объясняется достаточно низкой стоимостью и простотой метода. В FDM нагретое сопло плавит или размягчает термопластичную нить и экструдированную её на лоток построения слой за слоем, реализуя трёхмерную структуру изготавливаемой детали. Принцип экструзии «чернил» через формирующее отверстие в печатающей головке 3D-принтера используется и в

технологии «чернильного» письма DIW (Direct Ink Writing), впервые применённой в США в 1996 году для 3D-печати керамических деталей.

В технологии селективного лазерного плавления SLM (Selective Laser Melting) используется метод лазерного плавления металлического порошка. Физико-механические свойства изделий, выполненных по технологии SLM, зачастую оказываются лучше, чем у аналогов, изготовленных по традиционным технологиям, что позволяет применять SLM в аэрокосмической, приборостроительной, энергетической и других ответственных отраслях промышленности.

Упомянутая выше технология селективного лазерного спекания SLS (Selective Laser Sintering) основана на послойном спекании порошковых материалов (полиамиды, пластик) под воздействием лазерного луча. SLS отличается большим объёмом камер 3D-принтеров, что позволяет печатать объекты больших размеров. SLS-принтеры также отличаются большой скоростью печати, так как в процессе не предполагается полное расплавление частиц материала.

В струйных технологиях 3D-печати используется нанесение капель нано/микромасштабных маловязких «чернил» на лоток для печати. Струйные головки 3D-принтеров сочетают в себе и источники ультрафиолетового света. Во время печати головка выборочно наносит капли «чернил» на лоток для печати, формируя двумерные узоры детали, которые немедленно затвердевают под воздействием УФ-излучения.

К одной из струйных технологий относится и упомянутая выше лазерная стереолитография SLA, использу-

емая в промышленных 3D-принтерах компаний 3D System и Uniontech. Процесс печати происходит следующим образом: в ёмкость с жидким фотополимером погружается сетчатая платформа, на которой будет формироваться деталь (глубина погружения платформы порядка 0,05–0,13 мм, что составляет толщину одного слоя печати). Затем лазер точно воздействует на участки полимера, соответствующие стенкам детали, что вызывает их затвердевание. В следующем цикле платформа погружается ещё на один слой печати и так далее, пока деталь не будет сформирована полностью в ёмкости с фотополимером. Существуют и другие технологии 3D-печати, например, DLP (Digital Light Processing) – цифровое проецирование света с использованием микрозеркал, процесс печати аналогичен методу SLA.

Технология микро- 3D-печати, используемая компанией BMF, базируется на проекционной микростереолитографии (PμSL), обеспечивающей высокое разрешение печати (до 0,6 мкм) и фотополимеризацию наносимых слоёв специальных смол. Благодаря своей способности создавать сложные 3D-архитектуры технология PμSL применяется при изготовлении оптических и электронных компонентов, деталей для медицинских и научных приборов и других изделий малых размеров сложной формы. По сравнению с традиционными методами производства, микро- 3D-печать способна создавать сложные 3D-геометрии с высоким разрешением.

Основные особенности технологии 3D-печати PμSL и примеры продуктов, изготовленные с её помощью, приведены на рис. 12. Как показано

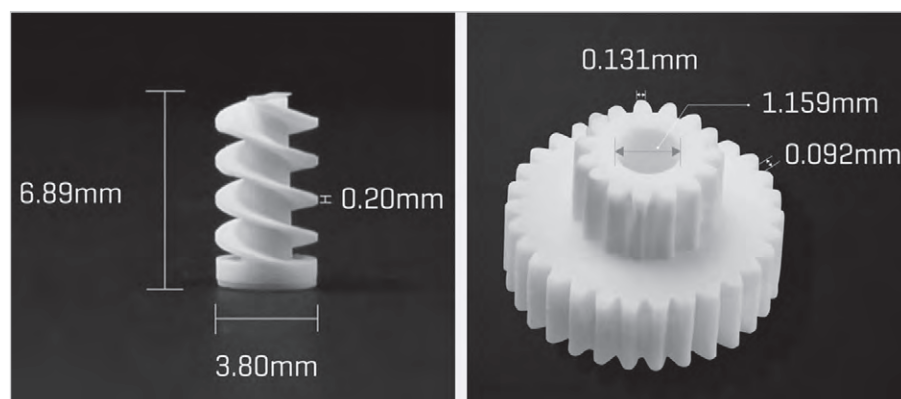


Рис. 13. Изделия, изготовленные на оборудовании BMF



Рис. 14. Внешний вид 3D-принтера BMF

на рисунке, РμSL-принтер (на рис. 12 слева) создаёт 3D-микроструктуру послойно. В процессе печати модуль компьютерного вспомогательного оборудования (САР) сначала разделяет модель на последовательность двумерных цифровых шаблонов, а затем эти 2D-рисунки передаются на схему управления микрозеркалами DMD, которая модулирует уровень излучения УФ-лазера. УФ-лучи определённой формы, соответствующей заданному 2D-рисунку, проходят через

уменьшающую линзу, проецирующую 2D-изображения уменьшенных размеров на поверхность фотополимерной смолы. УФ-излучение запускает процесс локальной фотополимеризации на поверхности смолы с образованием слоя печатной структуры. В следующем цикле происходит погружение платформы с деталью ещё на один слой и так далее до полной готовности детали (как в технологии SLA). С помощью РμSL-принтеров удаётся изготовить очень сложные 3D-микроструктуры.

В электронных компонентах, напечатанных с использованием технологии РμSL, используются фотополимерные смолы с надёжными термическими и механическими свойствами. Это важно, например, при создании продуктов для 5G-технологии, где компоненты подвергаются воздействию высоких температур, нуждаются в надёжных соединениях и обеспечивают эффективную сборку. Во время сборки печатной платы, например, путём пайки оплавлением, компоненты поверхностного монтажа подвергаются воздействию высоких температур. Выводы в гнездах для микросхем должны обеспечивать надёжные соединения без применения пайки. Это условие также реализуется при применении технологии РμSL.

Компания BMF позиционируется как производитель высокоточных микро-3D-принтеров для приложений, требующих уникального сочетания высокого разрешения, точности и прецизионности. Используя аддитивные методы производства на основе полимеров и композитов, оборудование BMF может изготавливать высокоточные промышленные детали с разрешением печати 2 мкм и допусками ± 10 мкм. Внешний вид некоторых деталей, изготовленных на одном из принтеров BMF, показан на рис. 13.

В каталоге BMF 2021 года представлено шесть моделей микро-3D-принтеров под торговой маркой microArch™ (модели P130, P140, P150, S130, S140, S240), внешний вид этих приборов показан на рис. 14. Их основные технические характеристики приведены в таблице. Представленные модели отличаются оптическим разрешением печати (2/10/25 мкм), максимальными строительными размерами деталей (Build Size), толщиной наносимых слоёв, а также габаритами и весом.

Основные характеристики 3D-принтеров под торговой маркой microArch™

	P130	S130	P140	S140	S240	P150
Источник излучения	УФ СИД (405 нм)	УФ СИД (405 нм)	УФ СИД (405 нм)	УФ СИД (405 нм)	УФ СИД (405 нм)	УФ СИД (405 нм)
Материал печати	Фоточувствительная смола	Фоточувствительная смола	Фоточувствительная смола	Фоточувствительная смола	Фоточувствительная смола	Фоточувствительная смола
Оптическое разрешение	2 мкм	2 мкм	10 мкм	10 мкм	10 мкм	25 мкм
Строительные размеры	3,84 × 2,16 × 10 мм	50 × 50 × 10 мм	19,2 × 10,8 × 45 мм	94 × 52 × 45 мм	100 × 100 × 75 мм	48 × 27 × 50 мм
Толщина слоёв	5...20 мкм	10...40 мкм	10...40 мкм	10...40 мкм	10...40 мкм	10...50 мкм
Финальная поверхность	0,4...2,5 мкм	0,4...2,5 мкм	0,4...2,5 мкм	0,4...2,5 мкм	0,4...2,5 мкм	0,4...2,5 мкм
Формат входных данных	STL	STL	STL	STL	STL	STL
Источник питания	2000 Вт	2000 Вт	2000 Вт	2000 Вт	2000 Вт	2000 Вт
Габариты	172 × 75 × 182 см	172 × 75 × 182 см	65 × 65 × 75 см	65 × 65 × 75 см	65 × 70 × 79 см	53 × 54 × 70 см
Вес	390 кг	390 кг	85 кг	85 кг	130 кг	65 кг

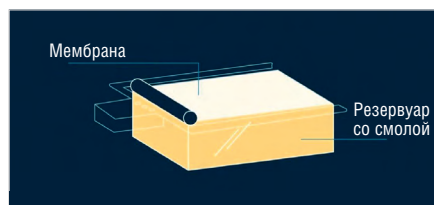


Рис. 15. Роликовая система 3D-принтера S240

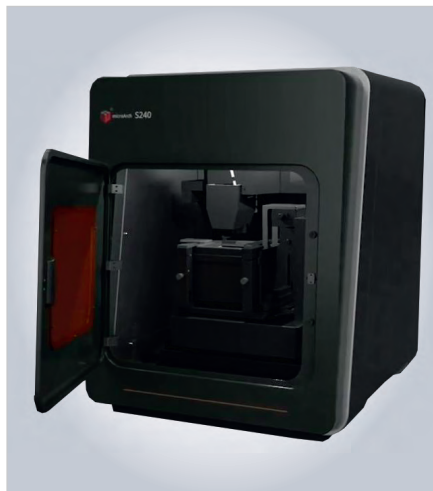


Рис. 16. Внутренняя камера 3D-принтера S240

Микро- 3D-принтеры BMF могут быть использованы для изготовления деталей медицинских и научно-исследовательских приборов, электронных компонентов, деталей микрофлюидной техники, МЭМС и в других приложениях, требующих деталей миниатюрных размеров сложной формы.

Одна из последних моделей линейки microArch S240, позволяет осуществлять быструю фотополимеризацию слоя жидкого полимера с использованием вспышек ультрафиолетового излучения с микромасштабными размерами. BMF microArch S240 представляет собой высокоточный 3D-принтер для трёхмерной печати на микроуровне, созданный для мелкосерийного производства микродеталей. Усовершенствованная роликовая система (см. рис. 15) распределяет слой за секунды, в результате чего скорость печати увеличивается в 10 раз в сравнении с другими моделями. S240 отличается самым большим объёмом рабочей камеры (см. рис. 16) в сравнении с предыдущими моделями, а также совместимостью с промышленными материалами, композитами, керамикой и полимерами вязкостью до 20 000 сР. Основные технические характеристики принтера S240:

- технология печати – μ SL;
- источник света – УФ-светодиод, длина волны 405 нм;

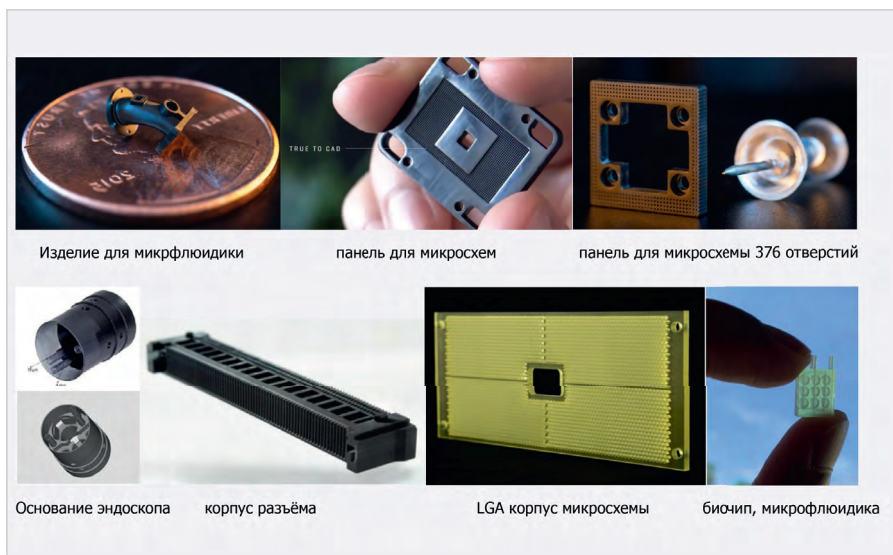


Рис. 17. Образцы продуктов, изготовленных с помощью 3D-принтеров BMF



Рис. 18. 3D-принтер компании Photonic Professional

- материал печати – светочувствительные смолы, керамика;
- формат файла входных данных – STL (Stereolithography), широко используется для хранения трёхмерных моделей объектов в аддитивных технологиях;
- оптическое разрешение – 10 мкм;
- область печати:
 - режим 1 – $19,2 \times 10,8 \times 75$ мм,
 - режимы 2 и 3 – $100 \times 100 \times 75$ мм;
- толщина слоя – 10...40 мкм;
- степень шероховатости поверхности – 1,5-2,5 мкм Ra (боковая сторона);
- допустимое отклонение – ± 25 мкм;
- источник питания – 2 кВт;
- габариты принтера – $650 \times 700 \times 790$ мм, вес 130 кг;
- сертификация – CE.

3D-принтеры BMF гарантируют зеркальное качество поверхностей, высокое качество острых кромок и выступающих каналов. Оборудова-

ние компании используется не только для создания прототипов в научных исследованиях, но и для промышленного производства в медицине, микроэлектронике, микрофлюидике, микроэлектромеханике (МЭМС). Образцы некоторых изделий, напечатанных на принтерах BMF, показаны на рис. 17.

Одним из европейских лидеров в области микро- 3D-печати является компания Nanoscribe GmbH (Германия), основанная в 2007 году как дочернее предприятие Технологического института Карлсруэ (KIT). Компания разрабатывает и производит компактные и удобные в использовании системы лазерной литографии для изготовления нано- и микроструктур.

В последние годы компания производит системы лазерной 3D-литографии Photonic Professional GT (см. рис. 18), устанавливающие новые стандарты в области микро-

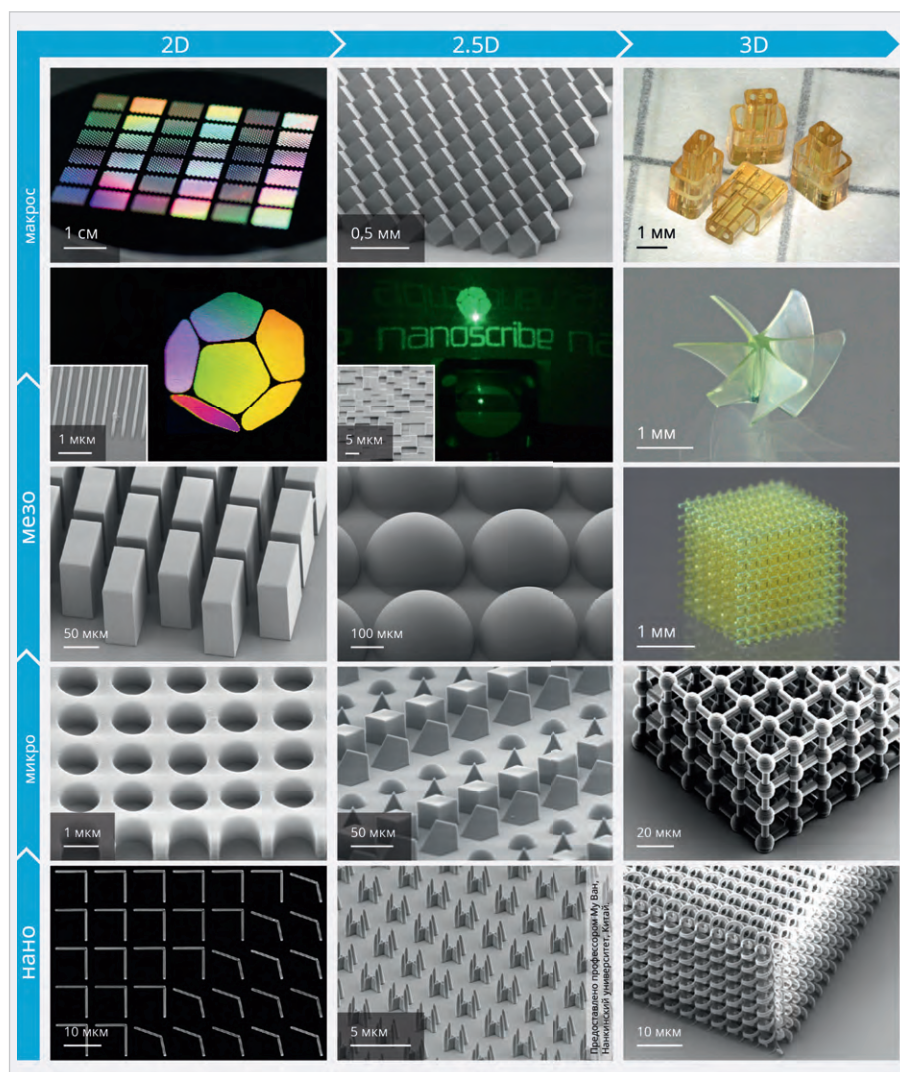


Рис. 19. Примеры изделий, изготовленных с помощью систем Photonic Professional GT



Рис. 20. Микроминиатюрные капиллярные системы, изготовленные методом 3D-печати

3D-печати и литографии без маски. Система позволяет изготавливать объекты с размерами элементов от сотен нанометров до нескольких микрон с возможностью достижения оптического качества поверхностей деталей. Основные области применения системы:

- микрооптика, дифракционная оптика;
- оптика межфланцевого уровня;
- этикетки с оптической защитой;
- датчики, включая МЭМС;
- фотонные кристаллы и метаматериалы;
- естественные науки;
- биомедицинские устройства;

- биомиметики (наноматериалы, имитирующие свойства естественных биоматериалов);
- микроробототехника;
- быстрое прототипирование;
- дизайнерская механика;
- микрофлюидика;
- мелкосерийное производство;
- устройства для микроманипуляций.

Некоторые нано- и микроструктуры, изготовленные с помощью систем Photonic Professional GT приведены на рис. 19. Приведём примеры применения системы в некоторых областях.

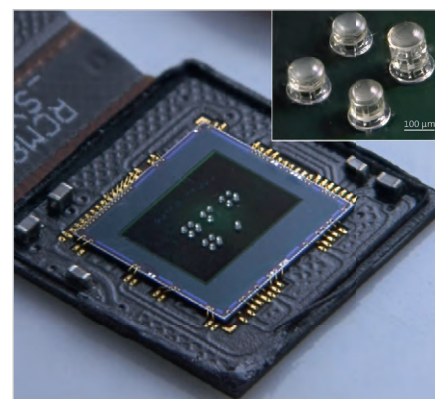


Рис. 21. Микролинзовый объектив CMOS-камеры

С помощью микро- 3D-печати можно быстро и эффективно изготавливать активные микрофлюидные компоненты, обеспечивающие управление микропотоками жидкостей с помощью микронасосов и микроклапанов. На рис. 20 приведены образцы изделий для микрофлюидики, изготовленные при помощи рассматриваемой системы 3D-печати.

Исследователи Штуттартского университета использовали систему Photonic Professional GT для печати линз микрообъективов с разными фокусными расстояниями на кристалле КМОП (CMOS) матрицы датчика высокого разрешения (см. рис. 21). В такой матрице все изображения считываются одновременно и преобразуются в изображение со значительно увеличенным разрешением в центре. Датчики, выполненные подобным методом, обеспечивают очень широкие углы обзора, что ранее достигалось только при использовании нескольких видеокамер. Датчики изображения с такими характеристиками могут найти применение в автомобилях, смартфонах и медицинских приборах.

Заключение

Уже сегодня 3D-принтеры позволяют создавать изделия, которые иным способом изготовить либо крайне сложно, либо вообще невозможно. За счёт своей гибкости по мере совершенствования технологий 3D-печать станет универсальным повсеместно применяемым методом промышленного производства деталей и компонентов различных размеров со сложной геометрией и уникальными свойствами.

Литература

1. URL: <https://bmf3d.com/>.
2. URL: <https://www.nanoscribe.com/en/products>.





Свобода проектирования



В состав Delta Design, обеспечивающей сквозной цикл проектирования печатных плат, входят модули:

- Менеджер библиотек
- Схемотехнический редактор
- Схемотехническое моделирование
- HDL-симулятор
- Редактор правил
- Редактор печатных плат
- Топологический редактор плат TopoR
- Коллективная работа для предприятий

Новый стандарт для проектов «Умный дом» – Connected Home over IP.

Часть 3

Виктор Алексеев (victor.alexeev@telemetry.spb.ru)

Концепция «Умного дома» была впервые сформулирована в документе Building Management System (BMS). До настоящего времени основной проблемой этого направления было отсутствие единого международного стандарта. Учитывая это, крупнейшие мировые концерны Amazon, Apple, Google и Zigbee Alliance в декабре 2019 года создали рабочую группу, названную Project Connected Home over IP (CHIP). Основная цель этой рабочей группы заключается в разработке и продвижении единого стандарта протоколов беспроводной связи с открытым кодом, предназначенных для оборудования, используемого в проектах Smart Home. В 2020 году к проекту CHIP присоединились IKEA, Legrand, NXP Semiconductors, Resideo, Samsung SmartThings, Schneider Electric, Signify (ранее Philips Lighting), Silicon Labs, Somfy и Wulian. В данной статье рассмотрены основные базовые принципы, заложенные в основу проекта CHIP.

Сетевые IP-технологии в проекте CHIP

В проекте Connected Home over IP (CHIP) предполагается использовать технологии и протоколы существующих платформ, которые в настоящее время конкурируют друг с другом (см. рис. 8). Сюда входят такие технологии, как: Amazon Alexa Smart Home, Google Weave, Apple HomeKit и Dotdot Zigbee Alliance. Многие крупные игроки в области технологий «Умного дома» смогут объединить усилия вместо того, чтобы тратить огромные средства на конкурентную войну.

В проекте будут поддерживаться несколько сетевых IP-технологий. При этом устройства и оборудование смогут работать с какой-нибудь одной технологией, не обязательно со всеми прописанными в проекте. В первой спецификации проекта CHIP будут регламентированы следующие технологии:

- Wi-Fi, версии 802.11a/b/g/n/ac/ax (Wi-Fi-6);
- Thread с поддержкой IEEE 802.15.4-2006 на частоте 2,4 ГГц;

- Bluetooth Low Energy (BLE), версии 4.1, 4.2, 5.0.

Wi-Fi, версии 802.11a/b/g/n/ac/ax

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – торговая марка Wi-Fi Alliance оборудования, предназначенного для беспроводных сетей на базе стандарта IEEE 802.11. Альянс объединяет свыше 350 производителей со всего мира.

Технология Wi-Fi используется для организации высокоскоростных беспроводных локальных сетей, работающих в международном нелицензируемом диапазоне частот (ISM) 2,4 ГГц и 5 ГГц.

Технология Wi-Fi достаточно подробно и детально описана в многочисленных публикациях и статьях. Семейство Wi-Fi содержит около 40 утвержденных и разрабатываемых стандартов [45, 46].

Стандарты IEEE 802.11a, b, g, n, p относятся, соответственно, к 1–5 поколениям. Группу стандартов 802.11ac/ad/ah/aj/ax/ay/az, которая представляет собой расширения IEEE 802.11a, относят к 6-му поколению.

Для работы стандартов 802.11 в разных странах используются различные частотные диапазоны. Стандарты 802.11b, 802.11g и 802.11n-2.4 занимают интервал 2,4–2,5 ГГц частотного диапазона ISM. Стандарты 802.11a и 802.11n используют регулируемый диапазон частот 4,915–5,825 ГГц. Новый стандарт 802.11ay будет работать на частотах 60 ГГц. В стандарте 802.11af используются свободные телевизионные каналы на частотах 54–790 МГц. Сети 802.11ah работают на частоте 900 МГц.

Стандарты группы 802.11 отличаются друг от друга частотным диапазоном, технологиями модуляции, используемыми протоколами и скоростями передачи данных.

Как и все стандарты семейства IEEE 802, Wi-Fi 802.11 работает на нижних двух уровнях модели ISO/OSI: физическом уровне и канальном уровне. Поэтому сетевые протоколы, например TCP/IP, которые работают в сети Ethernet (стандарт IEEE 802.3), будут успешно функционировать и в сетях Wi-Fi 802.11. Таким образом, шлюз для выхода в Интернет, оснащенный несколькими входами, может работать как с беспроводной сетью Wi-Fi, так и кабельными сетями Ethernet 802.3. Основные параметры различных вариантов спецификаций Wi-Fi приведены в таблице 4 [47–49].

Стандарты группы 802.11 отличаются друг от друга частотным диапазоном, технологиями модуляции и используемыми протоколами. Частоты и относительная дальность действия стандартов группы 802.11 показаны на рисунке 9.

Каждый из стандартов группы 802.11 разрабатывался для определенных целей. Стандарты 802.11a, ac, ad, b/g/n, ax можно отнести к проекту «Умного дома». Стандарты 802.11af и 802.11ah предназначены для сетей WLAN городского масштаба.

Основные стандарты совместимы «сверху вниз». Например, 802.11ax имеет обратную совместимость с ранее выпущенными стандартами Wi-Fi - 802.11a/g/n/ac, поскольку точка доступа Wi-Fi 6 использует специальный формат PPDU для взаимодействия с клиентами каждого из перечисленных стандартов [51].



Рис. 8. Проект CHIP объединит конкурирующие технологии [45]

Таблица 4. Параметры основных действующих стандартов Wi-Fi

Спецификация	Рабочая частота, ГГц	Ширина полосы МГц	Скорость передачи данных, Мбит/с	MIMO	Модуляция	Радиус действия в здании, м	Радиус действия вне здания, м
802.11.a	5	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	Нет	OFDM	35	120
	3,7 [A]			Нет		НУ	5000
802.11.b	2,4	22	1, 2, 5, 5, 11	Нет	DSSS	35	140
802.11.g	2,4	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	Нет	OFDM	38	140
802.11.n	2,4/5	20	400 нс GI: 7,2, 14,4, 21,7, 28,9, 43,3, 57,8, 65, 72,2 [B]	4×4	MIMO-OFDM	70	250
			800 нс GI: 6,5, 13, 19,5, 26, 39, 52, 58,5, 65 [C]			70	250
		40	400 нс GI: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150 [B]			35	НУ
			800 нс GI: 13,5, 27, 40,5, 54, 81, 108, 121,5, 135 [C]			35	НУ
802.11.ac	5	20	400 нс GI: 7,2, 14,4, 21,7, 28,9, 43,3, 57,8, 65, 72,2, 86,7, 96,3 [B]	8×8, MU MIMO	MIMO-OFDM	35	НУ
			800 нс GI: 6,5, 13, 19,5, 26, 39, 52, 58,5, 65, 78, 86,7 [C]			35	НУ
		40	400 нс GI: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150, 180, 200 [B]			35	НУ
			800 нс GI: 13,5, 27, 40,5, 54, 81, 108, 121,5, 135, 162, 180 [C]			35	НУ
		80	400 нс GI: 32,5, 65, 97,5, 130, 195, 260, 292,5, 325, 390, 433,3 [B]			35	НУ
			800 нс GI: 29,2, 58,5, 87,8, 117, 175,5, 234, 263,2, 292,5, 351, 390 [C]			35	НУ
		160	400 нс GI: 65, 130, 195, 260, 390, 520, 585, 650, 780, 866,7 [B]			35	НУ
			800 нс GI: 58,5, 117, 175,5, 234, 351, 468, 702, 780 [C]			35	НУ
802.11.ad	60	2160	6,75 Гбит/с	Нет	OFDM, single carrier	60	100
					Low-power single carrier		
802.11.af	54 и 790 МГц	от 6 до 8 МГц	До 8 МГц (4 потока)	4×4	OFDM	НУ	1000
802.11.ah	0,9		100 Кбит/с...40 Мбит/с	DL MU-MIMO	OFDM	НУ	1000
802.11.ax (Раз-2021)	2,4/5 (6 ГГц 6 Wi-Fi 6E)	от 1 до 6 ГГц (OFDMA)	1,2 Гбит/с (5 ГГц, 1×1); 2,4 Гбит/с (2×2); 4,8 Гбит/с (4×4)	MIMO и MU-MIMO	MIMO OFDMA	НУ	НУ

Bluetooth Low Energy (BLE), версии 4.1, 4.2, 5.0

Технология Bluetooth, основанная на стандарте IEEE 802.15.1, использует диапазон частот 2400–2483,5 МГц. Эта технология разработана консорциумом Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG). Консорциум SIG насчитывает около 2000 действующих и ассоциированных членов.

Спецификации Bluetooth обеспечивают в реальном времени передачу данных и речи. Эта технология широко используется в компьютерах, гаджетах, планшетах, смартфонах для беспроводной связи с периферийными устройствами. Классический Bluetooth занял свою нишу в аудиоустройствах с беспроводным подключением к ноутбукам и мобильным телефонам. Этой технологии посвящены труды многочисленных конференций и объемные монографии.

Революционным событием в мире Bluetooth стало появление в 2010 году спецификации Bluetooth 4.0, разработанной специально для использования в батарейных устройствах, которым требуется продолжительное автономное функционирование без подзарядки (Bluetooth Low Energy – BLE). По существу, BLE – это совершенно иная

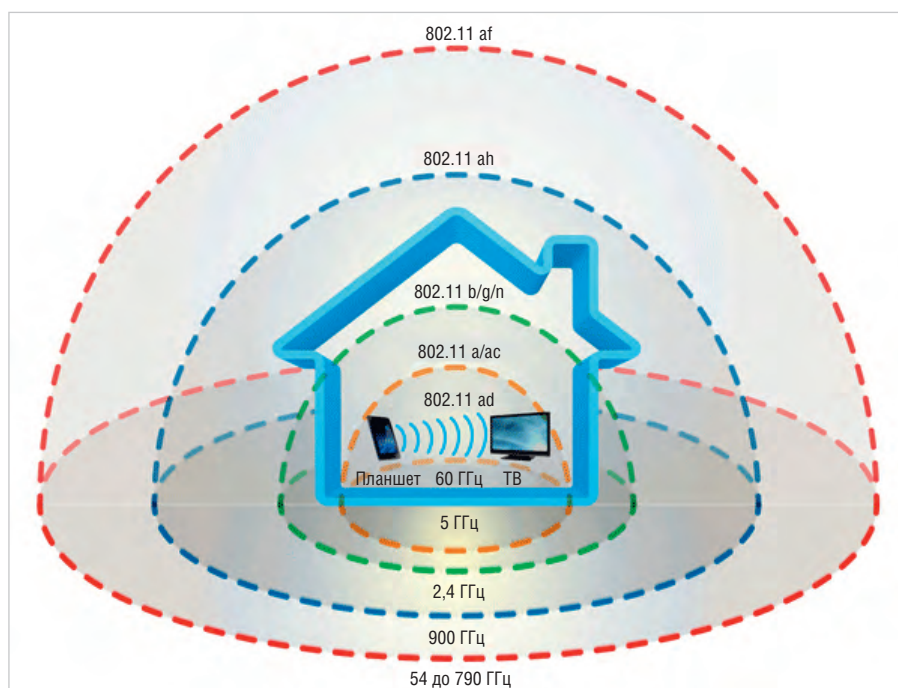


Рис. 9. Частоты и относительная дальность действия стандартов группы 802.11 [50]

технология, открывающая новые пути развития Интернета вещей [52]. Благодаря использованию специального алгоритма работы, при котором передатчик включается только на время передачи данных, в BLE удалось достигнуть ультранизкого энергопотребления. В спецификации

Bluetooth 4.0 предусмотрено два типа устройств: Single-mode и Dual-mode.

Базовые чипсеты Single-mode поддерживают работу только в соответствии со спецификацией 4.0. Чипсеты Dual-mode могут работать с поддержкой как Bluetooth 3.0, так и Bluetooth 4.0.

В стандарте Bluetooth 4.0, Single mode устройство «мастер» может одновременно поддерживать от четырёх до восьми соединений с «ведомыми» устройствами. Технология BLE использует 40 каналов с разносом 2 МГц в диапазоне от 2402 до 2480 МГц. Логические каналы 37, 38 и 39 являются рекламными каналами. Каналы от 0 до 36 – это каналы данных.

Скачкообразная перестройка частоты не используется до тех пор, пока не будет установлено соединение между двумя устройствами. Поэтому ETSI не классифицирует Bluetooth LE как систему со скачкообразной перестройкой частоты.

В режиме максимальной экономии питание на ядро не подаётся. Ток потребления составляет всего 0,4 мкА. Модуль BLE, использующий стандартный «таблеточный» аккумулятор CR2032, может работать в этом режиме без подзарядки несколько лет. Время перехода в активный режим составляет 120 мкс и осуществляется по сигналам RESET или внешнего прерывания.

В спецификации Bluetooth 4.0, в зависимости от мощности передатчика, скорость составляет 1–3 Мбит/с при размере пакета данных 8–27 байт.

На верхнем уровне стек приложений BLE (4.0) содержит следующие базовые профили:

- GAP (Generic Access Profile) – профиль общего доступа;
- GATT (Generic Attribute Profile) – профиль общих атрибутов;
- L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol) – протокол логического соединения и адаптации;
- ATT (Attribute Protocol) – протокол атрибутов;
- SM (Security Manager) – менеджер безопасности;
- HCI (Host Controller Interface) – интерфейс хост-контроллер, часть на стороне хоста.

В следующих редакциях BLE верхний уровень приложений был значительно расширен [53]. В 2013 году появилась следующая спецификация Bluetooth 4.1, устранившая проблему взаимных помех при работе в зоне действия Wi-Fi и LTE. В версии 4.1 предусмотрен фильтр диапазона LTE. В том случае, когда передатчик LTE создаёт помехи для Bluetooth 4.1, автоматически включается система поиска канала, в котором помехи будут меньше. В результате трансивер Bluetooth 4.1 будет работать на другой частоте, где помех от LTE значительно меньше.

В декабре 2014 SIG представила новую спецификацию Bluetooth 4.2,

которая представляет собой усовершенствованную версию спецификации 4.0. Основным маркетинговым слоганом новой версии – Bluetooth for IoT (Bluetooth для Интернета вещей).

В новой версии скорость возросла в 2,5 раза, до 2,5–7,5 Мбит/с. Размер пакета данных увеличился в 10 раз. Это увеличение достигнуто за счёт того, что в протокол PDU (Protocol Data Unit) канала данных в версии 4.2 внесены существенные изменения. Кроме того, в этой версии улучшены меры контроля доступа, конфиденциальности и безопасности.

Крайне важным для приложений IoT является то, что в спецификации Bluetooth 4.2 был представлен новый профиль Internet Protocol Support Profile (IPSP), который реализует обмен пакетами IPv6 между устройствами по низкоэнергетическому транспортному каналу (BLE Data Channels), в обход стандартных профилей GAP и GATT. Для управления потоком при этом используется протокол L2CAP. Использование протокола IPv6 over BLE позволило подключать к Интернету многочисленные датчики и простые батарейные устройства [54]. В версиях Bluetooth 4.0/4.1/4.2 в сетях BLE используются топологии «звезда» (Star) и P2P (piconet).

В топологии «звезда» после активации устройства FFD (Full Function Device) может сформировать собственную сеть и стать координатором. В документе RFC 7668 [55] подробно описана технология адаптации 6LoWPAN, позволяющая использовать протокол IPv6 поверх сетей Bluetooth Low Energy в топологии «звезда».

В топологии P2P одно устройство может обмениваться данными с любым другим устройством, которое находится в пределах зоны его радиодоступности. Одно из устройств объявляется координатором PAN, например, первое, подключившееся к каналу связи. Последующая структура сети строится согласно топологии P2P. Имеется возможность введения определённых топологических ограничений [56].

Летом 2016 года была представлена спецификация Bluetooth 5.0. Изменения коснулись в основном режима с низким потреблением Bluetooth LE 5 и высокоскоростного режима. Из основных нововведений в спецификации Bluetooth 5 для приложений BLE следует выделить:

- 2 × PHY for LE – 2 новых PHY (опционально) – удвоение скорости передачи данных;

- Bluetooth LE Long Range – увеличение радиуса действия в 4 раза;
- Bluetooth LE Advertising Extensions – 8-кратное увеличение ёмкости рекламных каналов (Bluetooth advertising);
- Bluetooth LE Channel Selection Algorithm – модернизированный алгоритм селекции каналов.

Предыдущие спецификации Bluetooth 4.x допускали использование только одного PHY со скоростью передачи 1 Мбит/с. В редакции 5.0 введены опционально два новых PHY, которые удваивают скорость передачи данных. Также добавлена опция «Уменьшение энергопотребления» за счёт того, что тот же объём данных передаётся за меньшее время. Уменьшение уровня взаимных помех от других сетей достигается за счёт меньшего времени нахождения передатчика в активном состоянии.

Кодированный PHY позволяет в четыре раза увеличить радиус действия приёмников и передатчиков по сравнению с предыдущими версиями Bluetooth LE. Однако следует иметь в виду, что улучшение дальности, в свою очередь, потребует и возрастания времени передачи при сохранении той же скорости. Поэтому, увеличивая радиус действия, придётся уменьшить объём передаваемой информации или скорость передачи с теми же размерами пакетов. В тестовых испытаниях были достигнуты расстояния уверенной передачи в пределах прямой видимости до 800 м.

Реальная скорость передачи данных будет меньше теоретической за счёт временных задержек между пакетами (150 мкс), а также за счёт передачи служебной информации (ответы, пакеты подтверждения и др.). Реальная скорость передачи для 2M PHY будет составлять примерно 1,4 Мбит/с [57]. Пакеты от периферийного устройства могут передаваться с использованием 1M PHY, а пакеты центрального устройства – через 2M PHY.

При работе с двумя физическими уровнями второй PHY не может быть использован для первичного распространения рекламной информации в приложениях мобильного маркетинга (Bluetooth advertising). Расширенная рекламная рассылка начинается на первичном канале и продолжается на вторичном. Это позволяет передавать 255 байт данных вместо 31.

Увеличение дальности достигается за счёт использования механизма прямой коррекции ошибок (FEC). В стандарте

LE 5.0 при ошибке во время приёма данных устройство восстанавливает данные, декодируя их вместо того, чтобы запрашивать повторную посылку.

Безопасность в BLE обеспечивается слоем менеджера безопасности (SM), который определяет следующие функции:

- сопряжение – генерация секретных ключей;
- связывание – сохранение ключей на каждой стороне;
- аутентификация – проверка ключей;
- шифрование данных – стандарт AES 128, симметричный алгоритм блочного шифрования;
- обеспечение целостности сообщений – подпись данных при передаче и проверка подписи при приёме.

Новая спецификация Bluetooth 5.0 совместима с предыдущими версиями 4.0 и 4.1, а в классическом варианте Bluetooth с версиями 2–3. Во всех ранних версиях Bluetooth LE поддерживались две топологии – «звезда» и P2P, что ограничивало области использования технологии. Многие устройства сетей «Умного дома» WLAN могли работать только в меш-сетях. Поэтому рабочая группа IETF IPv6 разработала новую технологию, названную 6BLEMesh, которая регламентирует передачу пакетов IPv6 по сетям BLE, использующим ячеистую топологию [58]. Позднее на базе этой технологии был принят стандарт для BLE меш-сетей. Новая спецификация Bluetooth LE Mesh обеспечивает надёжную связь устройств в крупномасштабных сетях с топологией «многие ко многим» (many-to-many, m:m).

Bluetooth Mesh – это отдельный стандарт со своей спецификацией [59]. Стандарт Bluetooth Mesh поддерживает все версии BLE (начиная с 4.0) и не требует изменений в аппаратном обеспечении. Для работы с меш-сетями BLE нужно загрузить новое ПО со стеком Bluetooth LE Mesh. Детальные инструкции этой процедуры приведены на сайте [60].

Структурно Bluetooth Mesh является надстройкой BLE. Устройства в сети Bluetooth Mesh соединяются друг с другом несколько иначе, чем классические устройства BLE. Для обмена сообщениями в этом стандарте используются advertising и сканирование. Кроме того, поддерживается подключённое состояние и GATT для специальных устройств, получивших название «прокси-устройства».

Существует два подхода передачи сообщений по сети. В одном случае используется классическая маршрутизация меш-сетей. В другом варианте по



Рис. 10. Стандарт Bluetooth LE Mesh идеально подходит для многих решений «Умного дома» [61]

сети рассылаются сообщения, не содержащие рекомендации об оптимальных маршрутах, которыми следует пользоваться. В варианте Bluetooth Mesh применяется метод управляемого потока, подразумевающий передачу оптимизированных сообщений всем узлам в пределах видимости.

В новом стандарте Bluetooth Mesh устройство может одновременно выполнять роли ведущего и ведомого устройства. Технология Bluetooth LE Mesh подходит для многих решений IoT, которые требуют взаимодействия между десятками, сотнями или тысячами устройств. Кроме того, топология m:m позволяет увеличить дальность связи и реализовать функцию самовосстановления сети (см. рис. 10).

В январе 2020 года альянс Bluetooth SIG представил последнюю версию Bluetooth. Основные изменения, внесённые в версию Bluetooth 5.2 [62]:

- изохронные каналы (ISOC);
- LE Power Control (LEPC);
- расширенный протокол атрибутов (EATT).

Изохронные каналы (Isochronous Channels, ISOC) – наиболее интересная новая функция, которая позволяет использовать LE Audio в устройствах BLE Bluetooth 5.2. Напомним, что LE Audio – это новый стандарт передачи звука через Bluetooth LE [63].

В контексте BLE термин «изохронные» означает поддержку передачи данных, чувствительных ко времени. Для этого в стандарте введён изохронный физический канал (Isochronous Physical Channel – ISOC), который может использоваться на любом из уровней LE PHY: 1M, 2M, Coded PHY. Протокол ISOC поддерживает связь как с установлением соединения, так и без установления соединения (широковещательные рассылки). Под

термином «широковещание» подразумевается система доставки пакетов, при которой копия каждого пакета передаётся всем хостам, подключённым к сети. В установленных соединениях вводится понятие «подключённого изохронного потока» (Connected Isochronous Group – CIS). Когда необходимо синхронизировать потоки, например, направляемые на левый и правый наушники, они конфигурируются как часть единой группы (CIG). Это позволяет избавиться от потери связи в одном из Bluetooth-наушников, так раздражающей многих пользователей. Протокол ISOC является крайне полезным в таких приложениях, как потоковая передача аудиоданных по телевизору, например, на несколько разных наушников.

Для связи без установления соединения (широковещательные передачи) ряд синхронизированных потоков может быть задействован для передачи данных от одного источника к определённой группе пользователей. При этом каждый поток в стандарте получил название «изохронный поток широковещательной передачи» (Broadcast Isochronous Stream – BIS). Группа BIS была названа – «изохронная группа широковещательной передачи» (Broadcast Isochronous Group – BIG).

Важный параметр, относящийся к ISOC, – это ISO-Interval. Он определяет интервал, с которым происходят события ISOC. Каждое событие разбито на несколько подсобытий. Интервал ISO составляет от 5 мс до 4 с.

После установления соединения в каждом подсобытии ведущее устройство отправляет пакет ведомому, ведомое устройство отвечает пакетом. Однако при обмене данными без установления соединения только мастер будет отправлять пакет в каждом вспомогательном событии. В этом случае



Рис. 11. Структура ячеистой сети Thread [66]

эти пакеты могут быть либо изохронными данными, либо широковещательной управляющей информацией.

Повторная передача данных поддерживается изохронными каналами, различными для связи с установлением соединения и без установления соединения. В случае широковещательных изохронных потоков повторные передачи отправляются мастером без влияния ведомого, а в случае подключённых изохронных потоков повторные передачи отправляются, когда ведомое устройство не подтвердило пакет. Повторные передачи отправляются по каналам, отличным от каналов исходного пакета, чтобы снизить риск потери или повреждения пакета.

В новой редакции Bluetooth 5.2 определена новая функция управления мощностью LE Power Control (LEPC). Благодаря этой опции принимающее устройство может запросить изменение уровня мощности передачи, используемой партнёром.

Передатчик также может добровольно изменять мощность передачи и передавать информацию приёмнику. Использование LEPC и поддержание RSSI в оптимальном диапазоне позволяет улучшить контроль качества сигнала и снизить количество ошибок.

Ещё одно нововведение Bluetooth 5.2 – расширенный протокол атрибутов (Enhanced Attribute Protocol, EATT). Этот новый протокол EATT представляет собой обновлённую версию исходного протокола атрибутов (ATT), который работает последовательно. Протокол расширенных атрибутов поддерживает выполнение параллельных транзак-

ций между клиентом BLE и сервером, что заметно снижает задержку операций в некоторых приложениях. Например, протокол EATT будет полезен в смартфоне, где несколько приложений могут одновременно взаимодействовать с устройством Bluetooth Low Energy.

Новые функции Bluetooth версии 5.2 открывают множество дополнительных возможностей для производителей аудиоустройств, в том числе различного бытового оборудования для «Умного дома».

Thread - технология для «Умного дома»

Технология Thread была разработана непосредственно на базе стандарта IEEE 802.15.4 специально для использования в приложениях «Умный дом» [64]. Сетевая технология Thread базируется на стандарте 802.15.4 и предназначена для маломощных устройств нелицензированного диапазона частот 2,4 ГГц, работающих в ячеистых сетях с поддержкой IP.

История этой технологии ведёт отсчёт с начала 2014 года, когда концерн Google приобрёл американскую фирму Nest Labs, специализирующуюся на проектировании и производстве бытовых систем контроля климата (Nest Thermostat). Перед фирмой была поставлена задача создания нового протокола беспроводной связи, получившего название Thread. Компания Google начала разработку собственной технологии, предназначенной специально для приложений «Умного дома», ещё 6 лет назад.

Фактически Thread представляет собой протокол для беспроводных

ячеистых (mesh) меш-сетей с низким энергопотреблением, основанный на стандарте 6LoWPAN. Этот стандарт позволяет доставлять пакеты данных по протоколу IPv6 поверх LPWAN сетей стандарта IEEE 802.15.4.

Нижние уровни Thread PHY, MAC полностью соответствуют стандарту IEEE 802.15.4. В первой редакции проекта Connected Home over IP (CHIP) предполагается использовать Thread на частоте 2,4 ГГц с использованием сетей рассмотренного ранее стандарта IEEE 802.15.4-2006.

Верхние уровни технологии используют собственный протокол Thread, разработанный на базе первоначального протокола NEST – Weave. Протокол уровня сетевых приложений Weave, предназначенный для управления устройствами IoT, предлагает пользователю набор инструментов для создания собственных беспроводных сетей, объединяющих в основном бытовые приборы и оборудование. Эта технология поддерживает протокол IPv6 и работу с такими беспроводными сетями, как Wi-Fi, Thread и Bluetooth LE. В настоящее время широкое распространение получила платформа уровня сетевых приложений с открытым исходным кодом OpenWeave [65]. Эта платформа обеспечивает безопасную и надёжную магистральную связь для маломощных устройств Google Nest.

В современном виде стек протоколов Thread обслуживает уровни UDP, IP Routing, 6LoWAN, которые позволяют связываться различного сертифицированному оборудованию между собой в автоматическом режиме. Кроме того, стек протоколов Thread отвечает также и за безопасность связи в своих сетях.

Структура сети Thread, показанная на рис. 11, включает в себя следующие элементы: End Device Router Eligible, Thread Router, Leader, Border Router, Thread Link.

Многочисленные граничные роутеры (Border Router) обеспечивают связь с другими сетями, в том числе и Ethernet, Wi-Fi, Cellular. Единственное главное управляющее устройство сети Thread (Leader) регулирует работу всей сети, координирует параметры, принимает решения по маршрутизации.

Внутрисетевые рабочие роутеры (Thread Router), количество которых может достигать 32 на одного лидера, формируют топологию ячеистой сети, обеспечивают текущий трафик между устройствами. В сети Thread могут быть задействованы более 250 конеч-

ных устройств, которые представляют собой различные сертифицированные бытовые, медицинские, научные и другие специальные устройства.

Одним из ключевых моментов Thread является функциональная совместимость устройств разных производителей (End Device), которые имеют соответствующий сертификат альянса Thread Group [67].

Поскольку технология Thread ориентирована только на сетевой уровень, она отличается от других ячеистых сетей тем, что поддерживает многоадресную (flooding) и одноадресную маршрутизируемую (unicast routed) передачу данных. Это обеспечивает масштабируемость сети и надёжность связи. С другой стороны, недостатком такой структуры является отсутствие единой координации на самых верхних уровнях. Поэтому несмотря на то, что сертифицированные конечные устройства сети Thread совместимы, они не смогут напрямую взаимодействовать друг с другом. Например, температурный датчик не сможет напрямую уменьшить нагрев системы климат-контроля и т.д.

Одной из важных проблем LPWAN сетей является уязвимость единой точки доступа с точки зрения возможных аварийных ситуаций. Например, в случае возможной аварии домашней сети на базе Wi-Fi всё подключённое к ней оборудование «Умного дома» может перестать взаимодействовать между собой и функционировать корректно.

Используемый в случае Thread протокол 6LoWPAN менее требователен, чем другие стандарты. Для его реализации необходимо самое простое стандартное программное обеспечение, поддерживающее маршрутизацию IPv6. При потере соединения с Интернетом конечные устройства смогут взаимодействовать по схеме P2P.

В плане обеспечения безопасности Thread имеет встроенную защиту на сетевом уровне, которая идентифицирует устройства перед подключением к сети с использованием специальных методов криптографии с открытым ключом банковского уровня как на MAC-уровне, так и на уровне приложений.

Благодаря ячеистой топологии Thread может масштабировать сети на большие расстояния, поддерживая при этом функции самовосстановления и самоуправления, которые обеспечивают доставку пакетов данных по наиболее эффективному маршруту в любое заданное время.

Ещё одним полезным свойством сетей Thread является возможность добавления новых устройств, отключения ненужных в данный момент устройств и повторного их восстановления в любое время без какого-либо ущерба для всей системы.

Первоначально в разработке стандарта Thread приняли участие Samsung, Nest, ARM, Yale Security и Big Ass Fans, которые образовали некоммерческий альянс Thread Group. Позже концерн Google купил фирму Nest и вошёл в альянс в качестве ведущего участника. В настоящее время в эту группу также входят Texas Instruments, TDK, Samsung, ST, Silicon Labs, Siemens, Renesas, Qualcomm, LG, IDT, Nordic Semiconductors, NXP, Zigbee alliance, Open Connectivity Foundation, NFC Forum, Linaro, KNX Association, EEBus, The Continental Automated Buildings Association (CABA) и другие [68].

Вероятнее всего, Thread сумеет очень быстро выйти на рынок и занять лидирующее место, поскольку он использует существующие устройства (802.15.4), которые уже проданы в количестве сотен миллионов штук. Thread Group не ставит своей целью разработку новых чипов или аппаратной платформы, поскольку для продуктов, использующих IEEE 802.15.4, достаточно будет обновить ПО и прошивку устройства, чтобы сделать его совместимым с Thread. Сегодня Google использует Thread в Nest Detect и Nest x Yale Lock [69]. При оценке перспектив развития следует обратить внимание на то, что Google потратил миллиарды долларов на этот проект, возможно, в надежде, что в будущем протокол Thread будет интегрирован в Android.

Заключение

Концепция проекта CHIP подразумевает безопасность, надёжность, экономичность и комфортность «Умного дома». В результате реализации проекта должны быть разработаны стандарты сетевых технологий, обеспечивающие связь между устройствами «Умного дома», мобильными приложениями и облачными сервисами на основе IP-протоколов. Кроме того, эти стандарты должны содержать основные требования, предъявляемые к процессу сертификации устройств, предназначенных для «Умного дома».

Данный проект декларирует обязательство, принятое наиболее значимыми участниками всей экосистемы «Умного дома», сотрудничать с целью

создания единого универсального протокола уровня приложений (Application layer), который обеспечивает взаимодействие сети и пользователя. Детализация этого протокола и его название будут определены в процессе разработки.

В настоящее время можно сформулировать только базовые требования, предъявляемые к протоколам верхнего уровня проектов «Умный дом»:

- единый, стандартизованный базовый протокол, не требующий дополнительных настроек;
- базовая технология, не зависящая от платформы и экосистемы.

Литература

1. URL: <https://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11ae-2012.html>.
2. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11.
3. URL: <https://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11ae-2012.html>.
4. URL: https://www.google.bg/search?q=What+is+IEEE+802.11az&ie=utf-8&oe=utf-8&gws_rd=cr&ei=LQR5V_eSGoJlsQHAsLXACw.
5. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11.
6. URL: <https://index-of.co.uk/Misc/Mcgraw-Hill%20-%20Bluetooth%20Demystified.pdf>.
7. URL: <https://www.hp.com/ctg/Manual/c00186949.pdf>.
8. URL: <https://www.bluetooth.com/?s=Bluetooth+Low+Energy>.
9. URL: <https://www.bluetooth.com/specifications/specs/core-specification>.
10. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc7668>.
11. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc7668/>.
12. URL: <https://habr.com/ru/post/334478/>.
13. URL: <https://habr.com/ru/post/543578/>.
14. URL: <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-6lo-blemesh-05>.
15. URL: file:///C:/Users/Admin/Downloads/MeshDeviceProperties_v2.pdf.
16. URL: <https://www.bluetooth.com/mesh-faq/>.
17. URL: <https://ru.mouser.com/applications/build-bluetooth-mesh-network/>.
18. URL: https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2020/01/Bluetooth_5.2_Feature_Overview.pdf.
19. URL: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/recent-enhancements/le-audio/>.
20. URL: <https://www.threadgroup.org/what-is-thread>.
21. URL: <https://openweave.io/>.
22. URL: https://www.threadgroup.org/Portals/0/documents/support/ThreadWebinarJun18final_2596_1.pdf.
23. URL: <https://www.threadgroup.org>.
24. URL: <https://www.threadgroup.org/threadgroup>.
25. URL: <https://store.google.com/us/?hl=en-US®ionRedirect=true>.



Китайская радиационно-стойкая ЭКБ на российском рынке

Павел Лысенко (pablo1849@ya.ru)

Необходимость обеспечения обороноспособности и конкурентоспособности России в космосе диктует потребности отечественных предприятий военной и аэрокосмической промышленности в широкой номенклатуре высоконадёжных микроселектронных компонентов для изготовления современных изделий космической и оборонной техники. В случае с космической техникой – обязательным требованием является способность сохранять работоспособное состояние при воздействии ионизирующего излучения – повышенной радиационной стойкости. Не секрет, что ввиду технологического отставания СССР, а в дальнейшем и РФ, в области микроселектроники аппаратура специального назначения всегда создавалась и продолжает создаваться с использованием изделий электронной компонентной базы (ЭКБ) иностранного производства.

В связи с санкционной политикой западных государств против России оказалось весьма актуальным техническое сотрудничество с КНР, предприятия которой освоили все виды микроселектронных изделий, в том числе и в радиационно-стойком исполнении. Несмотря на развитие в последние годы микроселектронной промышленности РФ, выпускающей среди прочих и радиационно-стойкие изделия, их номенклатура недостаточна для решения всех современных инженерных задач, поэтому сотрудничество с китайскими производителями оказывается своевременным выходом из сложившейся ситуации и позволяет реализовывать самые масштабные проекты в космической, военной и других областях, где требуются радиационно-стойкие и высоконадёжные компоненты.

Проблема радиационной стойкости компонентов

В длинном ряду разнообразных требований к электронным компонентам специального назначения своё место занимает радиационная стойкость – способность аппаратуры (и всех составляющих её компонентов) сохранять работоспособность при воздействии ионизирующего излучения. Радиационное воздействие на микроселектронные структуры обусловлено вероятностью пролёта высокоэнергетических частиц через эти структуры, что может приводить к разным эффектам в элементах схем. Радиационные эффекты можно классифицировать на четыре группы:

- 1) эффекты полной поглощённой дозы. Такие эффекты связаны с накоплением заряда в диэлектриках и на границе раздела диэлектрик-полупроводник;
- 2) эффекты мощности дозы. Высокая мощность дозы характерна для ядерного взрыва. Как следствие, защита от этого фактора наиболее актуальна для военной техники. При быстром наборе поглощённой дозы полупроводниковый материал «ионизируется», т.е. накапливает нестекающий объёмный электрический заряд, который может вызывать тиристорный эффект;
- 3) эффекты попадания одиночных частиц. Отдельные высокоэнергетические частицы оказывают заметное воздействие на работу микроселектронных структур, которое может быть неразрушающим и разрушающим. Кроме того, тяжёлые заряженные частицы являются причиной возникновения различных одиночных радиационных эффектов: одиночные сбои (SEU), тиристорный эффект (SEL), переходная характеристика (SET) и др.;
- 4) эффекты смещения – это радиационные повреждения в кристаллической решетке, то есть её локальное нарушение. В космическом пространстве причиной этого эффекта может стать локальная ядерная реакция в результате попадания протона или нейтрона; частицы с низкой энергией не создают такой эффект. Эффект смещения атомов приводит

к росту уровня шума, снижению подвижности носителей заряда. Эффект преобладает в фотоэлектрических батареях, фотоэлементах, силовых транзисторах и в элементах на основе арсенида, нитрида галлия.

Условность этой классификации можно объяснить комбинированием эффектов. Например, длительное облучение потоком тяжёлых ионов, вызывающих одиночные эффекты, увеличивает поглощённую дозу.

Космическое излучение

В открытом космосе плотность потока частиц велика. Но даже в атмосфере, на высотах, соответствующих эшелонам пассажирских авиамаршрутов, поток частиц (вторичных, от взаимодействия космических лучей с атмосферой) весьма заметен.

Способы повышения радиационной стойкости

Для повышения радиационной стойкости интегральных схем используется целый ряд мер на всех этапах проектирования и изготовления изделий ЭКБ: выбор схемотехнических решений, моделирование в САПР, выбор радиационно-стойкой технологии изготовления, защитное экранирование. Рассмотрим некоторые из них.

Кремний на диэлектрике

Технология «кремний на диэлектрике» (англ. Silicon-on-insulator, SOI) заключается во внедрении в поверхность подложки слоя кислорода, который при нагревании формирует сплошную прослойку из двуокиси кремния толщиной около 200 нм. Этот слой изолирует активные области микросхемы от кремниевой подложки. Это позволяет значительно снизить токи утечки, паразитные ёмкости, сводит к нулю вероятность тиристорного эффекта.

Резервирование с голосованием

Этот метод основан на клонировании элементов с введением устройства голосования, которое сравнивает результаты работы нескольких устройств и выдаёт результат, явля-

ющийся мажоритарным значением. Отказ из-за одиночной ошибки, таким образом, минимизирован. Излучение способно нарушить работу такого устройства только при одновременных сбоях в нескольких элементах, что маловероятно. Такой подход увеличивает количество используемых аппаратных ресурсов, что, в свою очередь, приводит к необходимости увеличивать площадь кристалла и потребляемую мощность.

Сравнение коммерческой (см. рис. 1) и радстойкой (см. рис. 2) версии элемента на примере процессора – площадь кристалла почти вдвое больше у радстойкой версии, относительная площадь областей памяти чипа также заметно увеличена, что косвенно свидетельствует о многотранзисторной структуре ячеек со схемами резервирования.

DICE

В ячейках памяти часто применяются двойные DICE-защёлки (Dual Interlocked Storage Cell). В них использована четырёхузловая структура избыточности. Состояния сохраняются как 1010 или 0101. Два контура обратной связи гарантируют защиту от SEU при воздействии только на один узел системы (см. рис. 3).

Задержки установления состояния

Триггеры иногда оснащают схемами, задерживающими их переключение на время рекомбинации сгенерированных электронно-дырочных пар. Недостаток этого метода следует из природы метода – пониженное быстродействие всей системы.

Помехоустойчивое кодирование

Применение избыточных битов позволяет обеспечить помехозащищённость, в том числе и в условиях радиационных факторов. Метод оказывается неэффективным при большой интенсивности ошибок, в этом случае избыточность кода не спасает. Корректирующие коды широко применяются в случаях, когда невозможна безошибочная передача или хранение информации. Для этого объём записываемой информации записывается избыточно большим, а дополнительные биты используются при восстановлении информации в случае сбоя.

Фильтрация по времени

Другой подход – сохранение нескольких состояний линии данных с некоторым интервалом и последую-

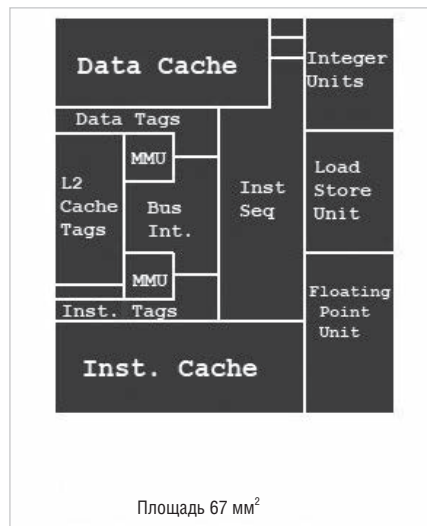


Рис. 1. Коммерческая версия

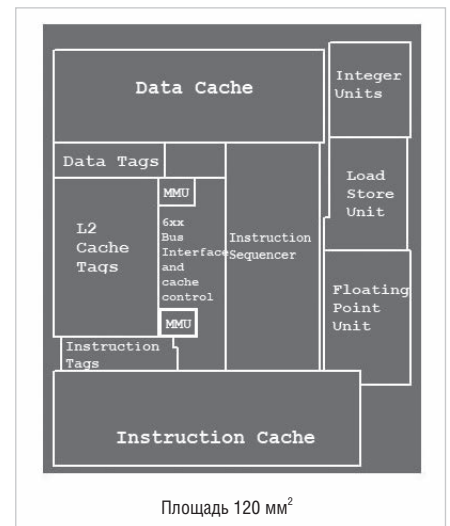


Рис. 2. Радиационно-стойкая версия

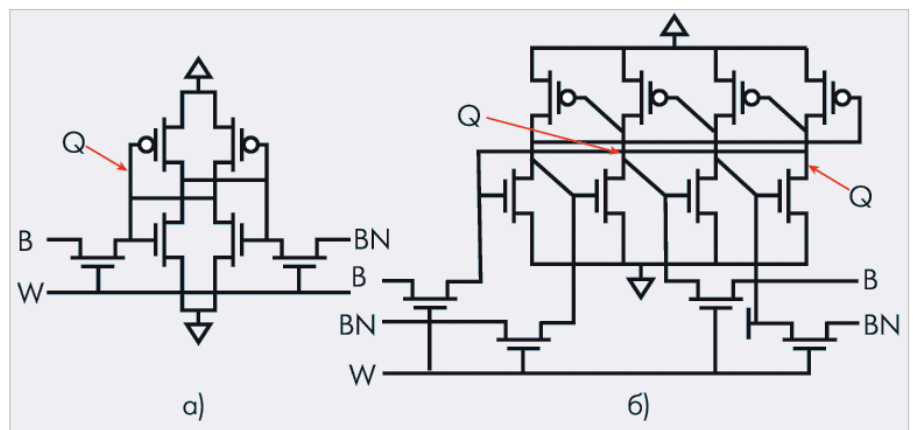


Рис. 3. Регистр-защёлка на шести транзисторах (а) и его радиационно-стойкий DICE-аналог на 12 транзисторах (б)

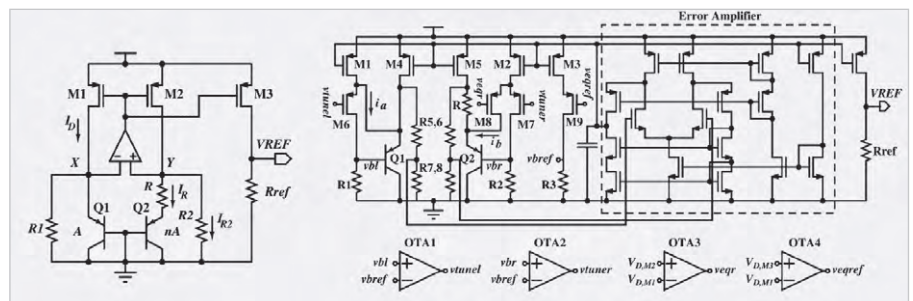


Рис. 4. Сравнение обычной и радстойкой схемы источника опорного напряжения

щее голосование на основе сохранённых состояний. Если интервал сохранения больше, чем время воздействия заряженной частицы на интегральную схему, то такая организация хорошо защищает от одиночных воздействий. Однако этот метод подвержен сбоям на линии синхронизации, а также увеличивает площадь схемы узла примерно втрое (см. рис. 4).

Электроника в КНР

Начало истории электроники в КНР было положено сразу после образова-

ния государства в 1949 году. Правительством была основана Академия наук КНР, включавшая в себя сеть НИИ, а также сформулированы долгосрочные программы научно-технического развития, в которых электронике была отведена значимая роль. Разрабатывать компьютеры в Китае начали в начале 1950-х гг. с построения ламповой ЭВМ 1-го поколения уже в 1958 г. Полупроводниковая ЭВМ 2-го поколения производилась в Шанхае, Пекине, Тяньцзине в 1965 г. В 1973 г. Китай построил первые ЭВМ с применением малых инте-

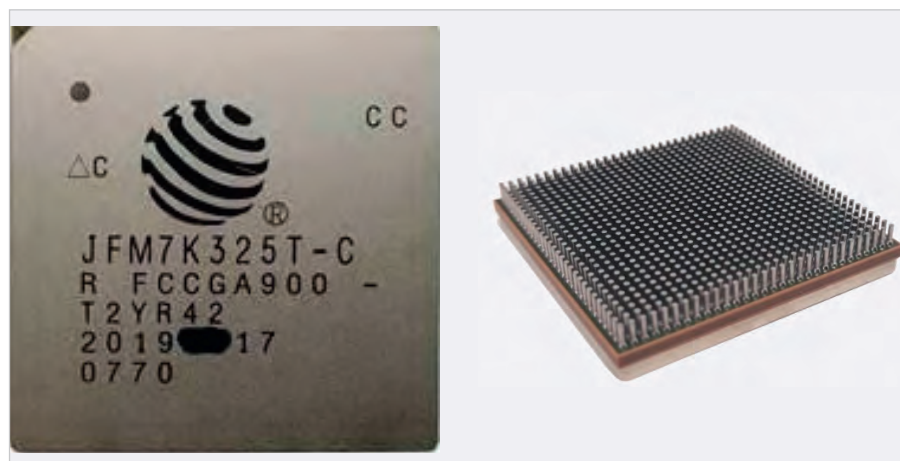


Рис. 5. Радстойкая ПЛИС



Рис. 6. Память PROM

гральных схем, а в 1989 г. уже реализовывалась программа перехода ЭВМ 4-го поколения на БИС к 5-му поколению.

На 2001 г. общий доход 44 китайских компаний, разрабатывающих и производящих электронную продукцию, составил около 2 млрд долларов, а это 82% дохода электронной промышленности КНР. Развитие микроэлектроники в Китае привлекло мировых гигантов на недорогие производственные площадки с дешёвой рабочей силой.

Санкции против китайской микроэлектронной промышленности

В 1989 году правительством КНР принято решение о развитии специальных экономических зон в провинциях Чжухай и Шеньжень. В то же время санкционная политика США накладывала новые и новые ограничения на доступ к финансам, технологиям и оборудованию для промышленных предприятий Китая. Как показывает история, санкции во многом стимулируют промышленность стран, против которых они были введены.

В апреле 2021 стало известно о санкциях США против китайских суперкомпьютеров. Министерство торговли США внесло в санкционный список семь китайских компаний, которые теперь не смогут приобретать оборудование для суперкомпьютеров.

Однако эти санкции не повлияют на один из самых мощных суперкомпьютеров планеты — Sunway TaihuLight, поскольку он собран на китайской элементной базе. Этот факт очень наглядно свидетельствует о суверенности и защищённости микроэлектронной промышленности Китая сегодняшнего дня.

В том числе благодаря введению санкционной политики КНР сейчас является одним из передовых производителей электроники с развитой микроэлектронной промышленностью.

В настоящее время промышленность Китая самостоятельно производит и готова поставлять партнёрам в РФ широкий ряд электронных компонентов высоконадёжного и радиационно-стойкого исполнения: ПЛИС, ЦАП и АЦП, микросхемы памяти раз-

личных типов, модули и микросхемы питания, интерфейсные микросхемы, процессоры, ВЧ/СВЧ-компоненты и изделия, пассивные компоненты и соединители.

Рассмотрим некоторые изделия из приведённого ряда.

Элементная база ПЛИС

В настоящее время китайские производители предлагают одну из самых высокопроизводительных высоконадёжных ПЛИС в мире, имеющую характеристики:

- количество вентилях на чип – до 69 млн;
- рабочая частота – до 800 МГц;
- макс. объём блочной памяти ОЗУ – до 52 Мбит;
- количество блоков DSP – до 3600;
- при радстойкости TID > 100 крад (Si);
- стойкость к защёлкиванию SEL > 75 МэВ×см²/мг.

Производство ПЛИС глубоко освоено китайской промышленностью. Широкий ряд ПЛИС, с характеристиками, близкими и даже превосходящими западные аналоги, предлагается к поставкам и применению уже сегодня, перспективные ИС находятся в разработке. Ряд освоенных в производстве ПЛИС уже имеют опыт поставки в РФ.

Микросхема JFM7K325T-C производства китайской компании Fudan успешно конкурирует с аналогами ведущих мировых производителей высоконадёжных ПЛИС (см. рис. 5).

Что касается характеристик, то модель аналогична по логическим ресурсам, назначению и шагу выводов. В то же время модель превосходит аналоги по статическому энергопотреблению.

Характеристики ПЛИС JFM7K325T-C:

- количество вентилях: 32,5 млн;
- частота: 600 МГц;
- макс. объём блочной памяти ОЗУ: 16 020 Кбит;
- количество DSP: 840;
- количество GTX приёмо-передатчиков: 16;
- количество аналого-цифровых блоков XADC: 1;
- максимальное число пользовательских выводов: 500;
- корпус: FCCGA900;
- TID: ≥ 100 кРад (Si);
- SEL: ≥ 75 МэВ×см²/мг.

Существуют различные исполнения данной ИС – высоконадёжное,

радиационно-стойкое, промышленное.

Ключевые характеристики серии:

- встроенное аппаратное ядро PCIe 2.1;
- 16 GTX приёмопередатчиков (до 12,5 Гбит/с);
- 16 020 Кбит блочной памяти;
- Precise TMR Tools;

Микросхема доступна к поставке. Основные характеристики ПЛИС JFM7VX690T-RT / JFM7VX690T80-RT:

- количество вентиляций: 69 млн;
- частота: 600 МГц;
- макс. объём блочной памяти ОЗУ: 52 920 Кбит;
- количество DSP: 3600;
- количество GTX приёмопередатчиков: 36/80;
- количество аналого-цифровых блоков XADC: 1;
- максимальное число пользовательских выводов: 850/600;
- корпус: FCCGA1761/FCCGA1927 (пластик);
- TID: ≥ 100 кРад (Si);
- SEL: ≥ 75 МэВ $\times$ см²/мг.

Ключевые характеристики серии:

- Встроенное аппаратное ядро PCIe 3.0;

- 36/80 GTX приёмопередатчиков (до 13,1 Гбит/с);
- 52 920 Кбит блочной памяти;
- Precise TMR Tools;

Образцы микросхем в исполнениях Space, Industrial, High-reliable доступны к поставке.

Память PROM

Характеристики современных радиостойких PROM, выпускаемых предприятиями КНР, достигают следующих значений:

- ёмкость – до 1 Мбит при разрядности 32 бита;
- напряжение питания 3,3 или 5 В;
- время доступа < 45 нс;
- радиостойкость: TID 100 кРад (Si), SEL: ≥ 75 МэВ $\times$ см²/мг, SEU: ≥ 37 МэВ $\times$ см²/мг.

Компоненты поставлялись в РФ для космических проектов (см. рис. 6).

Память SRAM

На данный момент производители предлагают микросхемы памяти ёмкостью до 144 Мбит, разрядностью до 40 бит, быстродействием менее 15 нс и напряжением питания 1,8, 3,3, 5 В, радиационной стойкостью TID 100 кРад (Si),

SEL: ≥ 75 МэВ $\times$ см²/мг, SEU: $\leq 1E^{-10}$ ошибок/бит $\times$ день.

Память FPGA PROM

Для работы некоторых ПЛИС необходима внешняя память. В качестве примера рассмотрим два чипа конфигурационной памяти ПЛИС B17V16RH и B18V04RH (см. рис. 7).

3D-память

Технологическим достижением современности можно назвать 3D-память. Долгие годы ёмкость запоминающих устройств увеличивалась за счёт увеличения плотности размещения ячеек памяти на кристалле и за счёт роста площади кристалла. Технологические ограничения не позволяли упаковывать ячейки памяти многослойно, поскольку нижние и верхние слои находились в разных условиях при прохождении серии технологических этапов.

Современные технологические процессы позволили использовать третье измерение для увеличения плотности размещения ячеек памяти.

ШИРОКАЯ НОМЕНКЛАТУРА РАДИАЦИОННО СТОЙКОЙ И ВЫСОКОНАДЁЖНОЙ ЭКБ



www.phoenix-electronics.ru
sales@phoenix-electronics.ru

Тел. (3412) 72-25-81
Факс (3412) 50-00-84

ПРЯМЫЕ ПОСТАВКИ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КНР И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

- ПЛИС
- ЦАП/АЦП
- Микросхемы памяти
- Модули и микросхемы питания
- Интерфейсные микросхемы
- Процессоры
- ВЧ/СВЧ-компоненты и изделия
- Пассивные компоненты и соединители



ПЛИС
BQR5VXS95T



СУПЕРВИЗОР ПИТАНИЯ
JSR706RD



3-D ПАМЯТЬ
VDMR8M32VS68EE8V35



FLASH-ПАМЯТЬ
JFM29LV641RH

К поставке доступны различные варианты исполнения ЭКБ (Industrial, Hi-Rel, Space). Полная номенклатура и техническое описание — по запросу.

Реклама

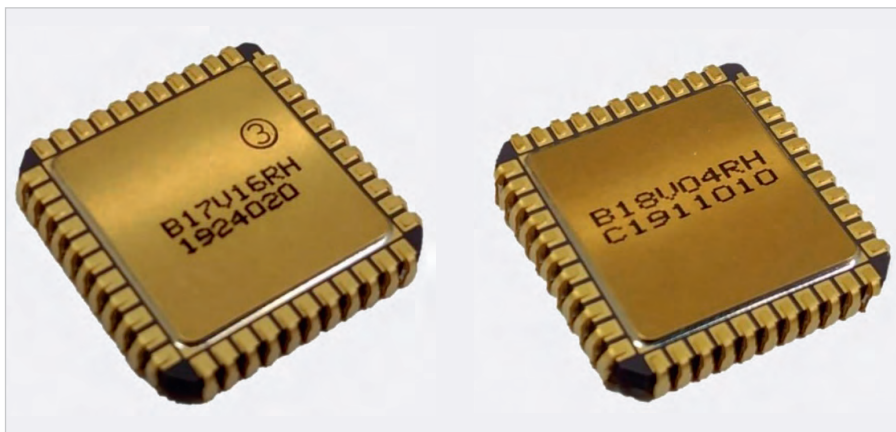


Рис. 7. Память FPGA PROM



Рис. 8. Модуль 3D MRAM-памяти

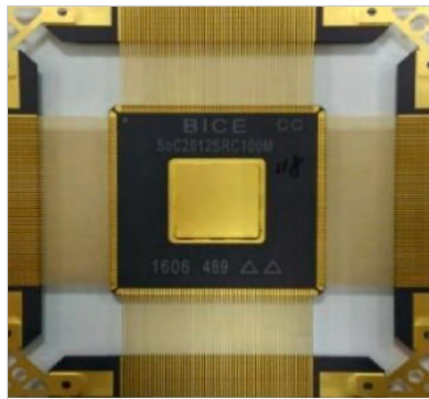


Рис. 9. Система на кристалле

Как результат, характеристики модулей 3D-памяти достигают следующих значений:

- ёмкость: до 2Тб при разрядности 32 бита;
- напряжение питания: 1,8; 3,3; 5 В;
- время доступа: 12 нс.

3D-память производства китайских компаний можно рассмотреть на примере нескольких изделий:

- NAND Flash LSFN512G32VS4M1 имеет ёмкость 512 Гб с разрядностью 32 бит, время доступа < 20 нс; показатели радиостойкости 60 крад (Si), SEL: ≥ 60 МэВ·см²/мг, SEU ≥ 2 МэВ·см²/мг;
- SRAM LSSR32M32VS8R1 имеет ёмкость 32Мбит с разрядностью 16 бит, время доступа < 12 нс;
- MRAM LSMR64M08VS4E1 имеет ёмкость 64Мбит с разрядностью 16 бит и временем доступа 35 нс.

Основные производители 3D-памяти (см. рис. 8) – институт-разработчик из провинции Чжухай ORBITA Co. и Сианьский институт микроэлектронных технологий XMTI.

Микропроцессоры

Радиационно-стойкие процессоры и системы производятся китайской промышленностью как для косми-

ческих аппаратов, так и для прочих ответственных применений. На сегодняшний день освоена в производстве широкая линейка устройств. Например, SoC 2012 (см. рис. 9):

- 4 ядра;
- 8 регистровых окон;
- 7-ступенчатый конвейер;
- кэш данных – 8 кбит, кэш команд – 8 кбит;
- 32/64-битная точность FPU;
- обеспечение RH: TMR, EDAC, контроль чётности;
- высокая производительность, низкое потребление;
- первый многоядерный процессор в КНР;
- первый запуск в Китае в 2015 году. Встроенная периферия:
- встроенная системная шина AMBA;
- контроллер памяти (PROM, SRAM, SDRAM, MMIO);
- 5 таймеров (32-битных);
- контроллер прерываний;
- аппаратный DSU;
- контроллер 1553B (режимы BC, RT, BM);
- 2 × UART;
- 32 × GPIO.

Данные модели успешно применяются в собственных космических про-

граммах Китая, а также имеется опыт поставок для российских проектов.

Заключение

ООО «Феникс Электроникс» – основной партнёр по поставке высоконадёжной и радиационно-стойкой ЭКБ из КНР.

Компания «Феникс Электроникс» специализируется на прямых поставках высоконадёжной и радиационно-стойкой ЭКБ от крупнейших производителей и поставщиков из Китая и Юго-Восточной Азии, является официальным участником Межправительственной программы российско-китайского сотрудничества в области космоса, 7 лет поставляет высоконадёжные электронные компоненты российским предприятиям.

ООО «Феникс Электроникс» является эксклюзивным представителем и дистрибьютором CAST SASEC (Китайский Инженерный Центр Аэрокосмических Компонентов Китайской Академии Космических Технологий). Эта организация отвечает за качество ЭКБ в национальном масштабе, контролируя качество производства, проведение испытаний и квалификации китайской ЭКБ.

ООО «Феникс Электроникс» комплексно подходит к вопросам поставки ЭКБ и предлагает: технические консультации по подбору ЭКБ, ведение внешнеторговых контрактов, таможенное оформление, поставку ЭКБ с пакетом сопроводительной документации (отчеты изготовителя, сертификат соответствия), хранение ЭКБ в сертифицированных складских помещениях, ведение рекламационной работы. Для заказчиков, сделавших выбор в пользу китайской ЭКБ, возможна поставка бесплатных образцов, в том числе отладочных плат для ПЛИС, микропроцессоров, SiP.

Благодаря компетенциям и опыту на довольно сложном рынке компании удастся следовать правильным рыночным курсом. Обороты «Феникс Электроникс» уверенно растут в последние шесть лет, однако ещё важнее и показательнее динамичный рост числа её партнёров: головных заказчиков и входящих в их кооперацию предприятий. Главная цель компании – стать ключевым поставщиком высоконадёжной ЭКБ производства КНР для ответственных применений.



ChipEXPO-2021

КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ



14-16.09

В ТЕХНОПАРКЕ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА



СКОЛКОВО



ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ:

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, включая:
 - экспозицию предприятий, являющихся изготовителями изделий, включенных в единый реестр российской радиоэлектронной продукции (Постановление Правительства РФ №878)
 - экспозицию разработок, созданных в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы» (Постановление Правительства РФ №109)
 - экспозицию разработок, обеспечивающих выполнение приоритетных национальных проектов.
- Дивизионы кластера «Радиоэлектроника» ГК «Ростех»
- Стартaпы в электронике
- Квалифицированные поставщики ЭКБ
- Консорциумы и дизайн-центры по электронике
- Участники конкурса «Золотой Чип»
- Корпорация развития Зеленограда

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



РОСЭЛ



ОРГАНИЗАТОРЫ:

ЗАО «ЧипЭКСПО» Москва, 121351, ул. Ярцевская, д.4. Тел.: +7 (495) 221-50-15
E-mail: info@chipexpo.ru <http://www.chipexpo.ru>

Системы пожарной сигнализации FX NET, интегрированные в SCADA

Андрей Кашкаров (ak35@yandex.ru)

В статье рассматривается интеллектуальная система пожарной сигнализации с модульной структурой, возможностью расширения и высокой надёжностью на примере адресно-аналоговой системы пожарной сигнализации ESMI модели FX NET и аналогичных, интегрируемых в BMS/SCADA. Даны практические рекомендации по монтажу настенных адресно-аналоговых звуковых и световых пожарных оповещателей серии AP200.

Интеграция систем противопожарной безопасности

Системы противопожарной безопасности, как составляющие элементы современного предприятия, предполагают использование технических (инженерных) решений для электронной противопожарной защиты любого уровня и интеграции, соответствующих вызовам времени. Интеграция и автоматизация работы противопожарной защиты зданий формируется на основе промышленных систем оперативного диспетчерского управления и сбора данных Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) с применением OPC-серверов и коммуникационных шлюзов. На уровне управления противопожарная система FX NET и автоматизированная система управления зданиями (АСУЗ) взаимно совмести-

мы, так как строятся на основе открытых систем SCADA. Установка, программирование и наладка системы просты и не вызывают затруднений у специалистов. Отличительной чертой современных моделей пожарной сигнализации, индикации и оповещения является модульная конструкция и возможность расширения станций пожарной сигнализации, а также большое допустимое количество (тысячи) датчиков и оповещателей, что делает такую единую систему востребованной и популярной на предприятиях. Современным разработчикам важны широкие возможности для интеграции сетей управления АСУЗ с различными протоколами через OPC-серверы и шлюзы для открытых промышленных систем SCADA. Всё это и многое другое стало доступным. Встроенные коммуника-

ционные средства и система отчётов FX NET, модуль техобслуживания SCADA, интерактивные графические SCADA-системы (IGSS), в том числе условно-бесплатные, например, IGSS FREE50, открывают превосходные возможности для внедрения автоматизированных систем управления пожарной безопасностью жилых и коммерческих объектов. Коммуникации подключаются 8-жильным кабелем, оснащённым разъёмами RS-485. По тому же кабелю организовано питание периферийных оповещателей. Тем не менее в специализированных компьютерных системах управления зданиями дополнительно могут применяться коммуникационные модули с портами TP/FT-10 или PL-20 для сетей LON, TP-1 для сетей KNX.

Каждый пожарный оповещатель в сети имеет свой идентификационный код (номер), что позволяет управлять их адресным включением в автоматическом режиме с центрального пульта (ЦП). Кроме того, на ЦП установлен ЖКИ с диагональю 7 дюймов, на который выводится подробная информация о времени, месте срабатывания пожарной тревоги, «адрес» тревоги. Вся информация записывается в память электронного журнала, который легко просмотреть с помощью панели управления ЦП – джойстика и сенсорных кнопок. Сервер doGATE в специализированной среде doMOOV собирает информацию в сети по любому из доступных протоколов (LonTalk, BACnet, KNX, Modbus), обеспечивает поддержку основных открытых стандартов в области систем автоматизации с дальнейшим преобразованием между протоколами по алгоритму 1 в N и интерпретирует информацию через BACnet и/или OPC-сервер в вид, понятный пользователю. Протокол Modbus поддерживается через драйвер протокола TCP (Ethernet), Modbus RTU (RS-232), M-Bus и др.

Клиентскими приложениями могут быть любые SCADA-системы, в том числе IGSS и HMI-станции. Обмен данными между SCADA и устройствами в сетях управления выполняется как через встроенные коммуникацион-



Рис. 1. Блок управления и индикации интегрированной пожарной системы оповещения системы модельного ряда FX NET

ные драйверы, так и через интерфейсы OPC и DDE.

Интеллектуальная электронная система пожарной сигнализации FX NET построена по модульному принципу. При пуске или перезагрузке шины EIB IntesisBox определяет текущие значения точек-адресов, а для выработки критических сигналов активации пожарных датчиков настраивается для конкретного адреса. В таком формате группа адресов EIB может активироваться в один и тот же адрес регистра Modbus, который также может обновляться в реальном времени. Внешний вид управляющего блока противопожарной системы FX NET представлен на рисунке 1.

Модульная структура системы FX NET и применение многопроцессорных технологий удешевляют возможность дальнейшего расширения системы. Пользователь может задействовать только те части системы, которые требуются, и затем расширять систему по мере того, как потребности меняются. Многопроцессорные технологии на примере FX 3NET и моделей, готовых к взаимному совмещению (например, FX NET/RU станция пожарной сигнализации с расширением 8/5 слотов, MC, PSB, UI, FXL NET/RU 12/9 слотов, MC, PSB, UI, FXM NET/RU 4/2 слота, MC, PSA, UI), в сочетании с сетевой структурой системы позволяют распределять функции, быстро реагировать на пожарную тревогу и повысить надёжность системы оповещения. Надо также понимать, что многие интеграторы, особенно с опытом разработки промышленных систем, для интеграции систем управления зданиями могут использовать и другие SCADA-системы. Специализированные открытые протоколы АСУЗ, такие как BACnet (ISO 16484-5), LonWorks (ISO/IEC 14908, Parts 1, 2, 3, 4), KNX (ISO/IEC 14543-3) и Modbus, вполне подходят для решения задач интеграции. Кроме того, сети управления могут подключаться к ПК напрямую не только через доступный коммуникационный порт, но и через отдельный конвертор интерфейса, выполняющий согласование физических протоколов, к примеру, U10 TP/FT-10/USB (Echelon). Возможности интеграции систем управления SCADA с IGSS подтверждаются более чем 30 годами безупречной работы. Всё, что может быть автоматизировано, уже реализовано со SCADA. IGSS поддерживает обмен данными со всеми типами промышлен-

система	протокола	компьютера		
Modbus RTU	RS232/485	RS232		
Modbus TCP	Ethernet	Modicon Modbus RTU (20)		
LonWorks		IBOX-MBS-LON	Ethernet	MODBUS/TCP (64)
		Шлюз Modbus – LON		MODBUS/TCP (64)
LonWorks	U10/ U20/ PCLTA10/ PCLTA20		USB/ PCI	NLOPC TE LNS OPC сервер
				OPC Client-Side Driver (42)
BACnet		IBOX-MBS-BACnet	Ethernet	NLOPC MIP MIP OPC сервер
		Шлюз Modbus – BACnet IP		MODBUS/TCP (64)
BACnet			Ethernet	SE-OPC BACnet OPC сервер (BACnet IP, Ethernet, MS/TP, PPP)
				OPC Client-Side Driver (42)
				EX5-BCNET-NA00 BACnet OPC Server (BACnet IP)
KNX		IBOX-MBS-KNX	Ethernet	MODBUS/TCP (64)
		Шлюз Modbus – KNX		
KNX	IN00A01USB/ IN00A02IPI		USB/Ethernet	NETxKNX OPC Server KNX OPC Server
				OPC Client-Side Driver (42)
D3-NET / Daikin		D3-Net – LON (+) IBOX-MBS-LON	Ethernet	MODBUS/TCP (64)
		Шлюз Modbus – LON		
Mitsubishi Electric		ME-AC-MBS	Ethernet	MODBUS/TCP (64)
M-Bus	M-BUS-RS232	IBOX-MBS-MBUS	Ethernet	MODBUS/TCP (64)
		Шлюз Modbus – M-bus		
SNMP			Ethernet	EX5-ISNMP-EN00 SNMP OPC server
				OPC Client-Side Driver (42)
Siemens Cerberus		IBOX-MBS-CERBERUS	Ethernet	MODBUS/TCP (64)
		Шлюз Modbus – Siemens Cerberus MK-7022 (ISO- 1745)		
Micros Fidelio		IBOX-MBS-FIDELIO_IP	Ethernet	MODBUS/TCP (64)
		Шлюз Modbus – Micros Fidelio HMS (TCP/IP)		
Honeywell XLS-80		IBOX-MBS-XLS80	Ethernet	MODBUS/TCP (64)
		Шлюз Modbus – Honeywell XLS-80		
Notifier (Honeywell)			Ethernet	IS-OPC-NID3000 Notifier OPC Server
Esser (Honeywell)			Ethernet	IS-OPC-ESSER ESSER OPC Server
				OPC Client-Side Driver (42)
Ademco Galaxy		IBOX-MBS-GALAXY	Ethernet	MODBUS/TCP (64)
		Шлюз Modbus – Ademco Galaxy (SIA)		

Рис. 2. Соответствие шлюзов и OPC-серверов для интеграции АСУЗ на основе SCADA системы FX NET

ных контроллеров и включает в себя компоненты для создания проектов с резервируемыми серверами, обеспечивающими управление сотнями тысяч каналов ввода/вывода. Полная функциональность сохраняется для всех версий IGSS: как для простейших систем, так и для сверхбольших проектов, содержащих вплоть до 400 000 объектов. Таким образом, интеграция системы пожарной безопасности в SCADA логична и не требует больших затрат. На рисунке 2 приведена таблица шлюзов и OPC-серверов для сетей управления, используемых в АСУЗ совместно с противопожарной составляющей FX NET.

Особенности модельного ряда FX NET

Устройства модельного ряда FX NET удовлетворяют любым требованиям пожарной безопасности объектов. Для аккуратного и безошибочного подключения приборов в линейке FX NET реализован так называемый финский монтаж: когда каждый проводник подписан и находится в термоусадочной трубке, что очень удобно при установке, обслуживании и ремонте оборудова-

ния. Пожарная система FX NET проста в эксплуатации и оснащена понятным пользовательским интерфейсом. На панели управления FX NET вместо обычных кнопок установлен поворотный-нажимной джойстик, ускоряющий и упрощающий выбор функций (см. рис. 1). На рисунке 3 представлена блок-схема организации пожарного оповещения. Монтажная плата основного блока показана на рисунке 4. На рисунке 5 представлен внешний вид системы пожарного оповещения с подключением к сотовой связи и другим устройствам.

Таким образом, данная система представляет собой комплексное инженерное решение в области безопасности. Подобную пожарную сигнализацию можно использовать как независимую систему оповещения и как часть интегрированной системы безопасности, в которой подсистемы пожарной сигнализации, охранной сигнализации, управления доступом, видеонаблюдения и автоматизации зданий объединены в единое целое. Такой подход позволяет сократить затраты на обеспечение безопасности объекта.

Структура системы FX Net

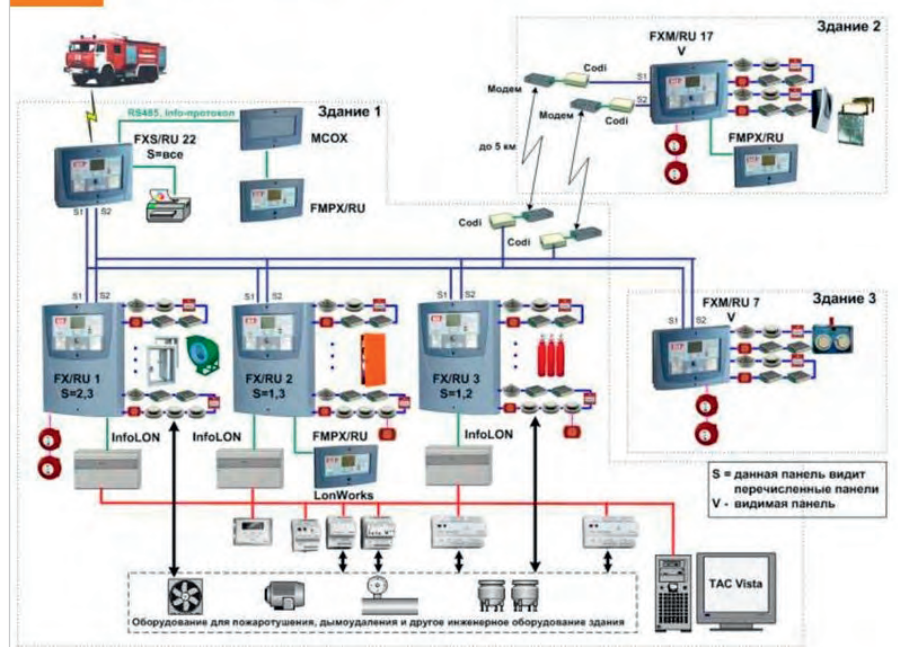


Рис. 3. Блок-схема организации пожарного оповещения

В серию FX NET/RU входят панели FX NET/RU, FXL NET/RU, FXM NET/RU и FXS NET/RU. Питание панели FXS NET производится от панелей FX NET, FXL NET или FXM NET. Максимальное число плат SLC, LC, CLC, IOC, OCA, REPX-OB, MCOX-OB и ZLPX-IC-1.

Особенности ESGRAF

ESGRAF – единый, специально разработанный графический интерфейс и ПО для систем пожарной сигнализации ESMI FX 3NET (FX NET), управления доступом, систем охранной сигнализации ESMIKKO и систем видеонаблюдения PELCO ENDURA. На плане объекта графически отображается элемент с тревожной и понятной инструкцией действий оператора в сложившейся ситуации. Адресно-аналоговые панели пожарной сигнализации серии FX NET/RU организованы как модульные конструкции и обеспечивают эффективное и надёжное обнаружение возгорания, а также быструю замену блоков при необходимости.

Отличительная черта рассматриваемых систем заключается в том, что программируемая встроенная логика даёт возможность управлять трёхступенчатым предупреждением об опасности и тревожной эвакуации, как пассивным, так и активным противопожарным оборудованием. Обеспечена совместимость с другими устройствами обнаружения пожара, такими как выносная панель

управления FMPX/RU, светодиодная индикаторная панель ZLPX, повторитель сигнала REPX, модуль контроля и управления MCOX. Для интеграции в систему управления зданиями и сооружениями в системе предусмотрен шлюз InfoLON для передачи данных в сеть LON и OPC интерфейс. На рисунке 6 представлена схема взаимодействия между модулями пожарной сигнализации серии FX NET/RU.

Первые модели системы стали активно устанавливать с 2010 года. Одна из таких систем с максимальной ёмкостью периферийных станций в 2544 адреса и сегодня стоит в Научно-образовательном медико-биологическом центре «Солнечное» в Санкт-Петербурге. Значительно отличается от этой модели современная система пожарных станций с облачными сервисами ESMI Sense FDP. При числе шлейфов (вариативно) 2, 4, 6 или 8 к системе можно максимально подключить по 318 устройств в шлейфе (159 извещателей плюс 159 адресов модулей), а при максимально задействованном количестве шлейфов общее число периферийных оповещателей может достигать 1272 извещателя и столько же модулей. Этим определяется максимальная ёмкость пожарной станции в 2455 адресов. С помощью такой системы можно контролировать в пожарном отношении жилой поселок и даже небольшой город. А при использовании протокола



Рис. 4. Вид на монтажную плату основного блока

передачи данных InfoProtocol ёмкость станции возрастёт ещё на 214 адресов.

Притом соблюдается полная совместимость со всеми предыдущими устройствами. Некоторые технические характеристики системы таковы: ОС Linux, встроенный Ethernet, 2×USB. Сетевая архитектура – кольцевой RS-485, Ethernet. Аппаратная интеграция с EBO на выходе: BacNet IP/MCTP, ModBus RTU/TCP, LonWorks, SNMP (через SmartDriver в AS-P или Enterprise). Онлайн-конфигурирование и мониторинг через WinFX3Net. В сетевой конфигурации можно установить до 32 центральных панелей, при этом общая ёмкость повысится до 40 000 извещателей и 40 000 адресов модулей (датчиков возгорания).

Надо иметь в виду, что системы серии ESMI Sense FDP могут различаться по своим возможностям, в зависимости от модели. К примеру, в моделях FDP221 – 4 шлейфа / 2 слота, до 636 оповещателей, в FDP252 – 8 шлейфов / 5 слотов, до 1 272 оповещателей, в FDP292 – 8 шлейфов / 9 слотов, до 1 272 оповещателей. Аккумуляторы устанавливаются в отдельном шкафу. Обозначение FDP2XY расшифровывается так: 2 = вторая модификация, X = число дополнительных слотов для плат (2,5 или 9), Y = размер корпуса по максимальной стороне (1= 360 мм, 2 = 580 мм). В таблице 1 представлена спецификация панелей пожарной сигнализации ESMI Sense FDP. Для всех устройств в таблице 1: стандарт EN54-2, EN54-4, класс защиты IP30, максимальное число адресов в шлейфе SLC – 159 извещателей и 159 модулей, ALC – 126 адресов.



Рис. 5. Интегрированная система пожарного оповещения

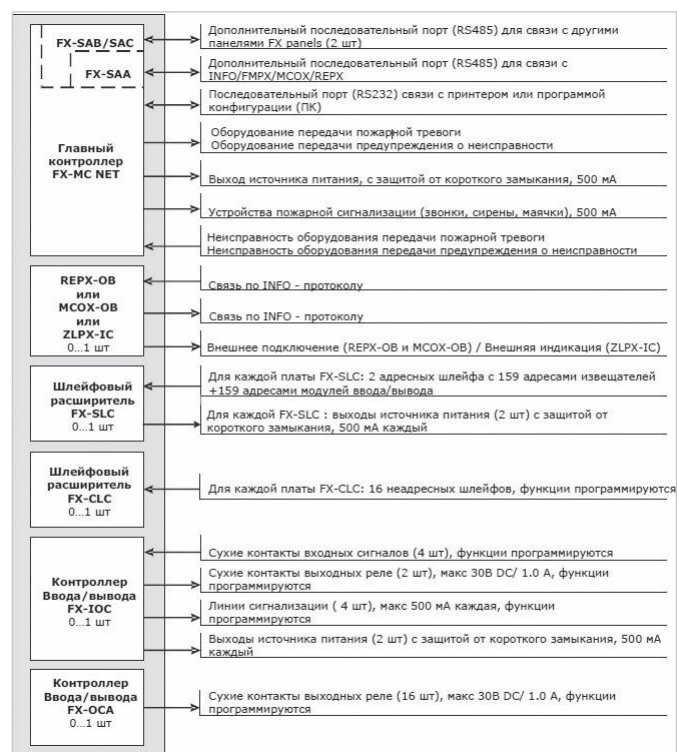


Рис. 6. Схема взаимодействия между модулями пожарной сигнализации серии FX NET/RU

Таблица 1. Спецификация панелей пожарной сигнализации Esmi Sense FDP

Наименование	FDP 221	FDP 252	FDP 292
Шлейфы	1...4	1...8	1...8
Контроллеры шлейфов	SLC & ALC(2) & CLC	SLC & ALC(2) & CLC	SLC & ALC(2) & CLC
Размеры (В × Ш × Г), мм	360 × 430 × 142	580 × 430 × 142	580 × 430 × 142
Масса (без АКБ), кг	6,6	10,6	11,1
Слоты для дополнительных плат	2	5	9
АКБ	2 × 12 А·ч	2 × 17 А·ч	Батареи размещаются в отдельном шкафу

Таблица 2. Некоторые технические характеристики системного адресного оповещателя WST-PR-I33/WST-PR-N33 с питанием по шлейфу

Рабочий диапазон напряжения	15...29 В (с изолятором), 24 В – типовое от 15 до 32 В (без изолятора), 24 В – типовое
Ток в дежурном режиме	450 мА
Частота вспышек	1 Гц
Макс. потребление тока световой моделью ряда ESMI с индикацией типа WST-PR-I33, с изолятором WST-PR-N33, без изолятора	3,47 мА 3,28 мА
Рабочий диапазон температур	От -25 до +70°C
Относительная влажность	До 93% (±3%) без конденсации
Класс защиты	IP24C с базой B501AP, IP44 с глубокой базой BPW-E10, IP65 с влагозащищенной базой WPW-E10
Вес	167 г
Размер клемм	Не более 2,5 мм ²



Рис. 7. Световой адресный оповещатель со стробовспышкой модели WST-PR-I33/WST-PR-N33

ные извещатели на базу B501AP. При этом база B501AP может использоваться вместо B501 и B501DG. На рисунке 7 представлен световой адресный оповещатель со стробовспышкой, с питанием, организованным по соединительному шлейфу.

Оповещатели комплектуются различными модификациями базового основания. Например, для настенной установки стробовспышки внутри помещения или на улице, для скрытого и поверхностного монтажа и даже со встроенным изолятором короткого замыкания. В таблице 2 представлены некоторые технические характеристики системного адресного оповещателя WST-PR-I33/WST-PR-N33 с питанием по шлейфу.

Адресно-аналоговые звуко-световые излучатели серии AP200

В системе пожарной сигнализации серии FX используют настенные адресно-аналоговые звуковые и световые оповещатели серии AP200, разработанные для снижения затрат на

инсталляцию. Их технические характеристики подобраны для большого числа оповещателей, подключённых к адресно-аналоговому шлейфу с помощью восьмижильного стандартного кабеля. Звуковые и световые оповещатели устанавливаются таким же образом, как и адресно-аналоговые пожар-

Особенности базовых оснований для оповещателей AP200, совместимых с FX-SLC

Базовые основания B501AP-IV предназначены для установки адресных оповещателей (сирен) серии 200AP и адресно-аналоговых пожарных оповещателей. Кроме того, к базе B501AP(-IV) можно подключить удалённый индикатор или иное электронное устройство сигнализации. Извещатель вставляется в базовое основание только в одном

положении (благодаря наличию ключа на корпусе) и фиксируется поворотом. Отсоединение оповещателя во время работы системы вызовет в ней сигнал о неисправности, таким образом, предусмотрена защита от несанкционированного извлечения без специального инструмента. Защиту можно активировать, отломив лепесток на конце специального пластикового рычага базы. Основание может быть выполнено в двух цветах: белом (B501AP – для

модификаций после 2018 года) или светло-бежевом (B501AP-IV – такие используются с относительно старыми моделями).

Литература

1. SCADA IGSS V12 // URL: https://www.soliton.com.ua/assets/files/NR_PcVue12_En.pdf
2. Шлюзы: IntesisBox // URL: <http://www.soliton.com.ua/catalog-ibs-network-intesis.htm>
3. URL: <http://www.soliton.com.ua/catalog-industrial-software-newtron-systems.htm>. ©

НОВОСТИ МИРА

Для роботов создали «умный» материал с функциями осязания и самовосстановления

Учёные из лаборатории материаловедения и инженерии Национального университета Сингапура разработали вспененный материал, который позволяет роботам ощущать объекты и может самостоятельно восстанавливаться при повреждении подобно человеческой коже.

Материал, получивший название AiFoam, представляет собой высокоэластичный по-

лимер, созданный путем смешивания фторполимера с составом, снижающим поверхностное натяжение. При разрезании он легко снова скрепляется в целый кусок.

Чтобы воспроизвести человеческое осязание, исследователи наполнили материал микроскопическими металлическими частицами и добавили под слой материала крошечные электроды. При приложении давления металлические частицы в полимерной матрице сближаются, изменяя её электрические свойства. Эти изменения можно обнаружить с помощью электродов, подключённых к компьютеру.

Описанная структура позволяет руке робота определять не только величину, но и направление приложенной силы. Кроме того, «кожа» может ощущать не только прикосновения, но и приближение объектов по возмущениям, вносимым их электрическим полем.

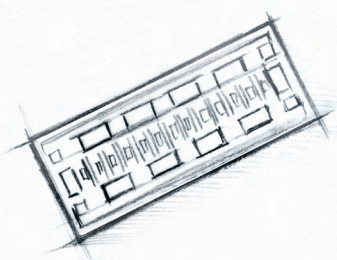
Разработка заняла более двух лет. Участники проекта надеются на внедрение материала для практического применения в течение пяти лет. Например, для более совершенных протезов.

vpk.name

CREE

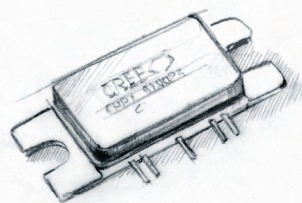
Wolfspeed

НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



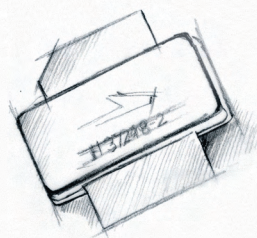
Кристаллы СВЧ-транзисторов GaN/SiC

- Диапазон частот: DC...6,0 ГГц
- Выходная мощность: 8, 15, 30, 40 Вт
- Типовое усиление: 15–17 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 40, 50 В



Широкополосные GaN HEMT-транзисторы общего назначения

- Диапазон частот: L, S, C, X
- Выходная мощность: 800 Вт – L-диапазон, 180 Вт – S-диапазон, 6 Вт – X-диапазон
- Типовое усиление: 13–20 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 40, 50 В



LDMOS-транзисторы

- Диапазон частот: 400...1400 МГц, 420...960 МГц, 700...2200 МГц, 1800...2000 МГц, 2000...2200 МГц, 2300...2400 МГц, 2500...2700 МГц
- Выходная мощность: до 600 Вт
- Типовое усиление: 16–30 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 30, 48, 50 В

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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

Реклама

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ



- + Выходные мощности:
1 / 1,5 / 1,7 / 2,7 / 3,4 / 5 и 7,5 кВт
- + Выходное напряжение от 10 до 600 В
- + Выходной ток от 2,6 до 500 А
- + КПД до 92% на полной нагрузке
- + Управление: LAN, USB, RS-232/485
- + Вес менее 7,5 кг, высота модуля 1U для 19" стойки
(модель на 1,5 кВт имеет размер ½ 19" стойки)

- + GSP 10 кВт, GSP 15 кВт – готовые модули
с завода-изготовителя, состоящие из ведущего
модуля и одного или двух ведомых
- + Полный заводской контроль качества
и тестирование
- + Привлекательная цена
- + Управление: LAN, USB, RS-232/485,
Modbus-TCP



Терморегулятор управляет чиллером

Сергей Шишкин (г. Саров)

В данной публикации автор представляет систему охлаждения и термостабилизации с теплообменником. Охладителями в данной системе являются чиллеры, управляемые двухканальным терморегулятором. Автор приводит конкретные примеры применения представляемой системы в лазерных технологиях.

В настоящее время во многих сферах жизнедеятельности человека используется чиллер (англ. chiller) – холодильный агрегат, применяемый для охлаждения жидких теплоносителей. В качестве жидкого теплоносителя может выступать вода или смесь гликоля. Охлаждённая вода – популярный компонент многих технических и бытовых процессов.

Принцип работы чиллера заключается в следующем. Хладагент в газообразном состоянии с низкой температурой и низким давлением из испарителя попадает в компрессор, где превращается в газ с высокой температурой и высоким давлением, конденсатор охлаждается холодной водой или холодным воздухом. В испарителе хладагент испаряется и охлаждает воду. В этот момент он поглощает тепловую энергию из теплоносителя, снижая его температуру. То есть по способу охлаждения конденсатора чиллеры можно разделить на два типа: водяные и воздушные. В водяных чиллерах конденсатор охлаждается обычной проточной водой. Чиллер для воды считается наиболее экономичным и стоит дешевле. Однако для такого агрегата требуется установка системы оборотного водоснабжения. Воздушные чиллеры

работают по тому же принципу, что и обычные бытовые кондиционеры. То есть из вентилятора направляется поток воздуха, который обдувает конденсатор.

Современный чиллер оснащён высококачественным, высокоэффективным, маломощным компрессором, нержавеющими высококачественными трубопроводами, встроенным внутренним теплообменником, а также и контроллером, который поддерживает работу контрольной панели и управляет чиллером по заданным алгоритмам.

Локальная система управления чиллера следит за основными параметрами жидкого теплоносителя (наличие потока, температура, давление) и при наличии ошибок выдаёт соответствующий сигнал ошибки. Он может быть задействован в автоматизированной системе управления (АСУ) устройства, составной частью которого является чиллер. АСУ при необходимости отключит основной чиллер и включит резервный. Это сохранит дорогостоящее охлаждаемое оборудование при повреждении внешних или внутренних трубопроводов, при аварийном отключении сетевого напряжения и пр.

Благодаря высокой эффективности, компактным размерам, эстетич-

ному виду, простоте в эксплуатации и техническом обслуживании современные чиллеры широко применяются при производстве изделий из пластмасс, в гальванических установках, при производстве продуктов питания, в системах кондиционирования воздуха и, конечно же, в лазерных технологиях.

В лазерных системах чиллеры применяются для охлаждения зеркал, линз, оптоволокон, рабочей смеси газовых лазеров и пр. Достаточно широко на современном рынке представлены водяные чиллеры, типов PH-LW и XC. Функциональная схема, где задействованы данные чиллеры будет приведена ниже. Внешний вид чиллера типа PH-LW16-BSP представлен на рис. 1. Внешний вид промышленного, более мощного чиллера типа XC-05ACI представлен на рис. 2. Основные технические характеристики выше указанных чиллеров представлены в табл. 1.

Система термостабилизации с одним чиллером (одноконтурная схема) наружной установки – одна из самых распространённых и достаточно простых систем. В эту систему хорошо встраивается чиллер. PH-LW16. В качестве теплоносителя в системе, как правило, используется вода, в отдельных случаях возможно применение теплоносителей с низкими температурами замерзания (раствор этиленгликоля, рассолы и т.д.). Циркуляция теплоносителя в системе осуществляется с помощью насоса чиллера. Внутренний расширительный бак чиллера служит как для предотвращения гидравлических ударов при работе насоса, так и для компенсации изменения объёма теплоносителя вследствие изменения его температуры.

Например, в лазерной технике, в одноконтурной гидравлической схеме, применение чиллера серии PH-LW16 позволяет отказаться от использования проточной воды для охлаждения оборудования, входящего в лазерную систему. Данный чиллер не просто охлаждает составные части лазерной системы – он поддерживает температуру на заранее заданном уровне, что очень важно, например, для лазеров с диодной накачкой (при неконтролиру-



Рис. 1. Внешний вид чиллера типа PH-LW16-BSP



Рис. 2. Внешний вид чиллера типа XC-05ACI

емом охлаждении длина волны накачки может измениться, существенно снизив эффективность лазера). В чиллере PH-LW16-BSP во внутреннем расширительном баке с дистиллятом вмонтирован датчик температуры. Внутренний контроллер чиллера управляет насосом, прокачивающим воду в контуре, компрессором и системой воздухообдува. То есть все необходимые элементы для организации одноконтурной гидравлической схемы в чиллере имеются. В качестве хладагента используется фреон R22, не разрушающий озоновый слой и одобренный в странах ЕС. Чиллер способен поддерживать температуру на заданном уровне даже при температуре окружающей среды на 10°C выше температуры воды в лазерной установке.

Рассмотрим применение чиллеров PH-LW16 в 3-контурной системе охлаждения и термостабилизации с теплообменником (далее система термостабилизации). Функциональная схема системы термостабилизации, управляемой двухканальным терморегулятором, представлена на рис. 3.

Востребованность в системах нагрева и охлаждения двух- (и более) контурных теплообменников объясняется, прежде всего, их хорошей эффективностью и надёжностью работы в различных условиях, особенно там, где нужен большой теплосъём. Самая простая конструкция двухконтурного теплообменника – это «труба в трубе».

Таблица 1. Технические характеристики чиллеров PH-LW16-BSP и XC-05ACI

Характеристика		Значение	
		PH-LW16-BSP	XC-05ACI
Мощность охлаждения	кВт	1,6	14
	БТЕ/ч	5024	–
	Ккал/ч	1376	–
Электропитание		220 В, 50 Гц	380 В, 50 Гц
Система		Полностью закрытая система (спирального типа)	Полностью закрытая система (спирального типа)
Тип хладагента		R22,	R407
Мощность компрессора, кВт		0,5	4,4
Номинальная мощность вентилятора, Вт		36	500
Объём водяного бака, л		8,5	88
Вход и выход воды		DN15(1/2")	1"
Слив		DN15(1/2")	1"
Мощность насоса, Вт		550	750
Переключатель потока		Рабочий поток: $\geq 3,5$ л/мин, Выключенный поток: $\leq 2,0$ л/мин, Максимальный ток: ≤ 3 А	–
Вес нетто, кг		69	240
Размер, мм		424 × 524 × 765	1100 × 700 × 1400
Шум, дБА		52	–

турного теплообменника – это «труба в трубе».

Гидравлическая схема системы состоит из трёх гидравлически развязанных, независимых контуров А, Б и В. В контур А входят чиллер Ч1 и внутренний контур теплообменника ТК1. В контур Б входят чиллер Ч2 и внутренний контур теплообменника ТК2. В контур В входят насос Н1, охлаждаемый элемент Л1

(например, лазер или элемент лазерной системы), расширительный бак РБ1 и внешний контур теплообменника ТК3. Расширительный бак РБ1 – открытого типа. Расширительный бак служит как для предотвращения гидравлических ударов при работе насоса, так и для компенсации изменения объёма теплоносителя вследствие изменения его температуры. Верхнюю часть бака

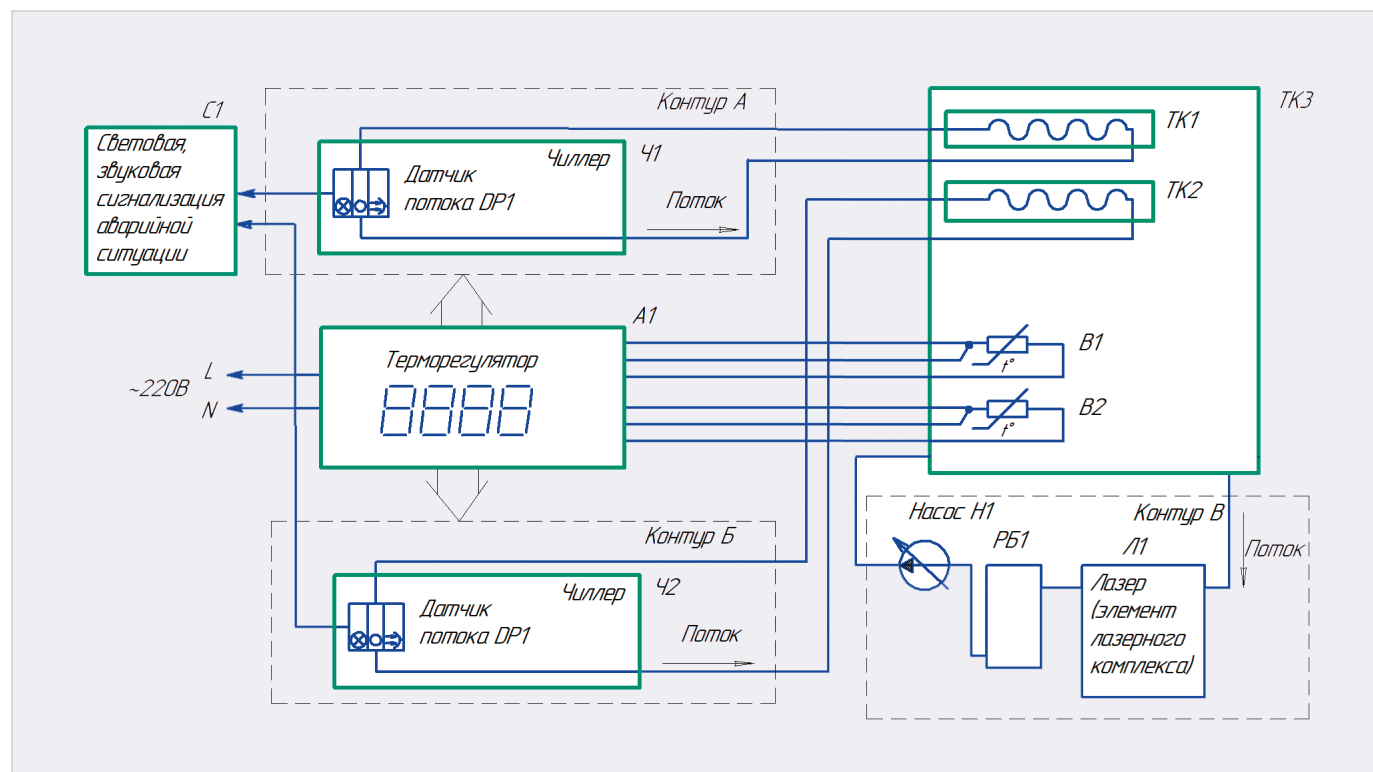


Рис. 3. Функциональная схема системы термостабилизации

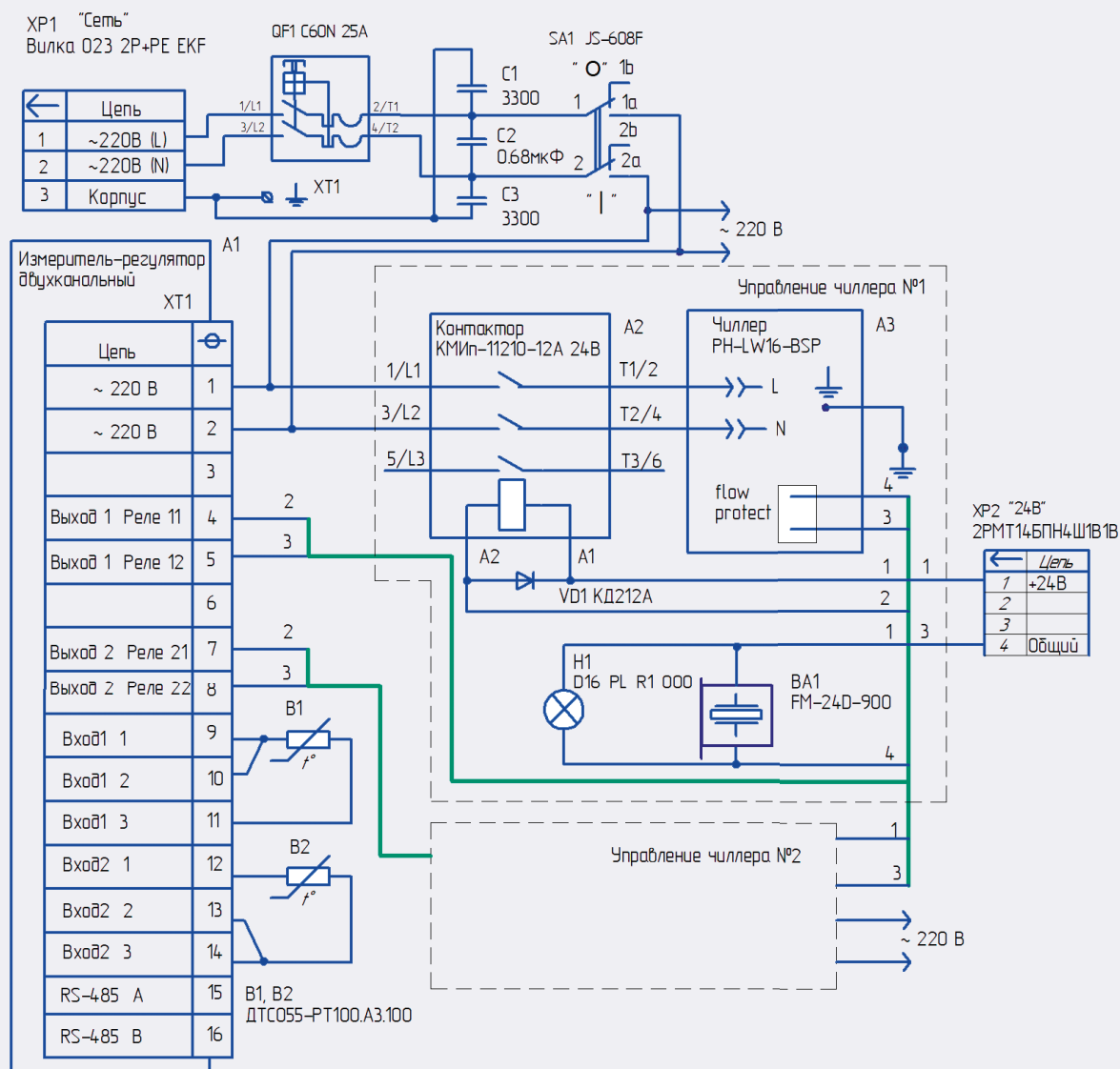


Рис. 4. Принципиальная схема системы термостабилизации

прикрывает негерметичная крышка. Она препятствует попаданию в теплоноситель мусора и пыли. По причине негерметичности давление в расширительном бачке открытого типа всегда равно атмосферному. Для лучшего теплосъёма целесообразно, чтобы направления потоков во внутренних и внешнем контурах теплообменника были противоположны. Расход жидкости в контуре В задаётся насосом Н1. Контур в теплообменнике должны быть герметичным. Попадание теплоносителей в смежные полости не допускается.

Принципиальная схема системы термостабилизации на базе двухканального терморегулятора (измерителя-регулятора) ТРМ202-Щ1.РР (далее ТРМ202) представлена на рис. 4. На схеме приведено только управление чиллером №1 по каналу №1 терморегулятора. Управ-

ление чиллером №2 по каналу №2 терморегулятора происходит совершенно аналогично и на принципиальной схеме не показано.

Фотография лицевой панели терморегулятора ТРМ202 представлена на рис. 5. ТРМ202 имеет два универсальных входа для подключения измерительных датчиков, термопреобразователей сопротивления типа ТСМ или ТСР 50/100, Pt100 и др. Данный терморегулятор имеет два логических устройства (ЛУ1 и ЛУ2), для каждого из которых пользователь может задавать следующую входную величину:

- измеренное значение на входе 1;
- измеренное значение на входе 2;
- разность значений с 1-го и 2-го входов.

Каждое логическое устройство может работать в одном из трёх режимов:

- двухпозиционный регулятор (компаратор, устройство сравнения);
- аналоговый П-регулятор;
- измеритель-регистратор.

Кроме того, в режиме двухпозиционного регулирования ЛУ может работать по одному из нижеприведенных типов логики:

- тип логики 1 (обратное управление) применяется для управления работой нагревателя (например, ТЭНа или тепловой пушки);
- тип логики 2 (прямое управление) применяется для работы охладителя (чиллера или вентилятора);
- тип логики 3 (П-образная) применяется для сигнализации о том, что контролируемая величина находится в заданном диапазоне;
- тип логики 3 (U-образная) применяется для сигнализации о том, что контролируемая вели-

чина находится вне заданного диапазона.

Логика работы ЛУ типа 2 представлена на рис. 6.

Источник входной величины задаётся в параметре ILU1 (ILU2) в меню Luin:

- Ru1 – величина с входа 1 (T1);
- PV2 – величина с входа 2 (T2);
- dPV – разность входных величин, $\Delta T = T1 - T2$.

ЛУ1, ЛУ2 работают независимо друг от друга, поэтому прибор может работать как трёхпозиционный регулятор. Для этого на вход каждого из ЛУ следует подать один и тот же сигнал: T1, T2 или ΔT .

На принципиальной схеме (см. рис. 4) датчики температуры B1, B2 подключаются непосредственно к ТРМ202. К входу 1 (первому каналу) подключён датчик температуры B1. Он контролирует текущую температуру T во внешнем контуре теплообменника ТК3. Tус1 – уставка, заданная для первого канала. К входу 2 (второму каналу) подключён датчик температуры B2. Он тоже контролирует текущую температуру T внешнего контура теплообменника ТК3. Tус2 – уставка, заданная для второго канала. Зададим $Tус2 > Tус1$. Если $T > Tус1$, то включится чиллер Ч1. Если теплосъём с лазера большой, то текущая температура T во внешнем контуре теплообменника ТК3 будет возрастать, и при $T > Tус2$ включится чиллер Ч2. В общем случае число внутренних контуров в теплообменнике можно обозначить как N. Понятно, что для их управления при реализации вышеуказанной схемы гидросхемы необходимо задействовать двухканальные терморегуляторы в количестве N/2.

Терморегулятор позволяет реализовать различные, достаточно гиб-



Рис. 5. Лицевая панель терморегулятора ТРМ202

кие алгоритмы работы систем термостабилизации с теплообменником. Например, включение чиллера по заданной разнице температур во внутреннем и внешнем контуре теплообменника. Пусть к входу 1 терморегулятора подключён датчик температуры B2. Он контролирует текущую температуру T1 внутреннего контура теплообменника ТК1. К входу 2 подключён датчик температуры B1. Он контролирует текущую температуру T2 внешнего контура теплообменника ТК3. Задаём режим работы для ЛУ1 – контроль разности температур $\Delta T = T2 - T1$. А также тип логики – 2. При работе лазера поднимается температура теплоносителя в контуре В и внешнем контуре теплообменника ТК3. Как только разность температур ΔT превысит заданную уставку, терморегулятор включит контактор и соответственно чиллер Ч1.

Если режим работы лазера – кратковременный и теплосъём с него – небольшой, то разность температур ΔT может не превысить уставку. Включать чиллер в данном случае нет необходимости. Для включения резервного чиллера система управ-

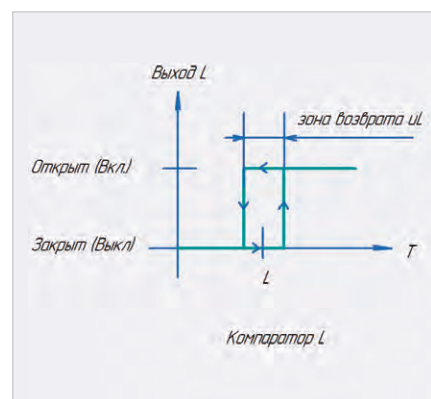


Рис. 6. Логика работы типа 2 («холодильник»)

ления изделия кроме текущей температуры должна контролировать сигнал с датчика потока основного чиллера.

Датчики температуры B1, B2 подключаются к терморегулятору А2 по трёхпроводной схеме. Контакт А2 управляет чиллером А3 (см. рис. 4). Тип логики работы для каждого канала терморегулятора, а также его уставка задаются в режиме конфигурации. Все заданные параметры терморегулятора ТРМ202 и чиллеров PH-LW16 и XC-05AC1 при отключении сетевого напряжения – сохраняются.

Сетевое напряжение поступает на соединитель ХР1 устройства. Напряжение 24 В поступает на соединитель ХР2. Лампа Н1 и пьезоизлучатель ВА1 – элементы световой и звуковой сигнализации отсутствия потока теплоносителя в контуре А.

Литература

1. URL: <http://www.contravt.ru>.
2. URL: <http://www.owen.ru>
3. ГОСТ 13211-80 Охладители кожухотрубчатые водомасляные и водо-водяные дизелей и газовых двигателей.



НОВОСТИ МИРА

Россия вышла на второе место по темпам подключения видеокамер

Россия вышла на второе место в мире по темпам подключения камер для видеонаблюдения по итогам первого полугодия 2021. Число камер в стране выросло более чем на 10,1%. Впереди – Южная Корея (почти на 30%), на третьем месте – Великобритания (на 10%). Об этом сообщается в отчёте TelecomDaily по состоянию рынка видеонаблюдения в мире в рамках своего глобального исследования по видеоаналитике.



За первые шесть месяцев в РФ подключили 1 млн 381 тыс. камер, их общее число достигло 15 млн 117 тыс. Для сравнения, у Китая, который лидирует по количеству камер – 204 млн 700 тыс. штук на конец июня, у США – 54 млн 800 тыс. При этом Россия удержива-

ет уверенное третье место по этому показателю: идущая на четвёртом месте Германия уступает в 2,7 раза (5 млн 600 тыс. камер).

Как следует из предыдущего отчёта по итогам 2020-го, Россия также находится на третьем месте по количеству камер на 1000 человек, а индекс безопасности в стране выше, чем в США или во Франции.

Аналитики не сомневаются в том, что темпы подключения видеокамер в РФ будут расти. На это влияют не только запущенные госпрограммы, но и недостаточный уровень покрытия территорий.

<https://iot.ru>

Устройство охраны с программируемыми интервалами работы

Сергей Шишкин (г. Саров)

В статье представлено описание устройства охраны, в котором два независимых модуля охраны управляются платой контроллера. Время постановки и снятия с охраны каждого модуля программируется.

Предлагаемое устройство состоит из трёх функциональных узлов: платы контроллера (далее – контроллер) и двух модулей охраны (№1 и №2). Данные модули идентичны по схеме, конструкции и алгоритму работы. Схема подключения составных частей устройства приведена на рисунке 1. Принципиальная схема контроллера представлена на рисунке 2. Принципиальная схема модуля охраны № 1 представлена на рисунке 3.

Интерфейс устройства включает в себя элементы контроля и управления контроллера: индикаторы DV-16232 FBLY-H/R; кнопки S1...S5 и светодиоды HL1; тумблеры SA1 и индикаторы HL1...HL9. Контроллер управляет двумя модулями охраны № 1 и № 2.

Алгоритмом работы контроллера предусмотрены следующие функции: счёт времени, индикация текущего времени в 24-часовом формате в режиме часы-минуты-секунды, установка текущего времени и его корректировка, установка четырёх интервалов времени, в которых модули охраны № 1 и № 2 управляются в соответствии с заранее запрограммированным алгоритмом. В контроллере имеется четыре независимых канала управления (сигналы «Охрана 1», «Снять охр. 1», «Охрана 2», «Снять охр. 2»).

При инициализации в выходной регистр DD2 (во все каналы) загружается лог. 1. Далее пользователь устанавливает нужную конфигурацию. Окончание любого интервала является началом следующего. Границы интервалов в рамках 24-часового формата также программируются. Проще говоря, в устройстве можно запрограммировать 3 будильника, в момент включения которых модули охраны № 1 и № 2 устанавливаются под охрану либо снимаются с охраны.

Время включения каждого будильника может быть установлено в 24-часовом формате в режиме часы-минуты. То есть можно в данном формате установить любое время каждого будильника или

границы трёх интервалов. Например, интервал № 1 – 00:00...6:00; интервал № 2 – 6:00...12:00; интервал № 3 – 12:00...24:00.

На дисплее ЖК-индикатора HG1 можно одновременно наблюдать текущее время и границы одного из трёх интервалов (начало интервала и его окончание), а также состояние модулей охраны в данном интервале. Если текущее время совпало с началом какого-либо интервала, то на 60 с включается звуковая сигнализация с частотой повторения 2 Гц и в регистр DD2 загружается байт управления для модулей охраны № 1 и № 2 для данного интервала.

Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (P) – выбор режима работы устройства в замкнутом цикле («интервал 1», «интервал 2», «интервал 3»); после подачи питания устройство сразу переходит в режим «интервал 1»; каждое нажатие данной кнопки переводит устройство в следующий режим; ре-

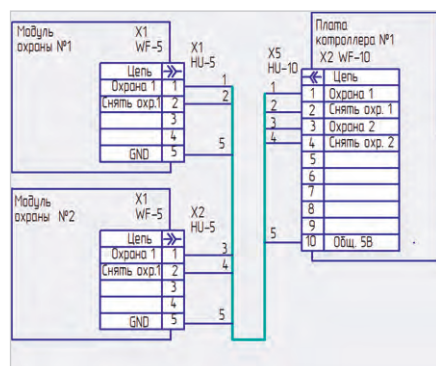


Рис. 1. Схема подключения составных частей устройства

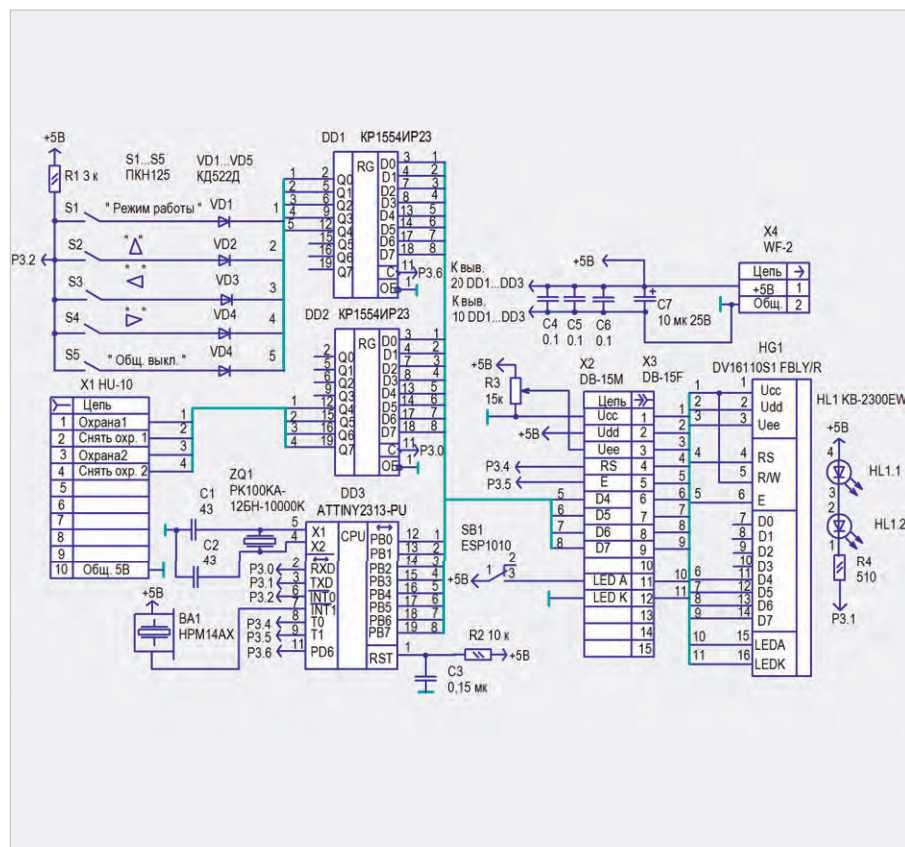


Рис. 2. Принципиальная схема контроллера

- жимы работ переключаются в порядке возрастания; после «интервал 3» следует «интервал 1»;
- S2 (▲) – увеличение на единицу (инкремент) значения каждого разряда при установке текущего времени часов и временных интервалов, а также принудительное выключение звукового и светового сигнала в начале каждого интервала. Инкремент происходит в разрядах временных значений. В разрядах отображения состояния модулей охраны происходит изменение состояния – лог. 1 в лог. 0 и наоборот;
- S3 (◀) – выбор разряда в индикаторе HG1; при установке значений во всех вышеуказанных режимах у выбранного разряда устанавливается курсор; при каждом нажатии на данную кнопку курсор сдвигается справа налево на один разряд;
- S4 (▶) – выбор разряда в индикаторе HG1; при установке значений во всех вышеуказанных режимах у выбранного разряда устанавливается курсор; при каждом нажатии на данную кнопку курсор сдвигается слева направо на один разряд;
- S5 (Общ. выкл.) – кнопка снятия с охраны всех подключённых к контроллеру модулей охраны.

- 1 разряд отображает десятки часов текущего времени;
- 2 разряд отображает единицы часов текущего времени;
- 3 разряд отображает символ «:» с периодом включения 1 с во всех режимах; во время корректировки или установки текущего времени символ «:» включён постоянно;
- 4 разряд отображает десятки минут текущего времени;
- 5 разряд отображает единицы минут текущего времени;
- 6 разряд отображает символ «.» с периодом включения 1 с во всех режимах; во время корректировки или установки текущего времени символ «.» включён постоянно;
- 7 разряд отображает десятки секунд текущего времени;
- 8 разряд отображает единицы секунд текущего времени;
- 9, 10, 11, 12 разряды отображают пробел:

- 1 разряд отображает текущий режим работы устройства; если устройство работает в режиме «интервал 1», в данном разряде индицируется «1»; «интервал 2» – «2»; «интервал 3» – «3»;
- 2 разряд отображает пробел;
- 3...7 разряды отображают в часах-минутах через символ «:» начало интервала в отображаемом режиме работы устройства;
- 8 разряд отображает пробел;
- 9...13 разряды отображают в часах-минутах через символ «:» конец интервала в отображаемом режиме работы устройства;
- 14 разряд отображает пробел;
- 15 разряд отображает флаг RAZ, разрешающий управление модулями охраны во всех запрограммированных интервалах;
- 16 разряд отображает курсор (во всех режимах сразу после подачи напряжения питания).

Разряды 1-й строки индикатора HG1	Разряды 13, 14		Разряды 15, 16	
Состояние разрядов	00	11	00	11
Модуль охраны № 1	Охрана	Снят с охраны	–	–
Модуль охраны № 2	–	–	Охрана	Снят с охраны

После подачи питания устройство переходит в режим «интервал 1» (в первом разряде второй строки дисплея индицируется «1»). Только в данном режиме устанавливается или корректируется текущее время. Для этого необходимо кнопками S3 или S4 подвести курсор к изменяемым разрядам текущего времени и кнопкой S2 изменить значение разряда. Для установки начального и конечного значений интервалов необходимо проделать точно такие же операции. Текущее время и флаг RAZ отображается во всех режимах. Для разрешения управления модулями охраны № 1, № 2 необходимо флаг RAZ (отображаемый в 15-м разряде второй строки на дисплее индикатора) установить в единицу. Для этого необходимо подвести кнопками S3 или S4 курсор к данному разряду и кнопкой S2 установить единицу. Каждое нажатие кнопки S2 в данном случае инвертирует предыдущее состояние данного разряда. Изменения режима работы (перебор программируемых интервалов времени), как уже упоминалось выше, осуществляется кнопкой S1.

Для программирования модулей охраны необходимо подвести курсор к нужному разряду и кнопкой S2 изменить его значение. Каждое нажатие кнопки S2 в данном случае инвертирует предыдущее состояние разряда: было «0» – станет «1» и наоборот. После подачи питания на устройство при инициализации во все разряды 13...16 первой строки индикатора HG1 заносится «1» (все модули охраны – сняты с охраны). В таблице приведено состояние разрядов первой строки индикатора HG1, определяющее состояние модулей охраны № 1, № 2 в любом из трёх рабочих интервалов.

Таким образом, устанавливая показания каждого разряда индикатора, можно оперативно выставить требуемое текущее время, границы интервалов и состояние модулей охраны в данных интервалах. Изменить флаг RAZ можно только в режиме «интервал 1». Границы интервалов можно перепрограммировать. Из таблицы видно, что разряды 13, 14 управляют модулями охраны № 1, а разряды 15, 16 управляют модулями охраны № 2.

Пьезоэлектрический излучатель BA1 включается с вывода 7 микроконтроллера DD3. Сигнал с выхода 3 микроконтроллера DD3 через резистор R4 периодически (с периодом 1 с) включает световую полосу HL1 в соответствии с алгоритмом работы устройства. С порта PB микроконтроллер DD3 управляет ЖК-индикатором HG1 и клавиатурой (кнопки S1...S5) через регистр DD1. Для функционирования клавиатуры также задействован вывод 6 микроконтроллера DD3. Резистор R4 – токоограничительный для световой полосы HL1. Питающее напряжение поступает на плату контроллера с соединителя X4. Конденсаторы C4...C6 фильтруют пульсации в цепи питания +5 В.

ЖК-индикатор HG1 работает в режиме 4-разрядной шины данных. Для передачи данных в ЖК-индикатор HG1 задействована старшая тетрада байта, пересылаемого микроконтроллером в порт PB1. С вывода 8 микроконтроллера DD3 поступает сигнал, информирующий индикатор о типе передаваемых данных RS (1 - данные, 2 - сигнал). С вывода 9 микроконтроллера DD3 поступает строб-сигнал, по перепаду которого из 1 в 0 осуществляется запись данных в индикатор. Читать данные из индикатора не будем, поэтому вывод 5 (R/W) подключаем к общему проводнику. С переменного резистора R3 на вывод 3 индикатора поступает напряжение, уровень которого регулирует контраст формируемого индикатором изображения.

Программное обеспечение микроконтроллера обеспечивает реализацию алгоритма работы электронных часов. Задача «часовой части» программы – формирование точных временных интервалов длительностью 1 с – решена с помощью прерываний от таймера T/C1 и счётчика на регистре R25. Счётчик на регистре R25 подсчитывает количество прерываний. Когда количество прерываний станет равным определённому значению, текущее время увеличивается на 1 с. В памяти данных микроконтроллера с адреса \$2 по \$F организован буфер отображения для вывода информации на дисплей индикатора.

Адресное пространство памяти данных контроллера разбито на следующие функциональные группы:

- \$2...\$7 – адреса, где хранится текущее время в минутах и в секундах (регистры R2...R7). Эти адреса выводятся на индикатор во всех режимах;
- \$80...\$83 – адреса, где хранится в часах и в минутах начало первого интервала (или окончание третьего интервала). Эти адреса выводятся на индикатор в режимах «интервал 1»...«интервал 3»;
- \$84...\$87 – адреса, где хранится в часах и в минутах начало второго интервала. Эти адреса выводятся на индикатор в режимах «интервал 1»...«интервал 2»;
- \$88...\$8B – адреса, где хранится в часах и в минутах начало третьего интервала. Эти адреса выводятся на индикатор в режиме «интервал 2»...«интервал 3».

Сразу после подачи питания на вывод 1 микроконтроллера DD1 через RC-цепь (резистор R2, конденсатор C3) формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD3.

Затем выполняется инициализация программы, в которой настраивается индикатор HG1. При этом происходит очистка его буфера, разрешается отображение курсора. Для уменьшения числа линий ввода, требуемых для записи информации в индикатор, размер шины устанавливается равным 4 битам. В регистр DD2 записываются сигналы уровня лог. 1. Сразу после инициализации индикатора HG1 на нём индицируется следующая информация:

```
00:00:00 1111
```

```
1 00:00 00:00 0_
```

В контроллере использованы резисторы C2-33H-0.125, подойдут любые другие с такой же мощностью рассеивания и погрешностью 5%. Резистор R3 типа СП5-2ВА. Подойдёт любой другой такого же номинала. Конденсаторы C7 типа K50-35. Остальные конденсаторы типа K10-17. Движковый переключатель SB1 для включения подсветки индикатора HG1 расположен на печатной плате устройства. Конденсаторы C4...C6 расположены у корпусов микросхем DD1...DD3 и между цепью +5 В и общим проводником. Световая полоса HL1 – KB-2300EW – красного цвета. В контроллере нет никаких настроек и регулировок, кроме регулировки контрастности индикатора HG1 переменным резистором R3, и если монтаж

выполнен правильно, то он начинает работать сразу после подачи напряжения питания. Вращением движка в переменном резисторе R3 выставляется приемлемый контраст изображения индикатора HG1.

Алгоритм работы модуля охраны № 1 следующий. Внешними (выносными) элементами по отношению к модулю охраны и ко всему устройству являются 24 концевых выключателя (S1...S24), которые позволяют контролировать состояние 24 дверей. Один концевой выключатель контролирует состояние одной двери. Если дверь закрыта, то концевой выключатель разомкнут. Пользователь (оператор, диспетчер) визуально состояние двери может проконтролировать по состоянию индикатора. Если дверь открыта, то концевой выключатель замкнут. Индикатор периодически мигает. Если дверь закрыта, то концевой выключатель разомкнут, индикатор не горит. Пусть концевой выключатель S1 установлен в двери № 1, а концевой выключатель S2 установлен в двери № 2 и т.д. Если открыта дверь № 1, то периодически мигает индикатор HL2 (если дверь № 1 закрыта, то индикатор HL2 погашен). Если открыта дверь № 2, то периодически мигает индикатор HL3 (если дверь № 1 закрыта, то индикатор HL3 погашен) и т.д. В интерфейс контроля и управления модуля охраны входят: тумблеры SA1, SA2 (см. рис. 2), индикаторы HL1...HL25. Конструктивно все вышеуказанные элементы целесообразно разместить на отдельной панели управления. Элементы интерфейса управления имеют следующее назначение:

- SA1 (Охрана) – тумблер сигнализации. При установке данного тумблера в положение «ВКЛ» устройство ставится под охрану примерно через 10 с. После установки под охрану сигнализация срабатывает примерно через 10 с после замыкания любого концевых выключателя S1...S24.
- SA2 – тумблер выключения звука. Данный переключатель функционирует только в режиме контроля состояния дверей. Тумблер SA1 должен быть установлен в положении «ВЫКЛ». При установке тумблера SA2 в положение «ВКЛ» при открытии любой двери пьезоэлектрический излучатель BA1 сразу выдаст звуковой сигнал длительностью ~ 2 с. Если данный тумблер находится в положении «ВЫКЛ», то при открытии любой двери будет периодически мигать только

соответствующий индикатор, пьезоэлектрический излучатель BA1 будет выключен.

- HL1 – индикатор активации режима охраны. Если устройство находится в режиме «охрана», то данный индикатор горит, если в режиме «контроль состояния дверей», то данный индикатор погашен.

При срабатывании сигнализации на выводе 14 микроконтроллера DD1 постоянно присутствует сигнал уровня лог. 0 (при инициализации – лог. 1). На выводе 15 присутствует сигнал с периодом ~ 2 с. и длительностью ~ 1 с. (при инициализации – лог. 1). Для выключения сигнализации необходимо тумблер SA1 платы контроллера установить в положение «ВЫКЛ».

Рассмотрим основные функциональные узлы принципиальной схемы модуля охраны, выполненного на микроконтроллере DD1, рабочая частота которого задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 МГц. К порту PD микроконтроллера DD1 подключены тумблеры SA1, SA2, индикатор HL1. К портам PB, PA, PC микроконтроллера DD1 подключены концевые выключатели S1...S24 и индикаторы HL2...HL25. Питание на данные индикаторы поступает через ключ на транзисторе VT3, который управляется с вывода 21 микроконтроллера DD1. Резисторы R6...R13, R16...R23, R24...R31 – токоограничительные для индикаторов HL2...HL25. Резистор R4 – токоограничительный для индикатора HL1. Питающее напряжение +5 В поступает на устройство с соединителя X1. Конденсатор C5 фильтрует пульсации в цепи питания +5 В. В цепи питания микроконтроллера DD1 установлен блокировочный конденсатор C2.

В алгоритме работы всего устройства можно выделить два режима: режим контроля состояния дверей и режим охраны. Алгоритм работы в режиме контроля состояния дверей следующий. Пусть все двери охраняемого объекта закрыты. Тумблер SA1 в положении «ВЫКЛ». Тумблер SA2 в положении «ВКЛ». После подачи питания на устройство при инициализации во все разряды портов PB, PA, PC микроконтроллера DD1 записывается лог. 1, сигнал «Исп. устр.» – уровня лог. 1, индикатор HL1 погашен. Индикаторы HL2...HL25 погашены. Концевые выключатели S1...S24 – разомкнуты. С вывода 21 микроконтроллера DD1 генерируется периодический сигнал (меандр) с пери-

одом порядка 1 с. Если открыть дверь № 1, включится концевой выключатель S5. Индикатор HL2 будет периодически мигать с периодом ~ 1 с. Пьезоэлектрический излучатель BA1 платы исполнительных устройств выдаст звуковой сигнал длительностью ~ 3 с. Если открыть дверь № 2, включится концевой выключатель S6. Индикатор HL2 будет периодически мигать с периодом ~ 1 с. Пьезоэлектрический излучатель BA1 выдаст звуковой сигнал длительностью ~ 2 с. и т. д. Если установить тумблер SA2 в положение «ВКЛ», то при замыкании любого концевых выключателя (при открывании любой двери) будет только мигать соответствующий индикатор.

Рассмотрим работу в режиме охраны. Пусть все двери охраняемого объекта закрыты. Тумблер SA1 установлен в положении «ВЫКЛ». Устройство переходит в режим охраны через ~ 10 секунд с момента установки тумблера SA1 в положение «ВКЛ». За это время необходимо закрыть все двери и покинуть охраняемый объект. Понятно, что если периметр охраняемого объекта достаточно большой и за 10 секунд невозможно закрыть все двери, то все двери необходимо закрыть до постановки объекта под охрану. Если в режиме охраны включится любой из концевых выключателей S1...S24 (будет открыта любая дверь), при этом на соответствующем выводе портов PB, PA, PC микроконтроллера DD1 будет присутствовать сигнал уровня лог. 0, то через ~ 10 с. включится звуковая сигнализация. При этом на выводе 14 микроконтроллера DD1 установит уровень лог. 0. Если на охраняемый объект проникает «свой», то ему необходимо за 10 секунд установить тумблер SA1 в положение «ВЫКЛ», иначе сработает сигнализация. Понятно, что доступ к тумблеру SA1 платы контроллера и тумблерам SA1, SA2 платы исполнительных устройств должен быть ограничен. Сигнализация включится и в том случае, когда любой из концевых выключателей S1...S24 включится на короткое время (например, если открыть и тут же закрыть дверь). Выходной сигнал «Исполнит. уст.» можно использовать для замыкания цепей управления или питания различных исполнительных устройств, например, для механизма блокировки дверей или для включения сирены (ревуна).

Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 0,4 кбайт памяти.

ти программ микроконтроллера DD1. Разобравшись в программе, можно заменить установленные программно параметры устройства: период мигания индикатора HL1, длительность звукового сигнала пьезоэлектрического излучателя ВА1 в режиме контроля состояния дверей, время постановки устройства под охрану, а также время задержки на включение сигнализации.

Рассмотрим теперь алгоритм работы модуля охраны № 1 с контроллером. Устройства подключены в соответствии со схемой подключения (см. рис. 1). Тумблер SA1 модуля охраны установлен в положение «ВЫКЛ». Сразу после подачи питания сигнал с RC-цепочки (резистор R32, конденсатор C3) устанавливает прямой выход D-триггера (выв. 5 DD2) в лог. 1. Сигналы на контактах соединителя X1

«охрана 1» и «снять охр. 1» имеют уровень лог. 1. В контроллере, в разрядах 13 и 14 первой строки индикатора HG1 – значение 11 (см. табл. 1). Для постановки модуля под охрану необходимо в контроллере задать временной интервал работы, затем в разрядах 13, 14 установить 00 и далее перевести разряд RAZ в состояние 1. Сигнал «охрана 1» устанавливается в лог. 0. Этот сигнал устанавливает прямой выход D-триггера DD3 в лог. 0. С этого момента примерно через 10 секунд модуль охраны переходит в режим охраны. При этом на выводе 3 регистра DD2 в режиме охраны постоянно присутствует сигнал уровня лог. 0.

При снятии с охраны сигналы «охрана 1» и «снять охр. 1» устанавливаются в лог. 1. По фронту сигнала «снять охр. 1» выход D-триггера DD2 устанавливается

в лог. 1. Алгоритм работы модуля охраны № 2 с контроллером аналогичен.

В модуле охраны применены резисторы типа C2-33H. В качестве замены подойдут любые другие с такой же мощностью рассеивания и погрешностью 5%. Конденсатор C1 – типа K10-17a, C2, C3 – типа K50-35. Представленное устройство и его составные части не требуют никакой настройки и наладки.

Концевые выключатели можно подобрать совершенно любые под каждый конкретный случай. Это может быть кнопка типа ПКН125 или, например, влагозащищенный выключатель путевой типа ВПК2111. Пьезоэлектрический излучатель ВА1 – типа НРМ14АХ. Индикатор HL1 – АЛ307АМ красного цвета. При правильном монтаже все составные части начинают работать сразу после подачи на него напряжения питания.



НОВОСТИ МИРА

ЕВРОПЕЙСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАСТАИВАЮТ НА СЕРЬЁЗНЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИИ-СИСТЕМ

Европейский совет по защите данных (European Data Protection Board, EDPB) и Европейский надзорный орган по защите данных (European Data Protection Supervisor, EDPS) на прошлой неделе опубликовали «совместное мнение» по поводу вышедшего в апреле «Предложения о регулировании искусственного интеллекта на основе европейского подхода».

Принимая во внимание чрезвычайно высокие риски вмешательства в частную жизнь людей, связанные с удалённой биометрической идентификацией лиц в общедоступных пространствах в реальном времени, EDPB и EDPS призывают к общему запрету на любое использование ИИ для автоматического распознавания лиц, походки, отпечатков пальцев, ДНК, голоса и прочих биометрических или поведенческих признаков в общедоступных пространствах.

Также EDPB и EDPS рекомендуют запретить системы ИИ, использующие биометрические данные для классификации отдельных лиц в кластеры на основе этнической принадлежности, пола, политической или сексуальной ориентации или других оснований, дискриминация по которым запрещена законом.

EDPB и EDPS считают, что использование ИИ для определения эмоций физического лица крайне нежелательно и должно быть запрещено за исключением очень конкретных случаев, таких как некоторые медицинские цели, где важно распознавание эмоций пациента.



EDPB и EDPS подчёркивают, что существующее законодательство ЕС о защите персональных данных (в первую очередь GDPR) применимо к любой обработке персональных данных (ПД), подпадающих под сферу действия упомянутого предложения о регулировании искусственного интеллекта.

EDPB и EDPS обеспокоены исключением международного сотрудничества правоохранительных органов из сферы действия «Предложения о регулировании искусственного интеллекта на основе европейского подхода».

В обоснование правомерности совместного мнения EDPB и EDPS ссылаются на статьи 114 и 16 договора о функционировании ЕС (Treaty on the Functioning of the European Union, TFEU), устанавливающие специальные правила защиты личных данных граждан, которые ограничивают использование

ИИ-систем в реальном времени для удалённой биометрической идентификации в общественных местах в целях охраны правопорядка. EDPB и EDPS напоминают о том, что в соответствии с правовой практикой Европейского суда статья 16 договора обеспечивает надлежащую правовую основу в случаях, когда защита ПД является одной из важнейших целей или составляющих правил, принятых законодательными органами ЕС.

Предложение EDPB и EDPS строится на риск-ориентированном подходе. Однако данный подход нуждается в дальнейшем уточнении, а концепция «риска для фундаментальных прав» должна соответствовать GDPR и Регламенту ЕС 2018/1725 (EUDPR), поскольку в дело вступают аспекты, относящиеся к защите ПД, сказано в документе.

industry-hunter.com

КУРС НА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ



ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ ADVANTIX «БРУСНИКА» НА БАЗЕ ЦПУ «ЭЛЬБРУС»

РАЗРАБОТАНО И СДЕЛАНО В РОССИИ

- ✓ Разработано и произведено в России
- ✓ Отечественные процессоры «Эльбрус»
- ✓ Безвентиляторное исполнение
- ✓ Для критической инфраструктуры
- ✓ Фиксация кабеля питания
- ✓ Корпуса для установки в 19" стойку
- ✓ Поддержка отечественных операционных систем
- ✓ Возможность заказных разработок

ProSoft®
WWW.PROSOFT.RU
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

МОСКВА (495) 234-0636 info@prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ (812) 448-0444 info@spb.prosoft.ru
АЛМА-АТА (727) 321-8324 sales@kz.prosoft.ru
ВОЛГОГРАД (8442) 391-000 volgograd@regionprof.ru
ВОРОНЕЖ (473) 229-5281 voronezh@regionprof.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ (343) 356-5111 info@prosoftsystems.ru
(912) 620-8050 ekaterinburg@regionprof.ru
КАЗАНЬ (843) 203-6020 kazan@regionprof.ru
КРАСНОДАР (861) 224-9513 krasnodar@regionprof.ru

Н. НОВГОРОД (831) 261-3484 n.novgorod@regionprof.ru
НОВОСИБИРСК (383) 335-7001 nsk@regionprof.ru
ОМСК (3812) 286-521 omsk@regionprof.ru
ПЕНЗА (8412) 49-4971 penza@regionprof.ru
ПЕРМЬ (912) 059-0757 perm@regionprof.ru
САМАРА (846) 277-9166 samara@regionprof.ru
УФА (347) 292-5216 ufa@regionprof.ru
ЧЕЛЯБИНСК (351) 239-9360 chelyabinsk@regionprof.ru



Реклама

Проектирование схем микроэлектронных устройств в Proteus с использованием внешней памяти.

Часть 1

Татьяна Колесникова (beluikluk@gmail.com)

В статье подробно описана подготовка карты памяти (форматирование и создание образа) для управления ею через микроконтроллер в Proteus. Приведены примеры моделирования схем, имитирующих подключение внешней памяти MMC (MultiMediaCard) к микроконтроллеру ATmega32, компиляция программы инициализации которого выполнена в CodeVisionAVR. Описан программный способ создания файлов, записи информации во внешнюю память, её чтения и отображения на экране терминала и буквенно-цифрового дисплея.

Введение

Карты памяти применяют в качестве носителя информации в таких устройствах, как смартфоны, цифровые фотоаппараты, видеокамеры, персональные компьютеры и др. Они подходят для расширения памяти в электронных системах и создания интерфейса обмена информацией через шину SPI, которая присутствует во многих микроконтроллерах, в частности и в микроконтроллерах AVR семейства Mega. Протокол SPI позволяет вести обмен данными на высокой скорости, задействовав при этом минимальное количество выводов микроконтроллера.

При проектировании устройства обмена информацией с картой памяти работающего под управлением микроконтроллера AVR написание программы инициализации и её компиляцию удобно выполнить с помощью CodeVisionAVR 3.12 (интегрированной среды разработки программного обеспечения для микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel, которая имеет в своём составе компилятор языка C для AVR). CodeVisionAVR поддерживает все базовые конструкции языка C, которые используются при написании программ (алфавит, константы, идентификаторы, ком-

ментарии) и разрешены архитектуры AVR, с некоторыми добавленными характеристиками, реализующими преимущество специфики архитектуры AVR. Используя специальные директивы, в любом месте программы можно включить ассемблерный код. В CodeVisionAVR имеется набор команд управления буквенно-цифровыми и графическими дисплеями, а также библиотеки функций работы с файлами. Программные средства позволяют напрямую обращаться к регистрам микроконтроллера и управлять состоянием линий портов.

Проектирование схемы электрической принципиальной в Proteus

Для проектирования устройства обмена данными и моделирования его работы удобно использовать программную среду Proteus, библиотека компонентов которой содержит как аналоговые, так и цифровые компоненты, а также устройства вывода информации и микроконтроллеры с возможностью их программирования.

Если написание программного кода управления электронной системой предполагается выполнить в CodeVisionAVR, то проект схемы электрической принципиальной, в котором присутствует карта памяти, буквенно-цифровой дисплей, терминал и микроконтроллер создают без использования мастера – при помощи кнопки ISIS (Schematic Capture) верхней панели инструментов Proteus (см. рис. 1). В результате будет открыта новая вкладка «Schematic Capture», в рабочем поле которой и будет выполняться разработка схемы. В нашем примере вывод считанной с карты памяти информации (содержимого текстового файла) выполним на экран терминала и буквенно-цифрового дисплея, для чего добавим эти устройства в рабочую область схемного редактора.

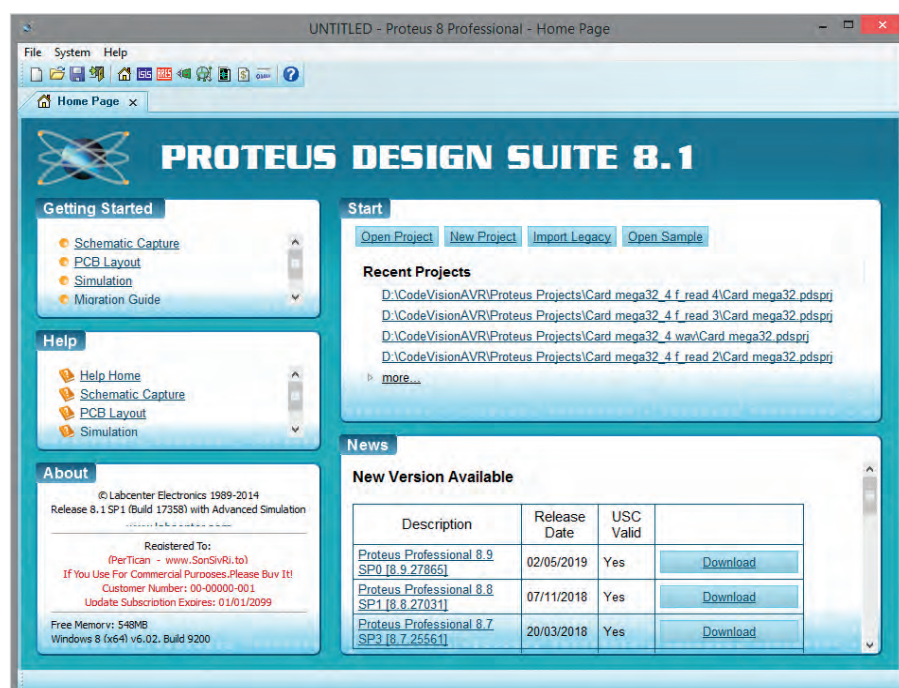


Рис. 1. Стартовое окно программы Proteus

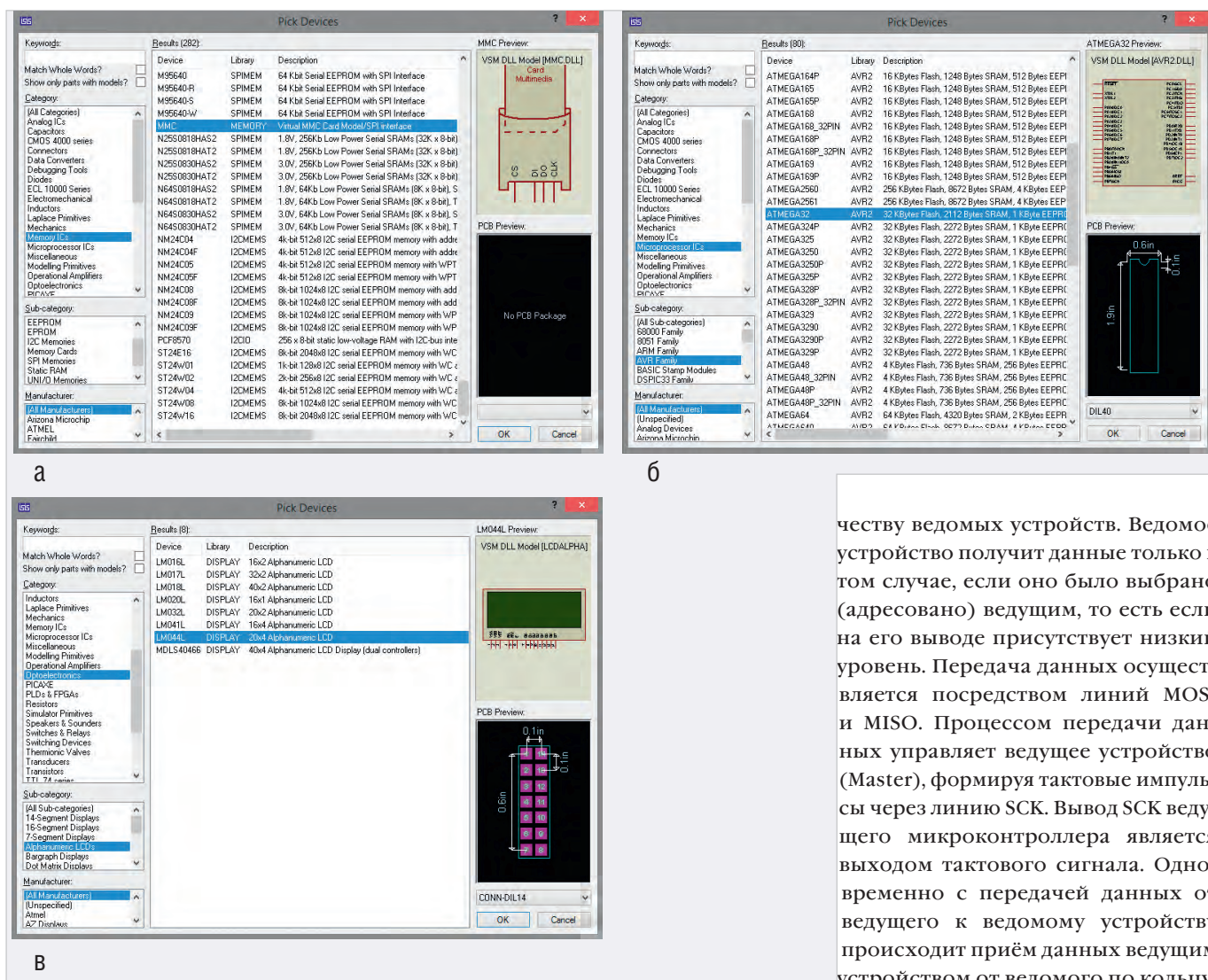


Рис. 2. Раздел: Memory Cards библиотеки Memory ICs (а), AVR Family библиотеки Microprocessor ICs (б), Alphanumeric LCDs библиотеки Optoelectronics (в)

В Proteus внешний накопитель представлен картой формата MMC, которая находится в разделе «Memory Cards» библиотеки «Memory ICs» (см. рис. 2а). Выводы карты MMC имеют следующее назначение: CS – выбор карты, DI – вход данных для записи в карту, DO – выход данных для чтения из карты, CLK – синхронимпульсы шины SPI.

Рассмотрим работу с картой памяти на примере её подключения к 8-битному микроконтроллеру ATmega32, который имеет следующие аппаратные характеристики: Flash-память программ объёмом 32 Кбайт, ОЗУ объёмом 2 Кбайт, EEPROM-память данных объёмом 1 Кбайт, количество контактов ввода/вывода – 32, тактовая частота 0–16 МГц, два 8-битных (T0, T2) и один 16-битный таймер/счётчик, интерфейсные модули USART, SPI, TWI, 8-канальный 10-битный АЦП, интерфейс JTAG. В Proteus микросхема ATmega32 находится в разделе «AVR

Family» библиотеки «Microprocessor ICs» (см. рис. 2б).

При обмене данными по интерфейсу SPI микроконтроллер AVR может работать как ведущий (режим Master) либо как ведомый (режим Slave). Связь между устройствами осуществляется с помощью следующих линий портов ввода/вывода общего назначения микроконтроллера:

- MOSI – выход данных для ведущего или вход данных для ведомого устройства;
- MISO – вход данных для ведущего или выход данных для ведомого устройства;
- SCK – сигнал общей синхронизации интерфейса;
- SS – выбор ведомого устройства.

Ведущее устройство формирует один или несколько сигналов SS (slave select) для выбора ведомых устройств. При этом количество формируемых сигналов соответствует коли-

честву ведомых устройств. Ведомое устройство получит данные только в том случае, если оно было выбрано (адресовано) ведущим, то есть если на его выводе присутствует низкий уровень. Передача данных осуществляется посредством линий MOSI и MISO. Процессом передачи данных управляет ведущее устройство (Master), формируя тактовые импульсы через линию SCK. Вывод SCK ведущего микроконтроллера является выходом тактового сигнала. Одновременно с передачей данных от ведущего к ведомому устройству происходит приём данных ведущим устройством от ведомого по кольцу. Таким образом, за один полный цикл сдвига всех разрядов регистра происходит обмен данными между двумя устройствами.

Выбор компонентов из базы данных для последующего их размещения в рабочей области программы выполняют в окне «Pick Devices», которое открывают командой контекстного меню Place/Component/From Libraries или нажатием кнопки P на панели «DEVICES» (по умолчанию панель расположена в левой части программы и содержит список имеющихся в проекте компонентов). Открывают панель «DEVICES» нажатием кнопки «Component Mode» на левой панели инструментов редактора ISIS.

Для добавления микросхемы микроконтроллера в рабочее поле проекта в левой верхней части окна «Pick Devices» в поле «Category» щелчком левой кнопки мыши выбирают из списка библиотеку «Microprocessor ICs». Пакет «Microprocessor ICs» позволяет включать в эмуляцию смешанной схемы

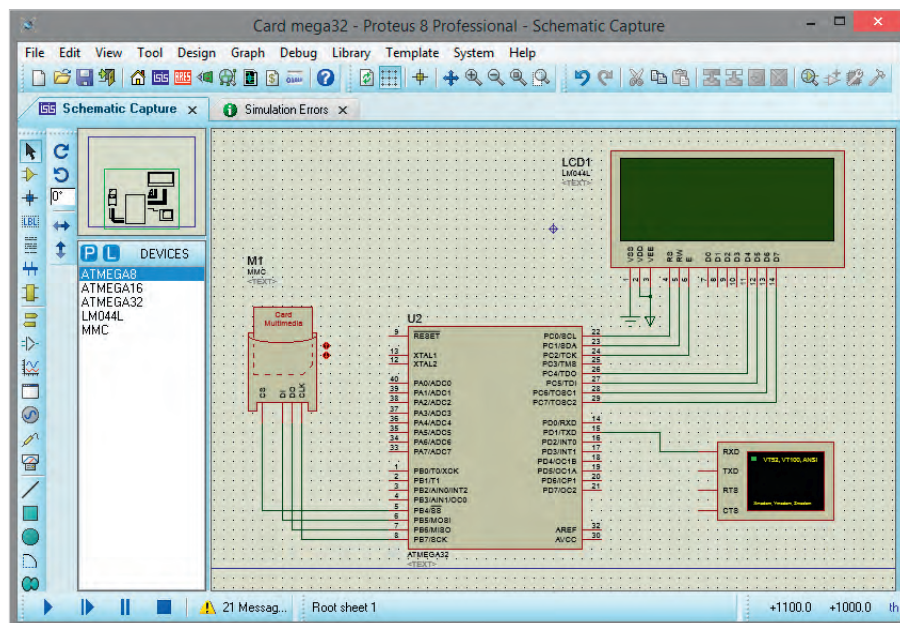


Рис. 3. Сопряжение микроконтроллера ATmega32 с картой памяти и устройствами вывода информации в рабочей области редактора ISIS программы Proteus

определённые микроконтроллеры с возможностью написания и отладки программного кода. В поле «Sub-category» таким же способом задают семейство микроконтроллеров выбранной библиотеки (в нашем примере AVR Family). Все компоненты семейства отображаются в поле «Results». В поле «Manufacturer» выбирают производителя микроконтроллера. Если производитель не имеет значения – указывают значение «All Manufacturers». Для размещения микроконтроллера на схеме нажимают на кнопку OK, после чего окно «Pick Devices» будет закрыто, а символ компонента прикреплен к курсору мыши, при помощи которого его помещают в нужное место на схеме щелчком левой кнопки мыши.

Аналогичным образом добавим в рабочее поле проекта карту памяти MMC и микросхему буквенно-цифрового дисплея LM044L, которая находится в разделе «Alphanumeric LCDs» библиотеки «Optoelectronics» (см. рис. 2в).

Микросхема LM044L имеет 14 контактов [3], назначение которых следующее:

- Vss – GND;
- Vdd – напряжение питания +5 В;
- Vee – напряжение регулировки 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 выходы D0...D7);
- 4-разрядном (для обмена информацией используются выходы D4...D7).

В представленном примере вывод данных на экран дисплея разрешением 20 символов на 4 строки выполнен в 4-разрядном режиме.

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 выходы модуля дисплея D4...D7 к выводам PC4...PC7, а выходы RS, RW и E к выводам PC0...PC2 микроконтроллера ATmega32 так, как показано на рис. 3. Выводы Vss и Vdd подключим к «земле» и напряжению +5 В соответственно. На вывод Vee подаётся напряжение контрастности (от 0 до +5В). 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. 4) строки «GROUND» и «POWER». Панель открывают нажатием кнопки «Terminals Mode» на левой панели редактора ISIS.

Выбор линий портов микроконтроллера для подключения к указанным выводам дисплея выполняется разра-

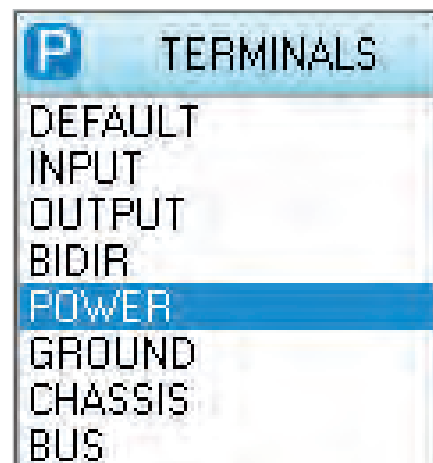


Рис. 4. Панель TERMINALS

ботчиком произвольно. В окне свойств дисплея (окно открывают двойным щелчком левой кнопки мыши после его выделения на схеме) в поле «Advanced Properties» из выпадающего списка выбирают пункт «Clock Frequency» (тактовая частота) (см. рис. 5а), значение которой должно совпадать с частотой работы микроконтроллера (в нашем примере 2 МГц).

Выводы CS, DI, DO, CLK карты памяти подсоединим к выводам PB4...PB7 микроконтроллера так, как показано на рис. 3. Для работы с картой в окне её свойств (окно открывают путём выделения левой кнопкой мыши карты на схеме, вызова правой кнопкой мыши контекстного меню и выбора в нём команды «Edit Properties») указывают следующие параметры (см. рис. 5б):

- Size of media (MB) – объём данных;
- Card Image File – путь к файлу образа карты;
- Require SPI init sequence – необходимость инициализации SPI интерфейса.

Если образ находится в одном каталоге со схемным проектом Proteus, то указывают только его имя с расширением .mmc. На схеме подключение карты в слот выполняют щелчком левой кнопки мыши по её компоненту.

В окне свойств микроконтроллера (окно открывают двойным щелчком левой кнопки мыши после его выделения на схеме) указывают путь к hex-файлу на диске компьютера (поле «Program File») и значение частоты (поле «CKSEL Fuses») – в нашем примере 2 МГц (см. рис. 5в).

Виртуальный терминал в рабочее поле проекта добавляют выбором левой кнопкой мыши на панели «INSTRUMENTS» (см. рис. 6) строки с названием «VIRTUAL TERMINAL».

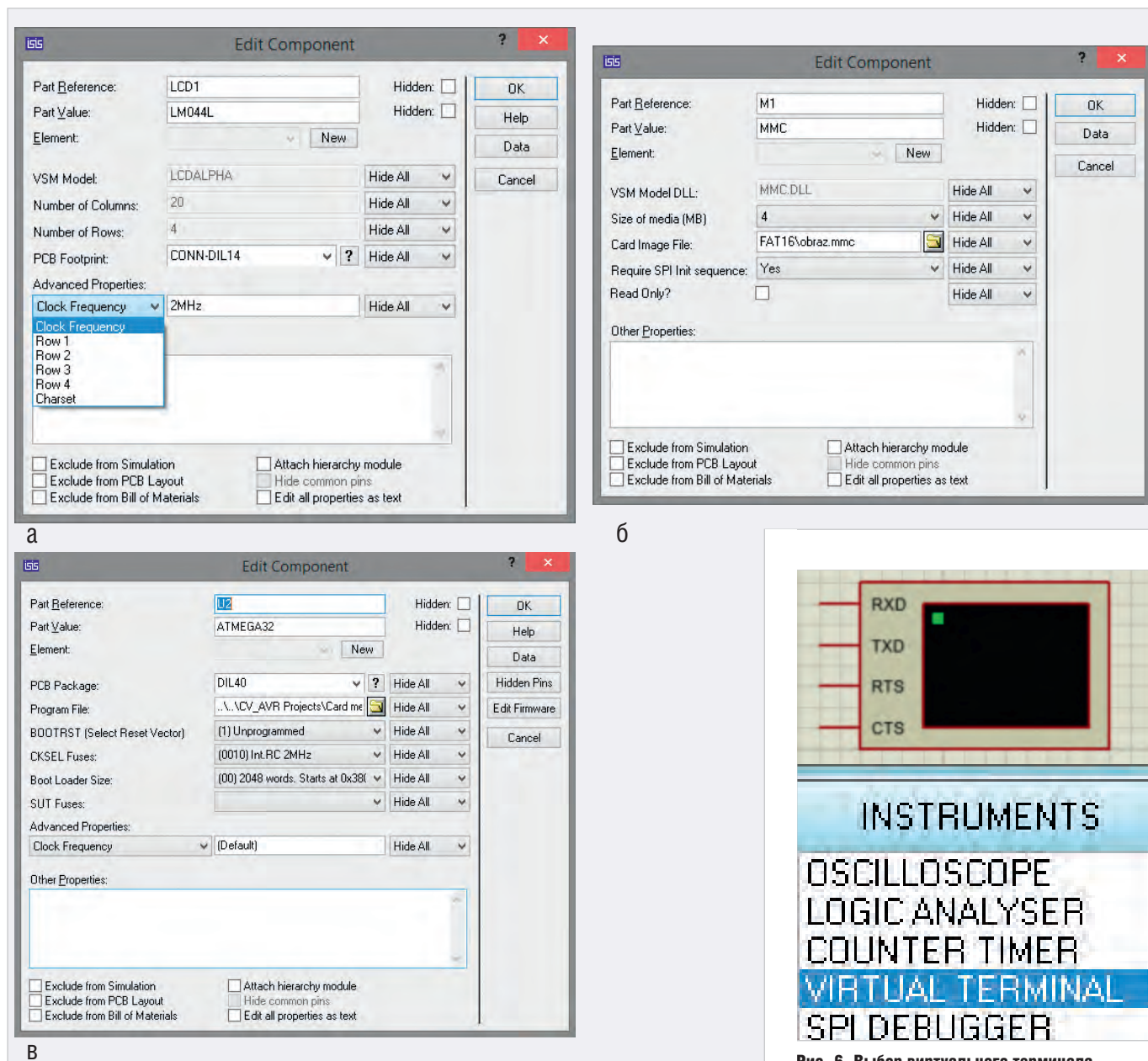


Рис. 5. Окно свойств: микросхемы LM044L (а), карты памяти (б), микроконтроллера ATmega32 (в)

Панель «INSTRUMENTS» открывают кнопкой «Instruments Mode» левой панели редактора ISIS. Передачу данных на экран терминала выполняют по интерфейсу USART. Выводы микроконтроллера, используемые модулем USART, являются линиями ввода/вывода общего назначения. В микроконтроллере ATmega32 модулем USART используются линии PD0 (RXD) – вход USART, PD1 (TXD) – выход USART, PB0 (XCK) – вход/выход внешнего тактового сигнала USART. В нашем примере подсоединим вывод TXD микроконтроллера к выводу RXD виртуального терминала для передачи данных на его экран.

По умолчанию в редакторе ISIS для отображения текста на экране терминала установлен западноевропейский

шрифт. Чтобы установить шрифт с поддержкой кириллицы (см. рис. 7), запускают симуляцию схемы, щелчком правой кнопки мыши в области открывшегося окна терминала вызывают контекстное меню и выбирают в нём пункт «Set Font». В результате откроется окно настройки шрифта, где задают шрифт (поле «Шрифт») – в нашем примере Courier New, стиль шрифта (поле «Начертание»), размер шрифта (поле «Размер») и нажимают кнопку OK.

После создания схемы, подключения всех приборов и настройки их параметров переходят к следующему этапу разработки – написанию программного кода управления устройством в CodeVisionAVR. В результате его компиляции (при

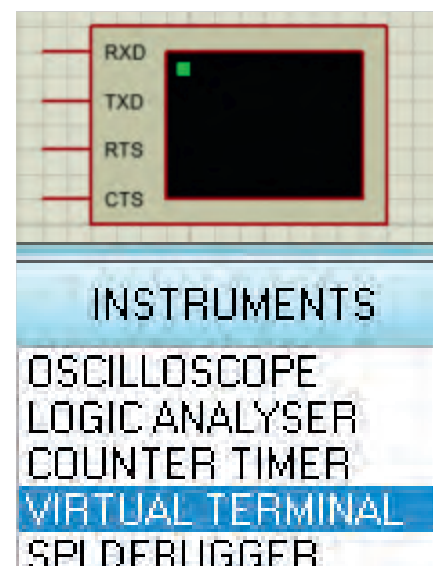


Рис. 6. Выбор виртуального терминала на панели INSTRUMENTS программы Proteus

условии отсутствия в коде ошибок) на диске компьютера будет получен hex-файл, путь к которому указывают в окне свойств микроконтроллера в Proteus.

Завершающим этапом работы в Proteus является запуск процесса моделирования схемы в редакторе ISIS, который выполняют кнопкой «Run the simulation», расположенной в левом нижнем углу окна редактора или командой основного меню «Debug/Run Simulation». Временную приостановку процесса симуляции выполняют кнопкой «Pause the simulation, or start up at time 0 if stopped» (кнопка находится в левом нижнем углу окна редактора). Останавливают моделирование кнопкой «Stop the simulation».

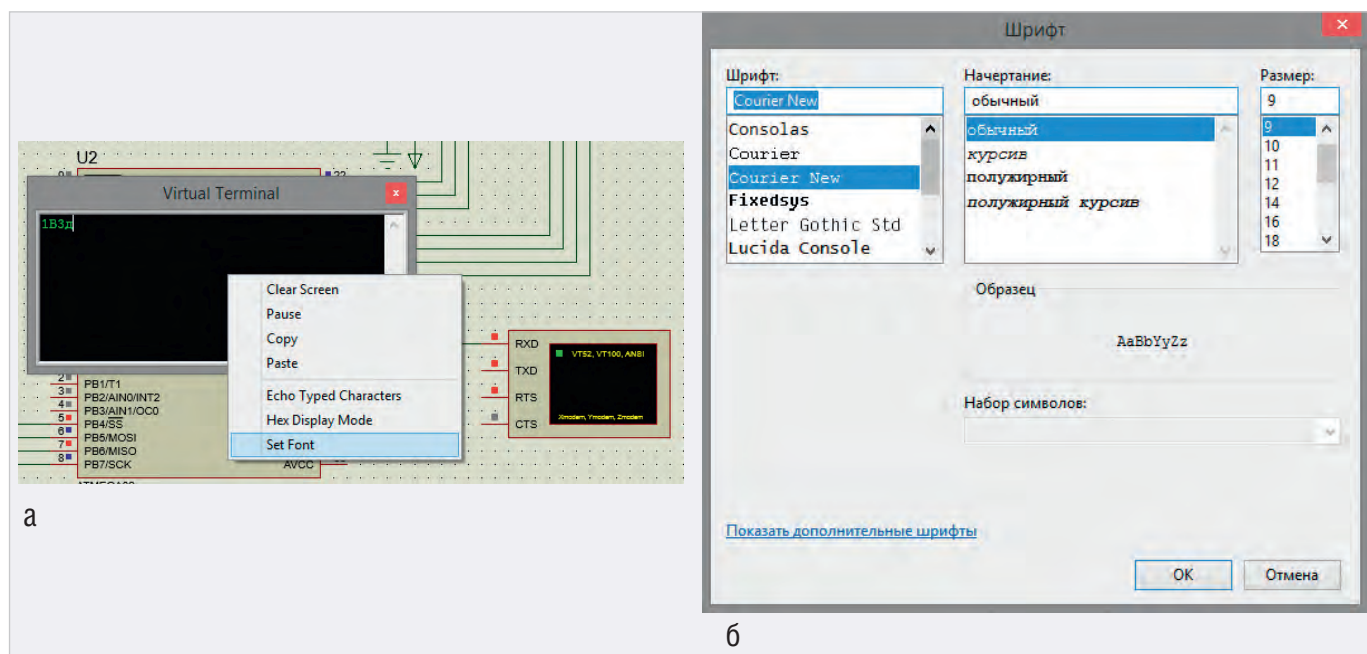


Рис. 7. Установка шрифта с поддержкой кириллицы: выбор команды Set Font в контекстном меню, открытом из области окна терминала (а), окно настройки шрифта (б)

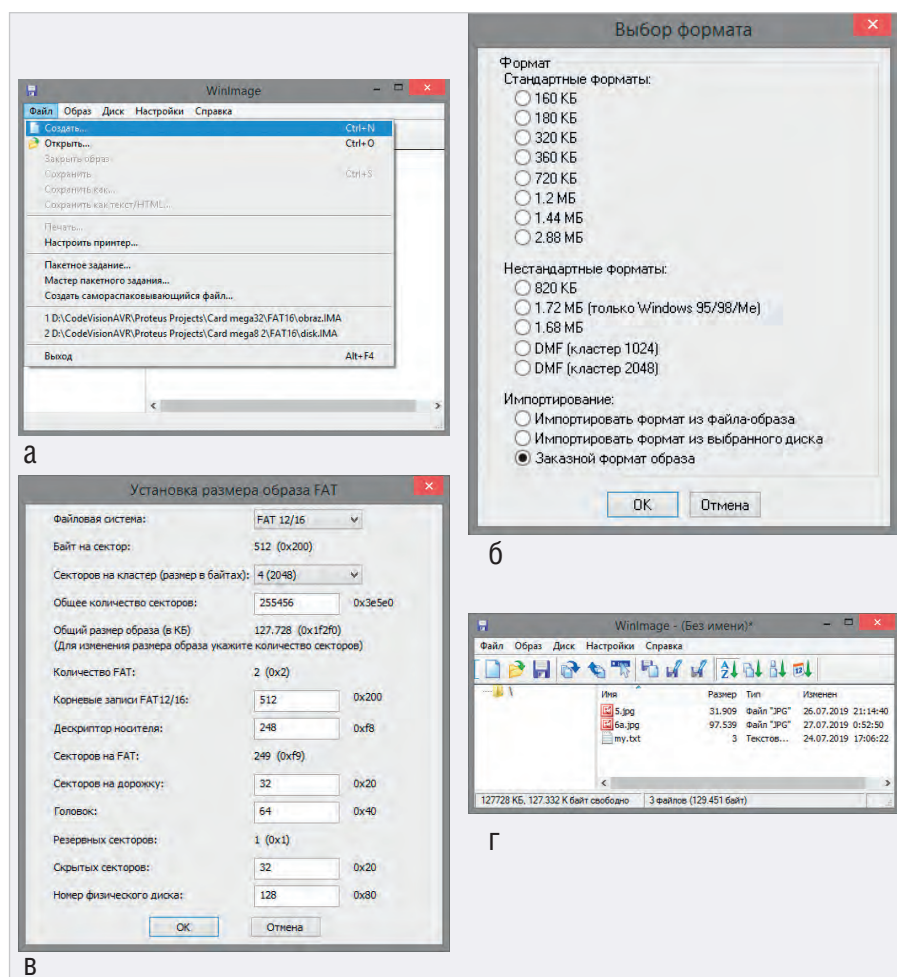


Рис. 8. Создание образа карты памяти в программе WinImage: меню «Файл» программы WinImage (а), выбор формата образа (б), выбор файловой системы и размера пространства для записи файлов (в), добавление файлов в образ (г)

Создание образа карты памяти

Для работы с картой памяти в Proteus в окне её свойств указывают

имя образа с расширением. Образ содержит информацию о файлах карты и их содержимом. Для его соз-

дания можно воспользоваться программой WinImage (в нашем примере версия 9.0), в составе которой имеются средства создания, чтения и редактирования образа диска (точной копии физического диска или его раздела, которая сохраняет его структуру) и файловой системы. С помощью WinImage можно просматривать содержание образа, извлекать необходимые файлы и добавлять новые. После запуска программы в основном меню «Файл» указывают пункт «Создать» (см. рис. 8а). В открывшемся окне «Выбор формата» в поле «Импортирование» устанавливают переключатель в позицию «Заказной формат образа» (см. рис. 8б) и нажимают кнопку ОК. Для работы с носителем информации в операционной системе (создания, чтения, редактирования файлов) его нужно отформатировать с учётом определённой файловой системы. С этой целью в следующем окне «Установка размера образа FAT» (см. рис. 8в) указывают файловую систему (поле «Файловая система») – в нашем примере это значение FAT 12/16, количество секторов на кластер (поле «Секторов на кластер (размер в байтах)») – в нашем примере это значение 4 (2048), общее количество секторов, от которого зависит размер пространства для записи файлов (поле «Общее количество секторов»), – в нашем примере это значение 255456, что соответствует размеру 127,7 Кбайт (этого достаточно для реализации нашего

примера), и нажимают на кнопку ОК. Добавление файлов в образ выполняют их перемещением левой кнопкой мыши из каталога на диске компьютера в пустое поле редактора WinImage (см. рис. 8г), в статусной строке в нижней левой части которого отображается объём свободного пространства образа в Кбайт.

Сохранение образа на диск компьютера выполняют командой «Файл / Сохранить как» основного меню WinImage, после чего редактор можно закрыть. Среди доступных для сохранения (.imz, .ima, .vfd) отсутствует расширение .mms, именно то, которое требуется для работы с картой памяти в Proteus. В таком случае образ на диск компьютера сохраняют в формате .ima, а затем изменяют его расширение на .mms в любом файловом менеджере (например, в Total Commander). Теперь, указав в Proteus в окне свойств карты памяти путь к размещённому на диске компьютера образу, загруженные в него файлы можно читать через микроконтроллер.

Для создания с помощью программы инициализации микроконтроллера файлов на карте памяти и записи в них в Proteus в поле «Card Image File» окна свойств карты путь к образу в формате .ima прописывают вручную (без использования кнопки Open). Если воспользоваться стандартным интерфейсом выбора образа, то файл с расширением .ima на диске компьютера будет не виден.

Более примитивный способ создания образа, который также имеет право на существование, заключается в создании на диске компьютера с помощью редактора Блокнот текстового файла, записи в него текстовых данных и сохранения файла с расширением .mms. В этом случае через микроконтроллер можно считать записанную текстовую информацию.

Создание программного кода в CodeVisionAVR

Формирование программного кода в CodeVisionAVR выполняют при помощи автоматического генератора CodeWizardAVR или вручную с нуля, используя синтаксис языка программирования C и функции стандартных библиотек программы. Удобство применения генератора состоит в быстром получении кода выполнения функций инициализации микроконтроллера и его портов ввода/вывода, аналого-

вого компаратора, таймеров/счётчиков, интерфейса UART и SPI, буквенно-цифровых и графических дисплеев и др. Однако в процессе работы мастера формируется достаточно объёмный код, который впоследствии приходится редактировать.

После создания командой основного меню «File/New/Project» нового проекта в CodeVisionAVR открывается окно генератора кода CodeWizardAVR, где задают параметры микроконтроллера, его внутренних ресурсов и используемых в схеме периферийных устройств. В нашем примере это тип и частота работы микроконтроллера (вкладка «Chip Settings» – см. рис. 9а), опции модуля USART (вкладка «USART Settings» – см. рис. 9б), портов ввода/вывода микроконтроллера (вкладка «Ports Settings» – см. рис. 9в), буквенно-цифрового дисплея (вкладка «Alphanumeric LCD Settings» – см. рис. 9г), интерфейса SPI (см. рис. 9д). Важно, чтобы значение тактовой частоты микроконтроллера, указанное в поле Clock вкладки «Chip Settings», совпадало со значением в поле «CKSEL Fuses» его окна свойств в Proteus (в нашем примере это 2 MHz).

На вкладке «Alphanumeric LCD Settings» задают разрешение поддержки буквенно-цифрового дисплея (поле «Enable Alphanumeric LCD Support»), тип контроллера (поле «Controller Type», в нашем примере – HD44780) и количество символов в строке (поле «Character/Line», в нашем примере – 20). В поле «Connections» настраивают параметры подключения микроконтроллера (порт и номер вывода) к микросхеме дисплея, работающего в 4-разрядном режиме – в нашем примере 0, 1 и 2 биты порта PC микроконтроллера подключены к выводам RS, RD и E дисплея, 4...7 биты порта PC микроконтроллера подключены к выводам D4...D7 дисплея. Если предполагается, что буквенно-цифровой дисплей будет работать в 8-разрядном режиме и написание кода программы управления будет вестись самостоятельно (так как стандартной библиотеки для этого режима в CodeVisionAVR нет), то поле «Connections» можно не заполнять.

На вкладке «Ports Settings» для каждого отдельного порта микроконтроллера отведена своя закладка, где в поле «Data Direction» щелчком левой кнопки мыши выбирают одно из значений

битов порта: Out (линия порта работает на вывод данных), In (приём данных). В нашем примере для битов Bit 0...Bit 7 портов Port D и Port C укажем значение Out, для бита Bit 6 порта Port B – In, для битов Bit 4, Bit 5, Bit 7 порта Port B – Out. Значения битов неиспользуемых выводов микроконтроллера не важны, поэтому их можно оставить по умолчанию.

На вкладке «USART Settings» определяют следующие параметры USART:

- Receiver – активизация приёмника USART;
- RxInterrupt – выбор режима работы приёмника путём снятия (режим опроса) или установки (режим прерывания) флажка. В режиме прерывания доступна опция «Receiver Buffer», которая определяет размер буфера приёмника;
- Transmitter – активизация передатчика USART;
- TxInterrupt – выбор режима работы передатчика путём снятия (режим опроса) или установки (режим прерывания) флажка. В режиме прерывания доступна опция «Transmitter Buffer», которая определяет размер буфера передатчика;
- Baud Rate – скорость передачи в режимах приёмника и передатчика;
- Baud Rate Error – ошибка скорости передачи (вычисляется автоматически);
- Communication Parameters – установка параметров связи (Data – количество битов данных, Stop – количество стоповых битов, Parity – чётность);
- Mode – выбор режима связи: Asynchronous (асинхронный), Sync. Master UCPOL=0 (синхронный ведущий со сброшенным битом UC POL регистра UCSRC), Sync. Master UC POL=1 (синхронный ведущий с установленным битом UC POL регистра UCSRC), Sync. Slave UC POL=0 (синхронный ведомый со сброшенным битом UC POL регистра UCSRC), Sync. Slave UC POL=1 (синхронный ведомый с установленным битом UC POL регистра UCSRC).

На вкладке SPI Settings определяют следующие параметры SPI:

- SPI Enabled – активизация работы SPI-интерфейса;
- SPI Interrupt – разрешение прерывания от SPI-интерфейса;
- Clock Rate x2 – удвоение тактовой частоты SPI-интерфейса;
- SPI Mode – режим работы SPI;

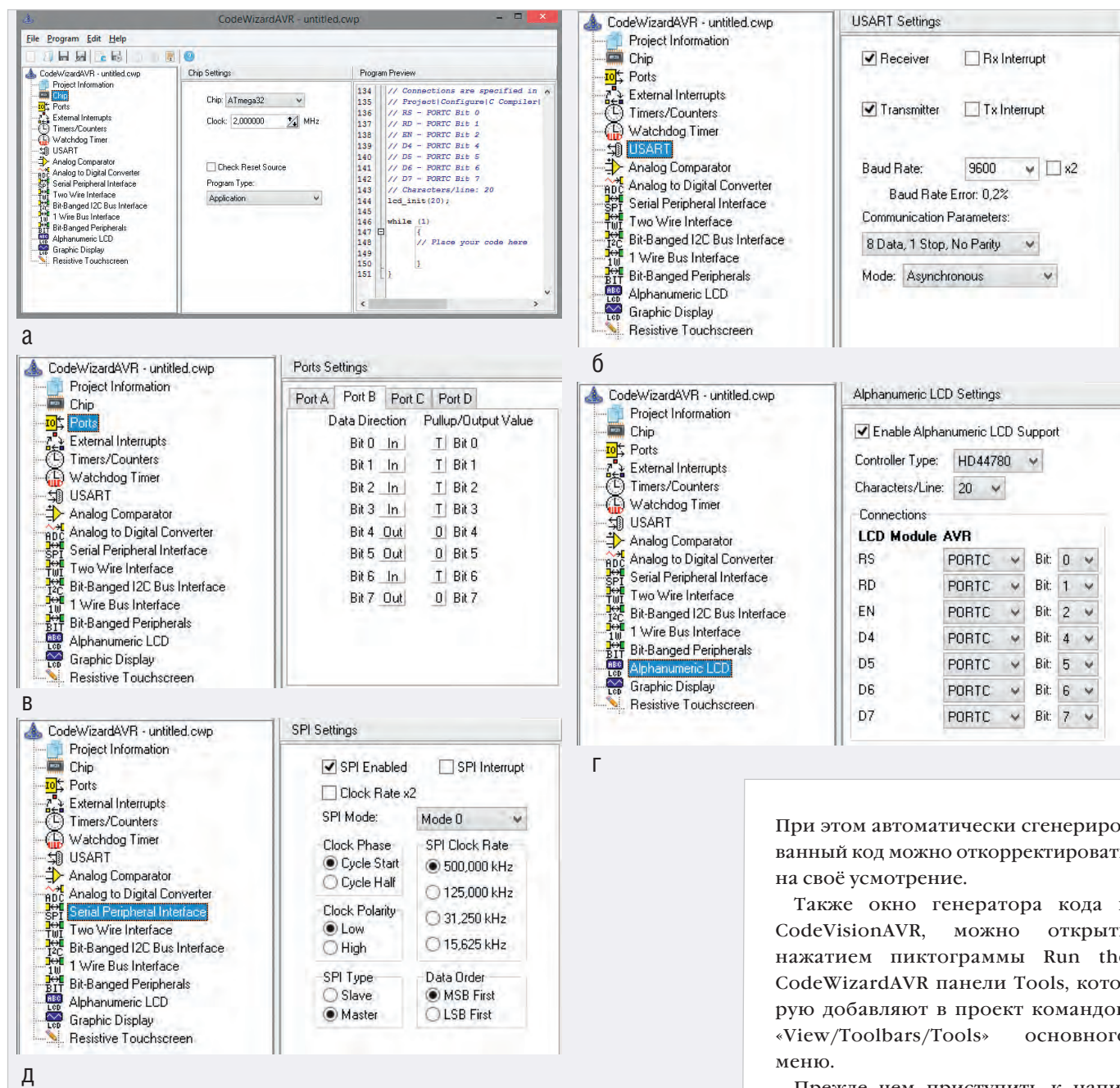


Рис. 9. Настройка в окне CodeWizardAVR параметров: микроконтроллера (а), модуля USART (б), портов ввода/вывода микроконтроллера (в), буквенно-цифрового дисплея (г), интерфейса SPI (д)

- SPI Clock Rate – выбор тактовой частоты для последовательной передачи данных по SPI-интерфейсу;
- Clock Phase – выбор позиции фронта стробирующего сигнала относительно бита данных: Cycle Start (начало цикла), Cycle Half (половина цикла);
- Clock Polarity – уровень полярности тактовых импульсов: Low (низкий), High (высокий);
- SPI Type – выбор роли микроконтроллера в SPI-интерфейсе: Slave – ведомый, Master – ведущий;
- Data Order – порядок данных при последовательной передаче: MSB First

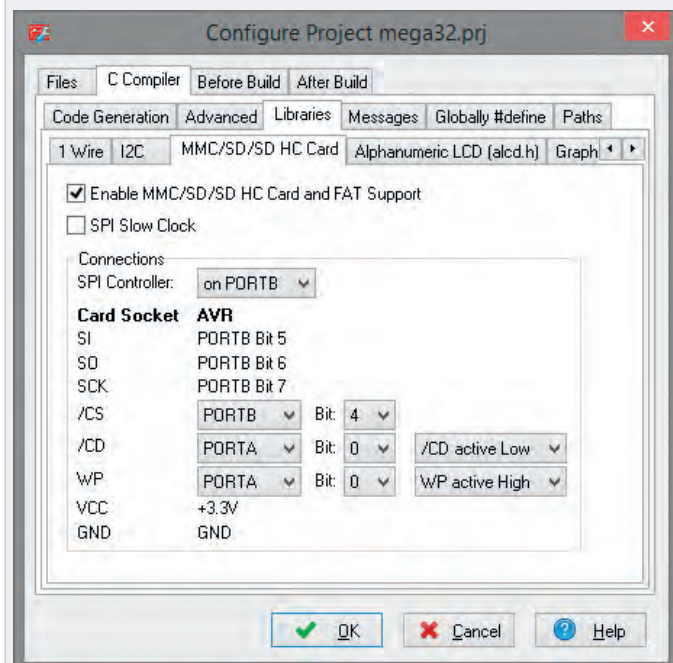
(первый старший байт), LSB First (первый младший байт).

Предварительный просмотр кода программы, который генерируют командой «Program/Generate» основного меню CodeWizardAVR, выполняются в поле «Program Preview». После настройки параметров и генерации кода командой «Program/Generate, Save and Exit» основного меню или пиктограммой «Generate program, save and exit» верхней панели инструментов окно CodeWizardAVR автоматически будет закрыто. Полученный код отобразится в окне кода CodeVisionAVR, где и будет вестись дальнейшее написание программы.

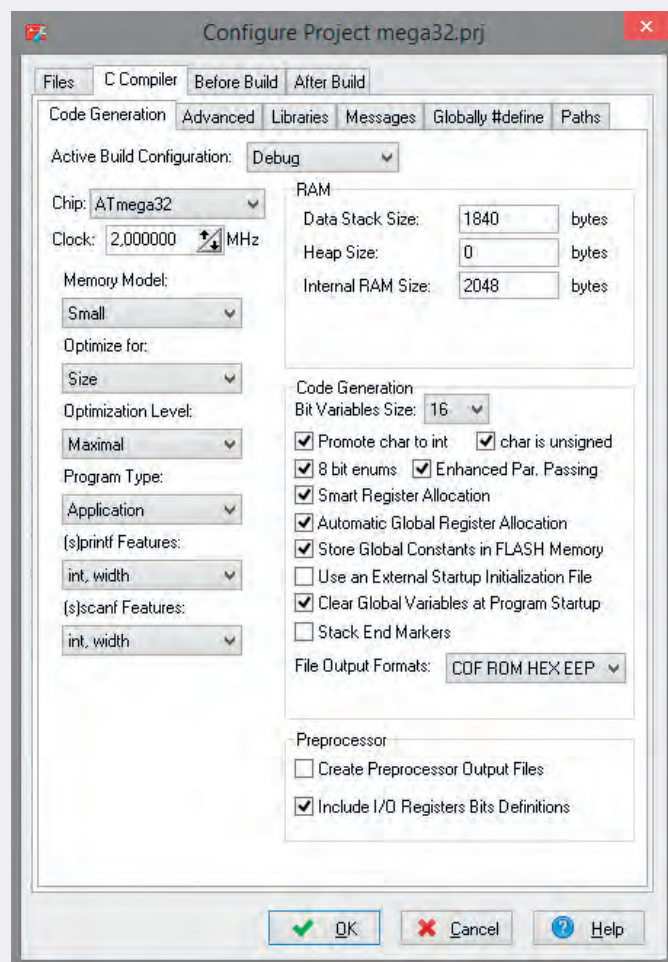
При этом автоматически сгенерированный код можно откорректировать на своё усмотрение.

Также окно генератора кода в CodeVisionAVR, можно открыть нажатием пиктограммы Run the CodeWizardAVR панели Tools, которую добавляют в проект командой «View/Toolbars/Tools» основного меню.

Прежде чем приступить к написанию программного кода в CodeVisionAVR подключим поддержку карты памяти MMC и увеличим размер стека, для чего с помощью команды Project/Configure основного меню откроем окно «Configure Project», перейдём на вкладку «C Compiler», на которой перейдём на вкладку «Libraries», где откроем вкладку «MMC/SD/SD HC Card» и установим флажок в чекбоксе «Enable MMC/SD/SD HC Card and FAT Support» (разрешить поддержку карт памяти и файловой системы FAT) (см. рис. 10а). На вкладке «C Compiler» откроем вкладку «Code Generation» (см. рис. 10б) и в поле «Data Stack Size» укажем размер стека в байтах – для компиляции кода в нашем примере значения 1840 будет достаточно.



а



б

Рис. 10. Окно Configure Project: вкладка MMC/SD/SD HC Card (а), вкладка Code Generation (б)

Применение функций библиотеки **sdcard.h** для чтения и записи данных во внешнюю память

Для работы с картами памяти MMC/SD/SD HC, отформатированными в FAT12, FAT16 или FAT32 в CodeVisionAVR предусмотрены библиотеки **sdcard.h** и **ff.h**. С помощью функций **disk_read** и **disk_write** библиотеки **sdcard.h** удобно выполнить чтение и запись текстовых данных во внешнюю память, когда образ карты памяти создан с помощью редактора Блокнот. В коде программы функция чтения информации имеет следующий формат записи: **disk_read (unsigned char drv, unsigned char* buff, unsigned long sector, unsigned char count)**, где **drv** – это номер устройства (нумерация начинается с 0), **buff** – переменная для записи массива считанных данных, **sector** – номер блока, с которого начнётся чтение, **count** – количество блоков для чтения (нумерация начинается с 1). Функция записи имеет следующий формат: **disk_write (unsigned**

char drv, unsigned char* buff, unsigned long sector, unsigned char count), где **drv** – это номер устройства, **buff** – переменная, в которой хранятся данные для записи, **sector** – номер блока, с которого начнётся запись, **count** – количество блоков для записи. Чтение и запись информации во внешнюю память выполняют блоками объёмом 512 байт.

Рассмотрим работу с функциями **disk_read** и **disk_write** на конкретном примере, для чего создадим в Блокноте новый текстовый документ, запишем в него следующий текст: «I like CodeVisionAVR!», сохраним файл с расширением *.mmc на диск компьютера в одном каталоге с проектом Proteus и укажем его имя в поле Card Image File в окне свойств карты памяти.

Для записи информации во внешнюю память, её чтения и отображения на экране терминала и буквенно-цифрового дисплея напомним программу инициализации микроконтроллера на языке C с применением стандартных

функций CodeVisionAVR. Текст программы приведён в листинге 1.

Введём текст программы в окне кода CodeVisionAVR и запустим командой основного меню «Project/Build All» компиляцию, по окончании которой выдаётся отчёт о наличии ошибок в коде программы (см. рис. 11). Если ошибки не обнаружены, на диске компьютера будет создан hex-файл для записи в микроконтроллер.

Теперь перейдём в Proteus и в окне свойств микросхемы ATmega32 в поле «Program File» укажем путь к файлу прошивки на диске компьютера. Командой основного меню «Debug / Run Simulation» запустим в Proteus моделирование собранной схемы (результат представлен на рис. 12) и проанализируем её работу.

После запуска программа инициализации микроконтроллера проверяет подключение карты памяти с помощью функции **disk_initialize(0)**, где в скобках указан номер подключаемого устройства (при успешном выполнении функ-

Листинг 1

```

include <mega32.h> // Подключение заголовочных файлов
#include <alcd.h> // в которых содержатся
#include <stdio.h> // прототипы функций
#include <delay.h>
#include <sdcard.h>

#define F_CPU 2000000 // Рабочая частота микроконтроллера
#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() { // Функция инициализации USART
    UBRRL = UBRRL_value; // Младшие 8 бит UBRRL_value
    UBRRL = UBRRL_value >> 8; // Старшие 8 бит UBRRL_value
    UCSRB = (1<<TXEN); // Бит разрешения передачи
    UCSRC = (1<<UCSZ0)|(1<<UCSZ1); // Устанавливаем формат 8 бит дан-
ных

void send_UART(char value) {
    while(! (UCSRA & (1 << UDRE))); // Ожидаем когда очистится буфер
    передачи
    UDR = value; // Помещаем данные в буфер, начинаем передачу

interrupt [TIM1_COMPA] void timer1_compa_isr(void)
{disk_timerproc();} // Вызов функции синхронизации

void main(void) // Основная функция программы
{
    unsigned char Buff[512];
    unsigned char Buff2[512]="Чтение информации с карты памяти и ее вывод
на экран терминала";
    unsigned char Buff3[512];
    int i;

    // Инициализация портов микроконтроллера

    // Port A
    DDRA=(0<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) | (0<<DDA4) | (0<<DDA3) |
(0<<DDA2) | (0<<DDA1) | (0<<DDA0);
    PORTA=(0<<PORTA7) | (0<<PORTA6) | (0<<PORTA5) | (0<<PORTA4) |
(0<<PORTA3) | (0<<PORTA2) | (0<<PORTA1) | (0<<PORTA0);

    // Port B
    DDRB=(1<<ddb7) | (0<<ddb6) | (1<<ddb5) | (1<<ddb4) | (0<<ddb3) |
(0<<ddb2) | (0<<ddb1) | (0<<ddb0);
    PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) | (0<<PORTB4) |
(0<<PORTB3) | (0<<PORTB2) | (0<<PORTB1) | (0<<PORTB0);

    // Port C
    DDRC=(1<<DDC7) | (1<<DDC6) | (1<<DDC5) | (1<<DDC4) | (1<<DDC3) |
(1<<DDC2) | (1<<DDC1) | (1<<DDC0);
    PORTC=(0<<PORTC7) | (0<<PORTC6) | (0<<PORTC5) | (0<<PORTC4) |
(0<<PORTC3) | (0<<PORTC2) | (0<<PORTC1) | (0<<PORTC0);

    // Port D
    DDRD=(1<<DDD7) | (1<<DDD6) | (1<<DDD5) | (1<<DDD4) | (1<<DDD3) |
(1<<DDD2) | (1<<DDD1) | (1<<DDD0);
    PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) | (0<<PORTD4) |
(0<<PORTD3) | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1) | (0<<PORTD0);

    // Инициализация таймера

    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x0D;
    TCNT1H=0x00;
    TCNT1L=0x00;
    OCR1AH=0x00;
    OCR1AL=0x4E;
    TIMSK=0x10;

    lcd_init(20); // Инициализация дисплея
    #asm("sei")

    // Проверка подключения карты памяти
    if((disk_initialize(0))==0) // Если карта подключена
    {lcd_puts("OK");} // Вывод на экран дисплея сообщения OK
    else // иначе
    {lcd_puts("Karta ne podkluchena");} // Вывод сообщения об отсутствии
подключения карты

    init_USART(); // Инициализация USART
    disk_read (0, Buff, 0, 1); // Чтение с карты памяти текстового блока
// и его запись в переменную Buff
    delay_ms(500); // Пауза длительностью 500 мс
    lcd_gotoxy(0,1); // Установка курсора в первую позицию второй строки
дисплея
    for (i=0;i<33;i++)
    {send_UART(Buff[i]);} // Вывод считанной с карты памяти информации на
экран терминала
    lcd_putchar(Buff[i]); // Вывод считанной с карты памяти информации
на экран дисплея
    delay_ms(500);
    disk_write (0, Buff2, 0, 1); // Запись на карту памяти блока информа-
ции
    // из переменной Buff2
    disk_read (0, Buff3, 0, 1); // Чтение информации с карты памяти
// и её запись в переменную Buff3
    delay_ms(500);
    printf("\n\r"); // Переход на новую строку на экране терминала
    for (i=0;i<64;i++)
    { send_UART(Buff3[i]); } // Вывод считанной с карты памяти информа-
ции
    // на экран терминала

```

ция возвращает 0). Если карта не подклю-чена, на экран дисплея выводится предупреждающее сообщение «Karta ne podkluchena». Когда карта подключена, на экран дисплея выводится сообще-ние «OK», выполняется инициализация интерфейса USART для вывода данных на экран терминала, затем чтение одно-го текстового блока объёмом 512 байт (четвёртый параметр функции чте-ния count = 1), начиная с первого сек-тора (третий параметр функции чтения sector = 0), и запись считанных данных в переменную Buff.

После паузы длительностью 500 мс с помощью функции lcd_gotoxy(0,1); курсор дисплея устанавливается в первую позицию второй строки и начинается посимвольный вывод в цикле for считанной с карты памя-ти информации на экран терминала (функция send_UART(Buff[i]);) и дис-плея (функция lcd_putchar(Buff[i]));). Запись на карту памяти массива дан-ных из переменной Buff2, начиная с первого сектора (третий параметр функции записи sector = 0), выпол-няется с помощью функции disk_write (0, Buff2, 0, 1); после паузы дли-тельностью 500 мс. В результате уже имеющаяся в файле образа MMC.mmc информация будет перезаписана (см. рис. 13). Теперь с помощью функции disk_read (0, Buff3, 0, 1); считаем запи-санную информацию с карты памя-ти и после паузы длительностью 500 мс выведем её посимвольно с помо-щью функции send_UART(Buff3[i]); с новой строки на экран терминала.

Обмен информацией между микро-контроллером и картой памяти выполняется через линии PB4...PB7 микроконтроллера. Для работы с бук-венно-цифровым дисплеем задей-ствованы линии PC0...PC2 и PC4...PC7 микроконтроллера, линия PD1 используется для последовательно-го вывода информации на экран тер-минала.

Применение функций библиотеки ff.h для чтения и записи данных во внешнюю память

В библиотеке ff.h определены функ-ции работы с картой памяти, отформа-тированной в файловой системе FAT, среди которых следующие:

- f_open(FIL* fp, const char* path, unsigned char mode) – функция создания нового или открытия уже имеющего файла, где fp – ука-затель на структуру данных фай-

ла, path – номер устройства и имя файла для создания/открытия, mode – режим работы с файлом. Аргумент path имеет формат записи 0:/file.txt. Значения аргумента mode: FA_READ – чтение данных из файла, FA_WRITE – запись данных в файл, FA_OPEN_EXISTING – открытие уже имеющегося на карте файла, FA_OPEN_ALWAYS – создание нового или открытие существующего файла, FA_CREATE_NEW – создание нового файла, FA_CREATE_ALWAYS – создание нового файла, если файл с указанным именем уже существует, то он будет перезаписан. Допускается комбинация представленных значений. Например, запись FA_OPEN_EXISTING | FA_READ означает открытие уже существующего файла для чтения. Функция возвращает следующие значения:

- FR_OK – успешное выполнение функции;
- FR_NO_FILE – не удалось найти файл;
- FR_NO_PATH – путь к файлу не существует;
- FR_INVALID_NAME – неверное имя файла;
- FR_INVALID_DRIVE – неверный номер устройства;
- FR_EXIST – создание файла невозможно, так как файл с таким именем уже существует;
- FR_DENIED – в доступе отказано по одной из следующих причин: попытка открыть файл только для чтения в режиме записи, невозможно создать файл, потому что файл с таким именем уже существует

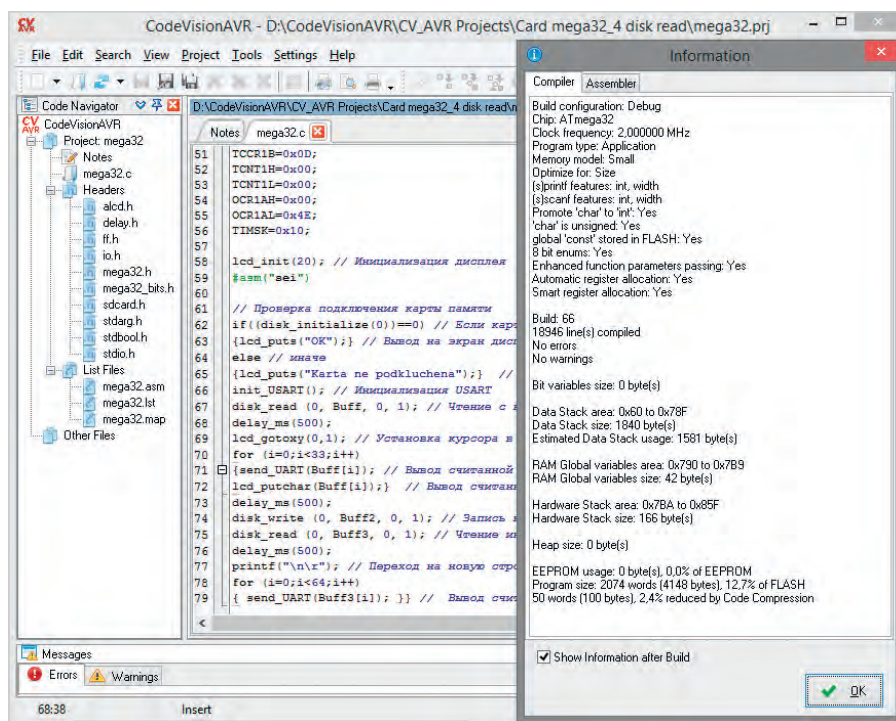


Рис. 11. Результат компиляции программного кода в CodeVisionAVR

- или отсутствует свободное место на карте;
- FR_NOT_READY – доступ к карте памяти невозможен из-за отсутствия её подключения или по другой причине;
- FR_WRITE_PROTECTED – создание файла или его открытие в режиме записи невозможно, поскольку носитель защищён от записи;
- FR_DISK_ERR – ошибка доступа к карте памяти;
- FR_INT_ERR – внутренняя ошибка карты памяти или файловой системы FAT;
- FR_NOT_ENABLED – логический диск не был смонтирован с помощью функции f_mount;

- FR_NO_FILESYSTEM – на физическом носителе отсутствует корректный раздел FAT.
- f_close (FIL* fp) – функция закрытия файла (если измененный файл не закрыть, данные могут быть утеряны). Параметр fp – указатель на структуру данных файла. Функция возвращает следующие значения:
- FR_OK – успешное выполнение функции;
- FR_NOT_READY – доступ к карте памяти невозможен из-за отсутствия её подключения или по другой причине;
- FR_DISK_ERR – ошибка доступа к карте памяти;

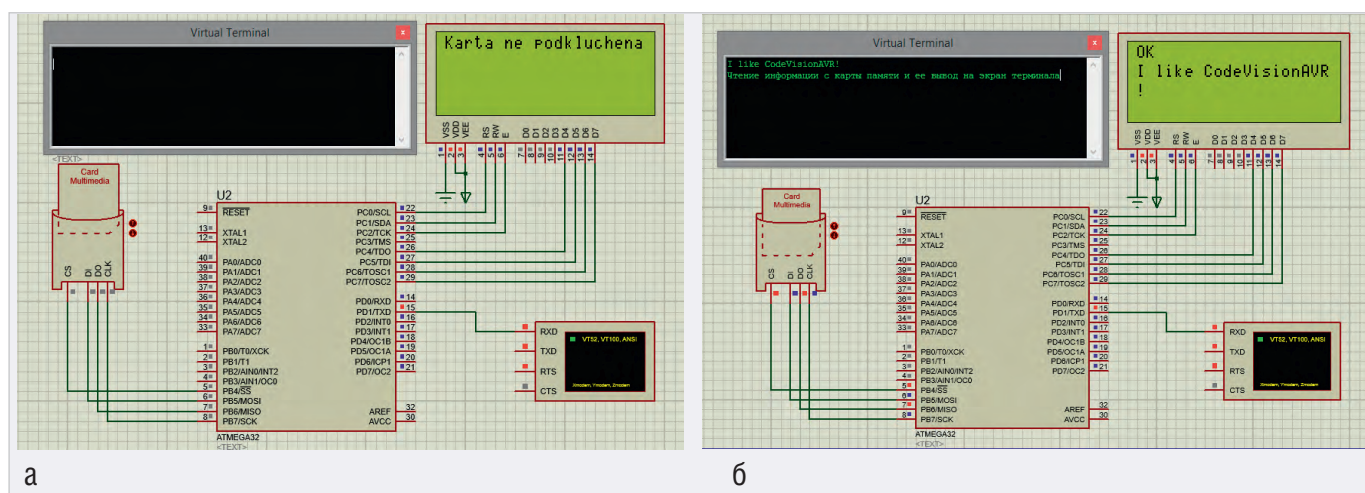


Рис. 12. Результат работы программы обмена данными с картой памяти, образ которой создан с помощью редактора Блокнот: карта памяти не подключена (а), чтение и запись информации на карту памяти и её вывод на экран терминала и дисплея (б)

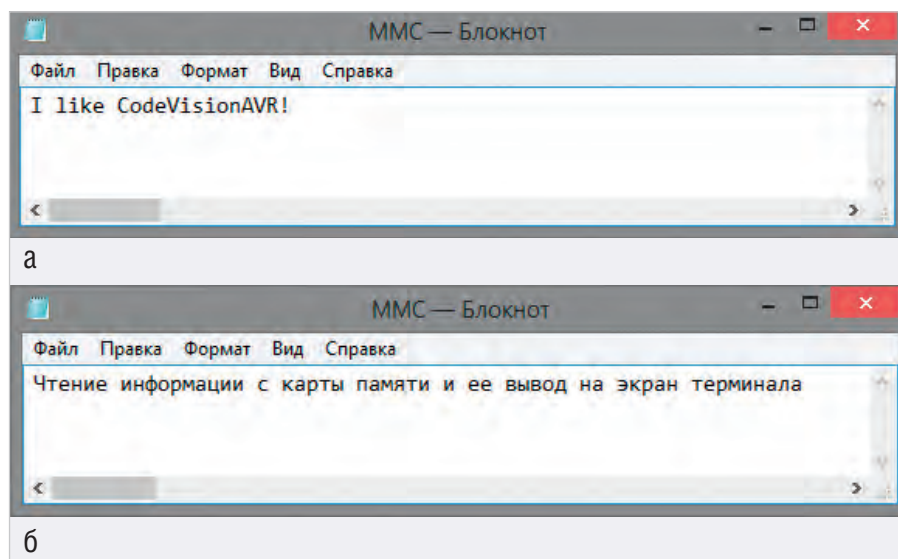


Рис. 13. Файл MMC.mmc: до (а) и после (б) записи информации на карту памяти

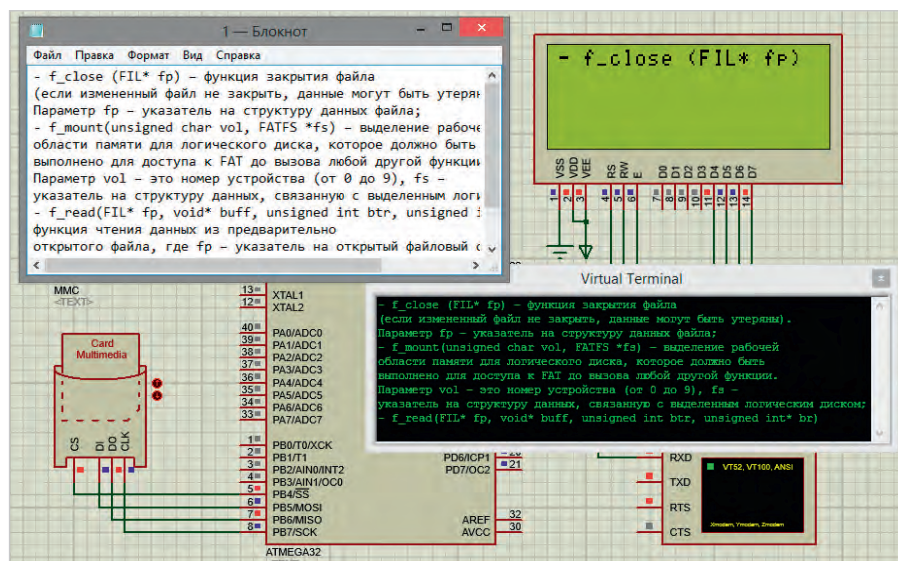


Рис. 14. Результат работы программы чтения текстовых данных из файла 1.txt, размещенного на карте памяти, образ которой создан с помощью WinImage и преобразован в формат .mmc (считанные данные отображаются на экране терминала и буквенно-цифрового дисплея)

- FR_INT_ERR – внутренняя ошибка карты памяти или файловой системы FAT;
- FR_INVALID_OBJECT – файл не был открыт с помощью функции f_open.

● f_mount(unsigned char vol, FATFS *fs) – выделение рабочей области памяти для логического диска, которое должно быть выполнено для доступа к FAT до вызова любой другой функции. Параметр vol – это номер устройства (от 0 до 9), fs – указатель на структуру данных, связанную с выделенным логическим диском. Значения, которые возвращает функция:

- FR_OK – успешное выполнение функции;
- FR_INVALID_DRIVE – неверный номер устройства.

● f_write(FIL* fp, const void* buff, unsigned int btw, unsigned int* bw) – функция записи данных в предварительно открытый файл, где fp – указатель на открытый файловый объект, buff – переменная, в которой хранятся данные для записи, btw – количество байтов для записи, bw – количество реально записанных байтов. Значения, которые возвращает функция:

- FR_OK – успешное выполнение функции;
- FR_DENIED – в доступе к файлу отказано, так как он открыт только для чтения;
- FR_NOT_READY – доступ к карте памяти невозможен из-за отсутствия её подключения или по другой причине;
- FR_DISK_ERR – ошибка доступа к карте памяти;

НОВОСТИ МИРА

В 2030 году объём мирового рынка робототехники превысит \$160 млрд

Общий объём мирового рынка робототехники достигнет \$160-260 млрд в 2030 году, говорится в исследовании консалтинговой компании The Boston Consulting Group (BCG).

Компания при этом оценивает объём мирового рынка робототехники в 2020 году в \$25 млрд. Также отмечается, что в 2030 году профессиональные сервисные роботы с объёмом рынка от \$90 до \$170 млрд намного опередят обычных промышленных роботов и коботов с объёмом рынка от \$40 до \$50 млрд.

В исследовании в том числе рассматриваются три возможных сценария развития робототехники на ближайшие 10 лет, которые определяются такими факторами, как готовность технологий и спрос. Первый сценарий связан с ростом числа индивидуальных решений и отсутствием новых вариантов массового использования, что ведёт к проектированию целевых роботизированных систем, начальные цены на которые довольно высоки.

Робот как стандартное устройство автоматизации – в этом сценарии на рынке будет лидировать несколько решений, которые легко установить, настроить и интегрировать. Примером может быть робот-курьер,

автономный робот-сборщик или робот для зарядки электромобилей. Как правило, варианты массового использования в этой категории не отличаются особой сложностью, – добавили в сообщении.

Третий возможный сценарий – «Мир Google», при котором прорыв в области ИИ, адаптивности и связанности приведёт к появлению целого ряда интеллектуальных модулей, способных обрабатывать сложные и динамические ситуации. Так программное обеспечение будет ключевым фактором успеха, а доминировать будут компании, занимающиеся крупномасштабными разработками.

industry-hunter.com

Листинг 2

```
#include <mega32.h> // Подключение заголовочных файлов
#include <alcd.h> // в которых содержатся
#include <stdio.h> // прототипы функций
#include <delay.h>
#include <ff.h>

#define F_CPU 2000000 // Рабочая частота микроконтроллера
#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() { // функция инициализации USART
    UBRRL = UBRRL_value; // Младшие 8 бит UBRRL_value
    UBRRH = UBRRL_value >> 8; // Старшие 8 бит UBRRL_value
    UCSRB = (1<<TXEN); // Вит разрешения передачи
    UCSRC = (1<<UCSZ0)|(1<<UCSZ1); } // Устанавливаем формат 8 бит дан-
ных

void send_UART(char value) {
    while(!(UCSRA & (1 << UDRE))); // Ожидаем когда очистится буфер
    UDR = value; } // Помещаем данные в буфер, начинаем передачу

interrupt [TIM1_COMPA] void timer1_compa_isr(void)
{disk_timerproc();} // Вызов функции синхронизации

void main(void) // Основная функция программы
{
    FATFS fat; // Выделение рабочей области памяти для логического диска
    FIL file; // Указатель на структуру данных файла
    unsigned char Buff[542]; // Переменная для записи считанных данных
    // из файла 1.txt карты памяти
    unsigned int br; // Число прочитанных из файла 1.txt байтов
    int i;

    // Инициализация портов микроконтроллера
    // Port A
    DDRA=(0<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) | (0<<DDA4) | (0<<DDA3) |
    (0<<DDA2) | (0<<DDA1) | (0<<DDA0);
    PORTA=(0<<PORTA7) | (0<<PORTA6) | (0<<PORTA5) | (0<<PORTA4) |
    (0<<PORTA3) | (0<<PORTA2) | (0<<PORTA1) | (0<<PORTA0);

    // Port B
    DDRB=(1<<DDB7) | (0<<DDB6) | (1<<DDB5) | (1<<DDB4) | (0<<DDB3) |
    (0<<DDB2) | (0<<DDB1) | (0<<DDB0);
    PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) | (0<<PORTB4) |
    (0<<PORTB3) | (0<<PORTB2) | (0<<PORTB1) | (0<<PORTB0);

    // Port C
    DDRC=(1<<DDC7) | (1<<DDC6) | (1<<DDC5) | (1<<DDC4) | (1<<DDC3) |
    (1<<DDC2) | (1<<DDC1) | (1<<DDC0);
    PORTC=(0<<PORTC7) | (0<<PORTC6) | (0<<PORTC5) | (0<<PORTC4) |
    (0<<PORTC3) | (0<<PORTC2) | (0<<PORTC1) | (0<<PORTC0);

    // Port D
    DDRD=(1<<DDD7) | (1<<DDD6) | (1<<DDD5) | (1<<DDD4) | (1<<DDD3) |
    (1<<DDD2) | (1<<DDD1) | (1<<DDD0);
    PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) | (0<<PORTD4) |
    (0<<PORTD3) | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1) | (0<<PORTD0);

    // Инициализация таймера
    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x0D;
    TCNT1H=0x00;
    TCNT1L=0x00;
    OCR1AH=0x00;
    OCR1AL=0x4E;
    TIMSK=0x10;

    lcd_init(20); // Инициализация дисплея
    #asm("sei");
    delay_ms(200);

    init_USART(); // Инициализация USART
    delay_ms(200);

    f_mount(0, &fat); // Выделение рабочей области памяти для логического
    раздела
    f_open(&file, "0:/1.txt", FA_OPEN_EXISTING | FA_READ); // Открываем
    файл 1.txt
    // только для чтения
    f_read(&file, Buff, sizeof(Buff), &br); // Читаем в переменную Buff
    данные из файла 1.txt
    f_close(&file); // Закрываем файл 1.txt
    delay_ms(50); // Пауза длительностью 50 мс
    lcd_gotoxy(0,0); // Установка курсора в первую позицию первой строки
    дисплея
    for (i=0;i<br;i++)
    {send_UART(Buff[i]);} // Вывод считанных из файла 1.txt карты памяти
    данных
    // на экран терминала
    for (i=0;i<19;i++)
    {lcd_putchar(Buff[i]);} // Вывод на экран дисплея 19 символов считан-
    ных
    // из файла 1.txt карты памяти
}
```

- FR_NOT_READY – доступ к карте памяти невозможен из-за отсутствия её подключения или по другой причине;
- FR_DISK_ERR – ошибка доступа к карте памяти;
- FR_INT_ERR – внутренняя ошибка карты памяти или файловой системы FAT;
- FR_INVALID_OBJECT – файл не был открыт с помощью функции `f_open`.

Рассмотрим работу с функцией чтения данных из внешней памяти на конкретном примере, для чего создадим с помощью программы WinImage образ карты памяти, добавим в образ файл с расширением *.txt, который содержит блок текстовых данных, сохраним образ в папке FAT16 в каталоге с проектом Proteus, изменим его расширение на .mms и укажем путь к файлу образа и его имя в поле Card Image File в окне свойств карты памяти. Для чтения данных из размещённого во внешней памяти файла и их отображения на экране терминала и буквенно-цифрового дисплея напомним программу инициализации микроконтроллера на языке C с применением стандартных функций CodeVisionAVR.

Текст программы приведён в листинге 2.

Введем текст программы в окне кода CodeVisionAVR и запустим компиляцию. После чего перейдём в Proteus и в окне свойств микросхемы ATmega32 укажем путь к файлу прошивки на диске компьютера. Запустим моделирование собранной схемы, результат которого представлен на рис. 14, и проанализируем её работу.

После запуска симуляции происходит монтирование карты памяти, а затем открытие размещённого на ней файла 1.txt для чтения из него в переменную Buff фрагмента текстовых данных. Объём реально прочитанных данных в байтах записывается в переменную br и может отличаться от заданного. После закрытия файла выполняется посимвольный вывод в цикле `for` всего блока считанных данных на экран терминала. На экран дисплея посимвольно выводятся в цикле `for` 19 символов из файла 1.txt.

Литература:

1. ISIS Help, Labcenter Electronics, 2014.
2. CodeVisionAVR Help, HP InfoTech, 2014.
3. HD44780U (LCD-II) (Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver). Hitachi, Ltd. 1998.



Решение задачи охлаждения SMD-компонентов с помощью тепловой перемычки ТПИ

Илья Малышев (min@erkon-nn.ru), к. т. н., Юрий Еремеев (eremeev@erkon-nn.ru)

В статье описаны новый чип-компонент и технические решения на его базе, обеспечивающие распределение тепла от теплонагруженных SMD активных и пассивных компонентов печатного узла. Снижение тепловыделения активных и пассивных компонентов на печатной плате при высокой плотности монтажа повышает надежность электронной техники.

Повышение доли электронной техники, использующей технологию поверхностного монтажа, требует снижения мощности компонентов и тепловыделения печатных узлов, а там, где это невозможно в полной мере, – новых подходов в обеспечении тепловых режимов. Охлаждение SMD-компонентов затруднено конструктивно из-за их малых пространственных объемов.

Теплорассеяние печатного узла в целом возможно увеличить общей принудительной конвекцией (обдувом вентилятором). При этом точечные перегревы компонентов снизить затруднительно. Относительно большие компоненты (например, микросхемы процессоров, памяти и т.п.) охлаждают дополнительными низкопрофильными радиаторами или тепловыми трубками [1]. Подобные решения широко применяют в ноутбуках. Но что делать при точечных перегревах компонентов размерами 0,5...1,0 мм? Необходимо распределить и рассеять тепловые потоки в менее нагруженные зоны печатного узла. Такие решения в самом простом случае реализуемы топологическими методами – достаточно увеличить монтажную площадку, чтобы рассеять лишнюю тепловую энергию. Однако при плотном монтаже площадь для рассеяния мощности ограничена, ужесточается требование электрической изоляции, в том числе от теплоотвода.

Электрическая прочность изоляции важна, в частности, в медицинской,

автомобильной и другой технике, связанной с безопасностью персонала из-за возможных утечек, которые могут иметь место при повышенной плотности монтажа. В медицинской, автомобильной технике и различных отраслях промышленности также необходимо выполнение критерия взрывозащищенности при работе с кислородом, горючими газами и легковоспламеняющимися жидкостями, т.е. работа без искро- и дугообразования. Для контроля электрической прочности изоляции оборудования проводят соответствующие испытания [2], и используемые электронные компоненты должны обладать заведомо большей стойкостью.

Для решения обеих проблем одновременно (распределения тепла и обеспечения электрической изоляции) и разработан новый пассивный чип-компонент, передающий тепловой поток и имеющий заданную электрическую прочность изоляции – тепловая перемычка типа ТПИ.

Разработка тепловой перемычки обусловлена требованиями новых технологий сборки и основана на достижениях современного материаловедения. Теплопроводность керамического основания тепловой перемычки λ_t сопоставима с теплопроводностью металлов и составляет 170...200 Вт/(м·К). При этом электрическая прочность материала составляет величину порядка 15 кВ/мм, что и обеспечивает отличную элек-

трическую изоляцию при сохранении передачи теплового потока.

На рисунке 1 схематично показан принцип функционирования тепловой перемычки. Тепловой поток от источника тепла (например, тепловыделяющей микросхемы) через керамическое тело и монтажные контакты тепловой перемычки поступает к приёмнику тепла (например, площадке с металлизированными отверстиями, заполненными припоем, или общей шине). Распределённый таким образом тепловой поток может рассеяться естественной конвекцией и/или перейти в дополнительный теплоотвод.

На рисунке 2 представлена типовая ситуация с ограниченным теплоотводом тепловыделяющего компонента на плате, приводящим к перегреву. Рисунок 3 иллюстрирует ту же ситуацию, но с установленной тепловой перемычкой для распределения тепла от тепловыделяющего компонента. Конечный теплоприемник на рисунке не показан. Тепловой режим компонента в данном случае улучшается.

Рисунок 4 иллюстрирует возможность повышения плотности монтажа, когда за счёт высокой электрической прочности ($U_{пр} \geq 1,5$ кВ) и высокого сопротивления изоляции ($R_{из} \geq 999$ МОм) тепловых перемычек возможно использование единого электропроводного теплоотвода. Кроме того, подобным способом возможно поддерживать в едином температурном режиме активные компоненты, которые должны работать в паре, но не могут при этом быть соединёнными электрически (например, комплементарная пара транзисторов и др.).

Тепловые перемычки, ввиду нормированного переходного теплового сопротивления и электрической изоля-

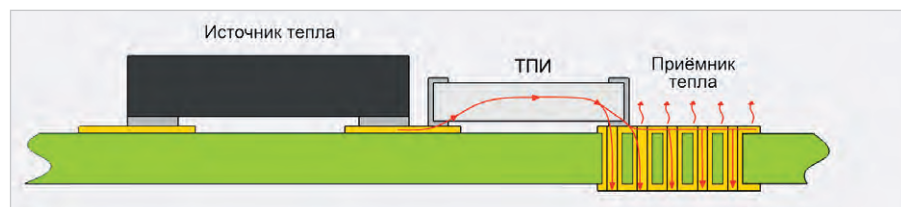


Рис. 1. Принцип функционирования тепловой перемычки

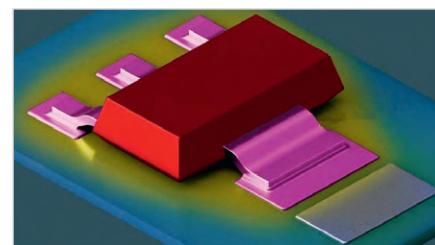


Рис. 2. Тепловыделяющий компонент без использования тепловой перемычки

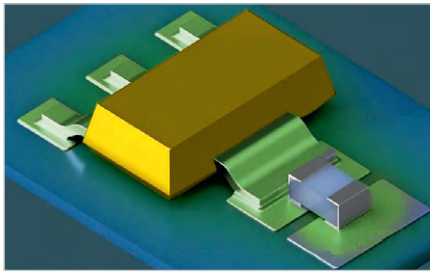


Рис. 3. Теплопроводящий компонент с использованием тепловой перемычки

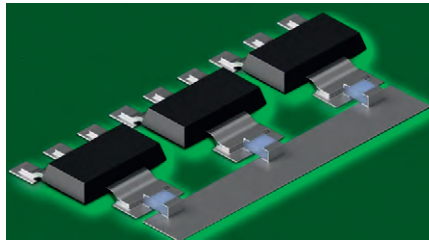


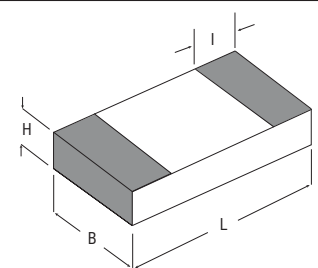
Рис. 4. Использование тепловых перемычек для организации единого теплоотвода с гальванической развязкой

Таблица 1. Характеристики тепловых перемычек типа ТПИ

Основные характеристики	Значение параметра
Материал основания	AlN
Сопротивление изоляции, не менее	999 МОм
Электрическая прочность, не менее	1,5 кВ
Ёмкость, не более	0,2 пФ
Финишное покрытие контактных площадок	SnPb

Таблица 2. Характеристики тепловых перемычек типа ТПИ

Типоразмер в дюймах	Тепловое сопротивление, °С/Вт	Размеры, мм				Масса, не более, г
		L	B	H	I	
0505	24	1,25±0,1	1,25±0,1	0,25 ^{+0,10} _{-0,05}	0,2	0,006
0505-1	10			0,64 ^{+0,10} _{-0,05}		0,011
0603	31	1,6±0,2	0,8±0,15	0,38 ^{+0,10} _{-0,05}	0,2	0,004
0603-1	19			0,64 ^{+0,10} _{-0,05}		0,008
0805	25	2,0±0,2	1,25±0,2	0,38 ^{+0,10} _{-0,05}	0,2	0,008
0805-1	10			1,00 ^{+0,10} _{-0,05}		0,021



ции, возможно использовать для термостатирования режимов компонентов, требующих гальванической развязки с соответствующими датчиками, или иных аналогичных приложений.

Основным функциональным параметром тепловой перемычки является тепловое сопротивление, R_t [°С/Вт], в практически требуемых случаях определяемое геометрическими размерами [3]:

$$R_t = \frac{L}{\lambda_t H B},$$

где L , H , B – длина, высота и ширина тепловой перемычки; $\lambda_t = 170$ Вт/(м·К) –



Акционерное общество
ЭРКОН
Научно-производственное объединение

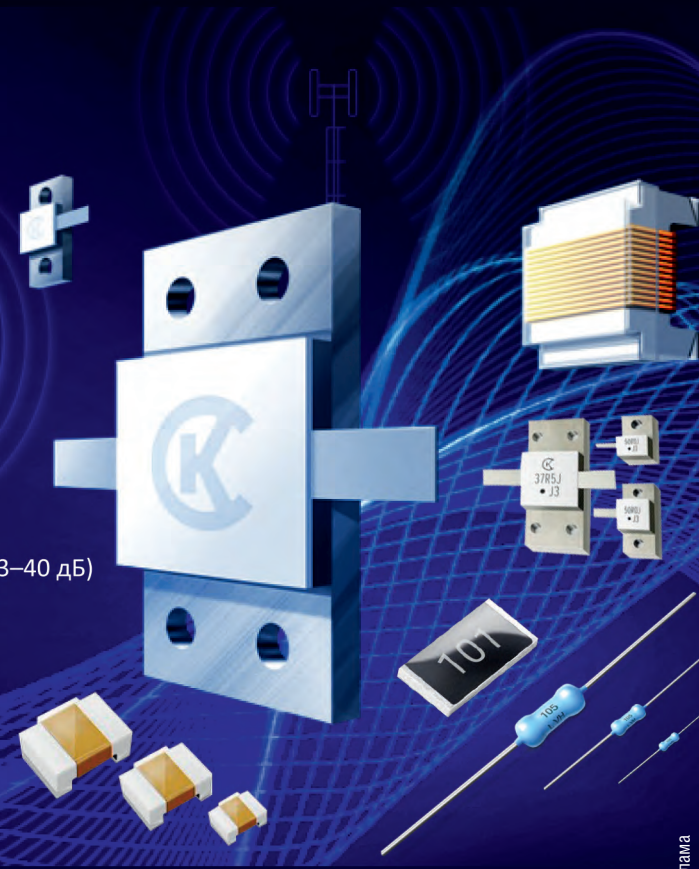
ПРОИЗВОДСТВО, РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА ПОСТОЯННЫХ РЕЗИСТОРОВ, АТТЕНУАТОРОВ И ЧИП-ИНДУКТИВНОСТЕЙ

- 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



Реклама

теплопроводность керамики на основе нитрида алюминия.

Характеристики тепловых перемычек типа ТПИ приведены в таблицах 1 и 2.

Заключение

Тепловая перемычка ТПИ позволяет разработчикам:

- отвести и распределить тепловые потоки от перегретых участков и компонентов печатного узла;
- обеспечить электрическую изоляцию между источником и приёмником тепла;

- обеспечить увеличение плотности монтажа за счёт гальванической развязки различных цепей при использовании единого теплоотвода;
- обеспечить выравнивание температуры между компонентами, работающими в совместном режиме;
- обеспечить гальваническую развязку датчиков при термостатировании компонентов, а также решать иные задачи.

Литература

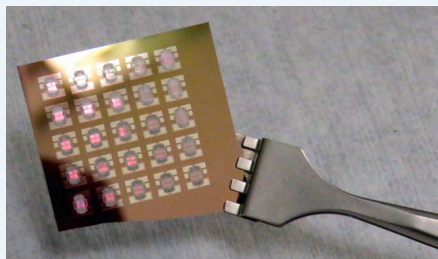
1. Дуднев Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. «Конструир. и произв. радиоаппаратуры». – М.: Высш. шк., 1984. – 247 с. ил., с. 146–150.
2. ГОСТ ИЕС 60950-1-2011 Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Часть 1. Общие требования
3. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров / Пер. с англ. // Справочник. – М.: Атомиздат, 1979. – 216 с., ил.



НОВОСТИ МИРА

Тепловой диод – первый шаг к компьютерам, работающим на тепле вместо электричества

В Intel научились отводить избыточное тепло в дата-центрах при помощи тёплой воды, в Lockheed Martin осваивают микрокапельное охлаждение микросхем изнутри, а Microsoft просто призывает на помощь Мировой океан. По некоторым данным, 60 % всей энергии для работы вычислительных систем пропадает напрасно, превращаясь в паразитное тепло, от которого нужно избавляться.



Команда ученых из Университета Небраски-Линкольна попробовала создать термодиод, который не только сам избавляется от лишнего тепла, но и использует его в качестве основного принципа работы.

Тепло – враг компьютера, ведь физические процессы функционирования диодов сбоят при повышении температуры. А растёт она из-за активной работы самих диодов, что приводит к парадоксальной ситуации. Мы тратим энергию, чтобы разогнать и невольно разогреть систему, а потом ищем способы её охладить, снова расходуем ресурсы.

Новый элемент состоит из фиксированной пластины-охлаждителя и подвижной – нагревателя. Система саморегулируемая – чем больше нагревается одна часть, тем ближе она подходит к другой, чтобы максимизировать передачу тепла. И наоборот, что позволяет отводить избытки без примене-

ния активных внешних устройств. Пока что коэффициент невелик, теплопередача достигает всего 11%, но зато система успешно работает при температуре в 257 °С.

Расчёты указывают, что термодиодам под силу выдержать и 327 °С, и даже 700 °С. Вот и готовая основа для микросхемы, которую можно ставить на исследовательский корабль для изучения атмосферы Венеры с её перегретой и плотной атмосферой. Для горячих недр нашей Земли, правда, нужно ещё адаптировать для такого пекла прочие части компьютера, помимо чипов. Поэтому более перспективной выглядит идея рекуперации энергии, когда тепло от ПК поступает сразу в общий контур «умного дома» без монтажа дополнительных систем.

Термодиоды – технология экспериментальная, пока что учёные создали лишь один из элементов, для которых существенный нагрев не является принципиальной помехой в работе. Предстоит ещё масса усилий, прежде чем удастся разработать полноценный компьютер, работающий на другом физическом принципе, используя тепло вместо электричества.

www.techcult.ru

Получена рекордная мощность на частоте 0,5 ТГц в непрерывном режиме генерации

В ИПФ РАН в гиротроне на второй циклотронной гармонике на частоте 527 ГГц получена мощность излучения 250 Вт в непрерывном режиме генерации. Указанное значение мощности почти на порядок превосходит предыдущие мировые достижения.

Созданный гиротрон был разработан на основе хорошо зарекомендовавшего себя гиротрона с частотой 263 ГГц, работающего на основной гармонике гирочастоты. Катодно-анодный узел претерпел незначительные изменения, поскольку эксперимен-

тально было подтверждено высокое качество электронного потока, а пространство взаимодействия и квазиоптический преобразователь были оптимизированы под выбранную для нового гиротрона рабочую моду ТЕ6,5. После выполнения аналитических оценок и численного моделирования, подтвердивших возможность достижения заявленной мощности, главной задачей стало изготовление основных узлов прибора, в том числе, самого важного из них – резонатора, поскольку для таких частот требуемые точности изготовления составляют доли микрона. Достигнутые в экспериментах рекордные параметры, соответствующие результатам расчётов, свидетельствуют как об адекватности используемых моделей и корректности расчетов, так и о высокой культуре производства гироприборов.



Полученный результат открывает возможность для дальнейшего освоения гиротронами терагерцового диапазона частот – для преодоления «терагерцового провала». На этих частотах традиционные электровакуумные приборы и лазеры, в силу физических ограничений, не способны генерировать большие мощности, которые необходимы для ряда приложений, спектроскопии и диагностики различных сред, в устройствах ядерного магнитного резонанса.

Работа была выполнена в рамках программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в РФ на период до 2024 года» (КП РТТН).

ipfran.ru



Простой выбор источника питания

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



Источники питания открытого типа

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



Конфигурируемые источники питания

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



Для монтажа на DIN-рейку

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



Корпусированные источники питания

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



DC/DC-преобразователи

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



Высоковольтные источники питания

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



Влияние вспышки на Солнце на АЧХ поля атмосфериков (экспериментальные данные)

Алексей Галахов (galex@pgia.ru)

В данной статье приводятся экспериментальные данные характеристик поля атмосфериков, зарегистрированных на авроральной обсерватории ПГИ Ловозеро (Мурманская обл.) во время солнечной вспышки по X-Ray Flux данным спутника GOES. Приведены амплитудно-временные вариации спектральных составляющих электромагнитного поля атмосфериков при вспышке на Солнце мощности класса В, С (20.11.2020 г.). В качестве приёмно-регистрирующей аппаратуры на обсерватории использовался приёмник ОНЧ-диапазона (400...7500 Гц) с рамочной антенной на входе и последовательный анализатор спектра поля атмосфериков в качестве регистратора принятых сигналов.

Введение

Изучение физики атмосферы остаётся актуальным и в наши дни, поскольку всегда имеется потребность в корректировке физической модели ионосферы, используя оперативно получаемые экспериментальные данные. Обычная модель ионосферы не может охватить и предсказать все факторы, влияющие на состояние плазмы, в частности, во время внезапных ионосферных возмущений SID (sudden ionospheric disturbance), вызванных вспышками на Солнце. Известно [1, 2], что солнечная вспышка сопровождается возрастанием ультрафиолетового и рентгеновского излучения и выбросом облака корпускулярных потоков, которое излучает возмущённая область на Солнце. Если поток направлен в сторону Земли, то он может привести к геомагнитным бурям. В связи с тем, что корпускулярный поток несёт электрический заряд, на его траекторию оказывают сильное влияние солнечные и земные магнитные поля, что затрудняет изучение данного явления, и поэтому полученные экспериментальные данные могут быть востребованы.

Экспериментальные данные

Состав приёмно-регистрирующей аппаратуры обсерватории ПГИ Ловозеро, Мурманская обл. (67,97°N, 35,02°E): приёмник ОНЧ-диапазона (400...7500 Гц) с рамочной антенной на входе и последовательный анализатор спектра поля атмосфериков [3, 4].

В данной работе использовались архивные данные X-Ray Flux геостационарного спутника GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) [5, 6] и магнитограммы геофизической обсерватории Соданкюля (Sodankyla, Fin), имеющей географические координаты: 67°22' N, 26°38' E [7, 9].

Для исследования была выбрана вспышка на Солнце (20.11.2020 г.), состоящая из трёх импульсов мощности класса В и С [5].

На рис. 1 представлены 3-суточная (20.11.2020...22.11.2020) синхронная запись X-Ray Flux (рис. 1 а) и реакция магнитного поля Земли [7] (рис. 1б) и поля атмосфериков (п.а.) (рис. 1в, г) на данную солнечную вспышку.

На временной оси АЧХ поля атмосфериков (рис. 1в, г) можно выделить два участка с эффектом внезапного усиления атмосфериков $SEA_{1,2}$ (sudden enhancement of atmospherics) [2]:

SEA_1 – (19:00/20.11.2020...05:00/21.11.2020);

SEA_2 – (07:00/21.11.2020...21:00/21.11.2020).

Факт совпадения периода импульсов солнечной вспышки (рис. 2) и периода вариаций амплитуды спектральных составляющих п.а. в указанных на графиках полосах частот [(0,9...3,6 кГц и [(2,4...3,6) кГц] подтверждает соответствие указанных эффектов $SEA_{1,2}$ рассматриваемой вспышке на Солнце.

Количественные оценки характеристик $SEA_{1,2}$:

а) SEA_1 :

- временная задержка: $\tau \approx (9,5...12)$ час;

- частотный диапазон амплитудных вариаций: $\Delta f = (3600...909)$ Гц / (909...3600) Гц;

- крутизна частотных преобразований меняется в пределах:

$\Delta f/\Delta t \approx (13...30)$ Гц/мин;

- коэффициент усиления спектральных составляющих п.а.: $K \approx (1,2...1,7)$.

б) SEA_2 :

- временная задержка: $\tau \approx (47...48)$ час;

- частотный диапазон амплитудных вариаций: $\Delta f = (3600...1795)$ Гц / (1795...3600) Гц;

- крутизна частотных преобразований меняется в пределах:

$\Delta f/\Delta t \approx (8...9,5)$ Гц/мин;

- коэффициент усиления спектральных составляющих п.а.: $K \approx (1,7...2,0)$.

Из анализа временной задержки τ можно предположить, что SEA_1 вызвано рентгеновским и ультрафиолетовым излучением Солнца, а SEA_2 – потоком его корпускулярных частиц.

На рис. 3 приведена синхронная запись вариаций магнитного поля Земли и поля атмосфериков во время событий $SEA_{1,2}$, можно отметить временную корреляцию амплитуд указанных выше событий.

Заключение

Представленные в статье экспериментальные результаты эффектов $SEA_{1,2}$ позволяют оценить:

а) временные задержки между вспышкой на Солнце и реакцией нижней ионосферы Земли;

б) частотный диапазон амплитудных вариаций спектральных составляющих п.а., который позволяет определить характерные энергии частиц, вызвавших ионизацию D-слоя ионосферы;

в) степень корреляции вариации магнитного поля Земли и АЧХ п.а., которая дает дополнительную информацию при изучении солнечно-земных связей;

г) возможные изменения условий радиосвязи в полосе частот ОНЧ-диапазона.

Литература

1. Ратклифф Дж.А. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. – М.: Мир. 1975. 296 с.

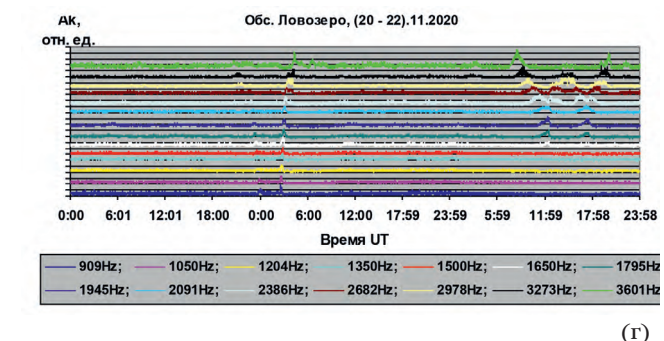
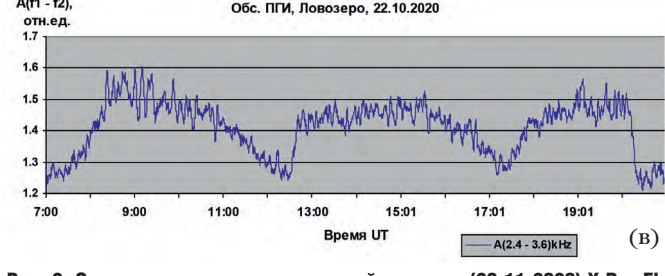
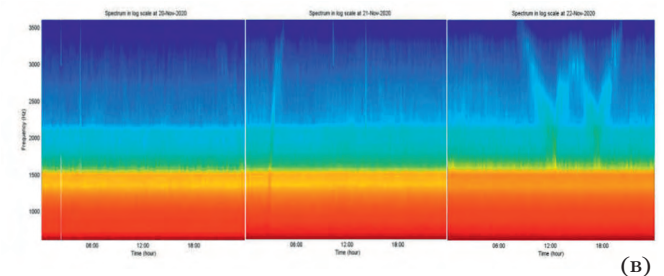
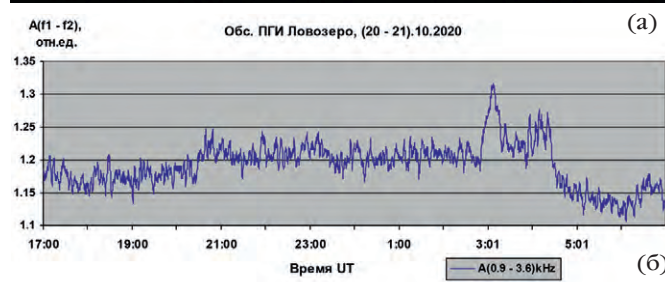
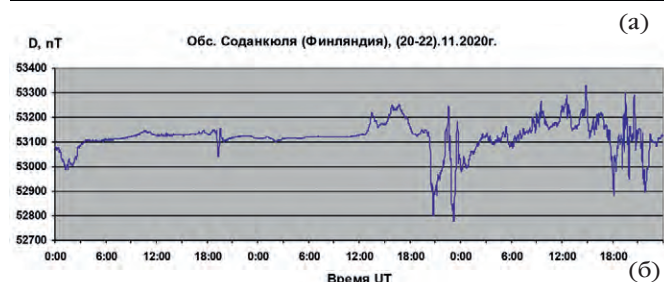
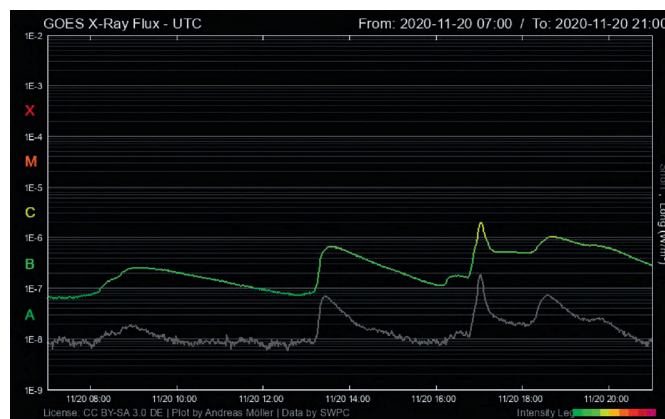
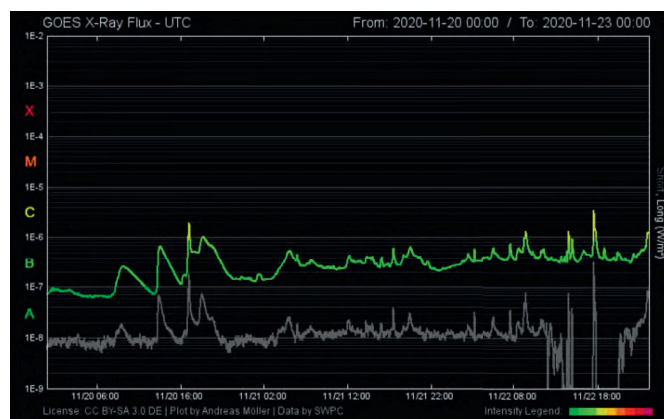


Рис. 1. Синхронная запись солнечной вспышки (20.11.2020) X-Ray Flux (GOES) [5], магнитного поля Земли [7], АЧХ п.а. в течение 3 смежных суток (20.11.2020...22.11.2020): а) X-Ray Flux (GOES); б) магнитограмма D_{xyz} поля Земли; в) сонограмма п.а.; г) АЧХ п.а

- Физика верхней атмосферы Земли / под ред. Г.С. Иванова-Холодного. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1971.
- Галахов А., Косолапенко В., Ларченко А. и др. Анализатор спектра поля атмосфериков на реконфигурируемых ПАИС Anadigm // Современная электроника. 2019. № 7. С. 62–66.
- Галахов А. Анализатор спектра поля атмосфериков – инструмент изучения гелиогеофизической обстановки // Современная электроника. 2020. № 8. С. 30–34.
- GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) // URL: https://www.polarlicht-vorhersage.de/goes/2020-11-20_000000_2020-11-23_000000.png.
- GOES(Geostationary Operational Environmental Satellite) // URL: https://www.polarlicht-vorhersage.de/goes/2020-11-20_070000_2020-11-20_210000.png.

Рис. 2. Сравнительная запись солнечной вспышки (20.11.2020) X-Ray Flux (GOES) и АЧХ поля атмосфериков во время эффектов SEA_{1,2}: а) X-Ray Flux (GOES): 2020-11-20_070000_2020-11-20_210000 [6]; б) АЧХ поля атмосфериков SEA₁: 17:00(20.11.2020)...07:00(21.11.2020); в) АЧХ поля атмосфериков SEA₂: 07:00(22.11.2020)...21:00(22.11.2020)

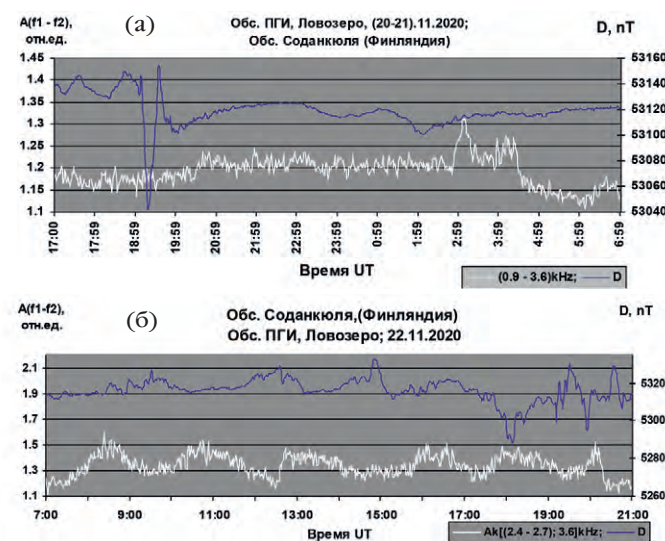


Рис. 3. Синхронная запись магнитограммы [7.8] и АЧХ поля атмосфериков во время эффекта SEA_{1,2}: а) магнитограмма [7] и АЧХ п.а. SEA₁; б) магнитограмма [8] и АЧХ п.а. SEA₂.

- Sodankyla Geophysical Observatory // URL: http://sgodata.sgo.fi/pub_mag/SOD_MagData/SOD_2020/2020_11/F_201120.MIN.
- Sodankyla Geophysical Observatory // URL: http://sgodata.sgo.fi/pub_mag/SOD_MagData/SOD_2020/2020_11/F_201122.MIN.

Первый в мире адаптивный цифровой компенсатор пассивных помех

Владимир Бартенов (bartvg@rambler.ru)

Статья приурочена к столетию АО «ВНИИРТ» и дню рождения Павла Михайловича Чудакова, под руководством которого был создан цифровой компенсатор пассивных помех.

В этом году в августе две юбилейные даты: 100 лет со дня создания Остехбюро (ныне АО Всероссийский НИИ Радиотехники, «ВНИИРТ») и 100 лет со дня рождения директора «ВНИИРТ» Павла Михайловича Чудакова. У оборонного предприятия АО «ВНИИРТ» богатая история. Трудно перечислить все научно-технические достижения (многие из которых были созданы впервые в мире) этого награждённого орденом Трудового Красного Знамени НИИ [1]. Но об одном из достижений, которое непосредственно связано со временем, когда во главе «ВНИИРТ» стоял Павел Михайлович Чудаков, автор статьи хотел бы рассказать.

51 год назад по Постановлению ЦК КПСС и СМ СССР от 8 июня 1970 г. № 417-146. Всесоюзный НИИ радиотехники (ныне АО «ВНИИРТ») приступил к разработке передвижной трёхкоординатной радиолокационной станции обнаружения и сопровождения мало-высотных воздушных целей в условиях воздействия активных и пассивных помех, СТ-68 (см. рис. 1). И вот в этой РЛС впервые в мире был приме-

нён адаптивный цифровой компенсатор пассивных помех.

Несколько слов необходимо сказать об этой уникальной РЛС СТ-68 [1]. В ней было предложено много новых технических решений, в частности реализовано сочетание принципов активной и пассивной радиолокации. Работа многоканальной многофункциональной радиолокационной станции СТ-68 осуществлялась в двух существенно разных диапазонах волн. Использование двух активных и двух пассивных каналов обеспечивало обнаружение целей по всей зоне обзора, пеленгацию поставщиков активных помех. Для селекции целей на фоне комбинированных помех использовалось сочетание антенны с электронным сканированием в двух плоскостях и когерентного накопления эхо-сигналов с режекцией отражений от различных пассивных помех. Для борьбы с помехами также использовалась круговая поляризация, аппаратура компенсации шумовых помех, бланкирование импульсных сигналов, приходящих по боковым лепесткам, схемы ШОУ, БАРУ и др. Высокая когерентность излучаемых сигналов и цифровая обработка принимаемых сигналов обеспечивали подавление отражений от местных предметов до 50–60 дБ, что очень важно для мало-высотных РЛС. Имелся в РЛС СТ-68 и вспомогательный канал, где использовался квазинепрерывный сигнал, что позволило значительно улучшить характеристики обнаружения в зоне обзора ниже 1° по углу места. С помощью электронного сканирования в двух плоскостях (по азимуту +30°, углу места от 0° до 6°) в РЛС с использованием системы управления зоной обнаружения можно было «замедлять» обзор в требуемых секторах, особенно в секторах с наличием различных помех. Перечисленные

характеристики РЛС СТ-68 говорят о высоких технических требованиях, предъявленных заказчиком к этой станции, которые были выполнены.

Однако при проведении испытательного образца наблюдалось наличие значительного количества так называемых «ангелов» [3] в зоне обнаружения станции. Отражения от «ангелов», или, как ещё их называют «отражения от ясного неба», наблюдались наиболее интенсивно в районах 50–100 км от РЛС, их уровень превышал полезный сигнал до 30 дБ, а скорость перемещения достигала 100–120 км/ч. Система вторичной обработки станции перегружалась целеподобными отметками, нарушалась нормальная работа РЛС, ухудшались точностные характеристики.

Чтобы преодолеть указанные трудности, был предпринят целый ряд мероприятий. Главный конструктор РЛС С.П. Рабинович был отстранён от разработки, и работу возглавил лично директор «ВНИИРТ» Павел Михайлович Чудаков (см. рис. 2). Чудаков создал в институте специализированное подразделение по цифровой обработке сигналов. Автор этих строк тогда только влился в коллектив «ВНИИРТ» после распределения и окончания очной аспирантуры и защиты кандидатской диссертации. Мне было поручено оценить, как влияет число усредняемых выборок при оценке скорости пассивной помехи на её подавление в адаптивном цифровом компенсаторе. Такая задача мной была выполнена. При этом для решения этой задачи аналитически впервые было использовано распределение Уишарта [4]. Полученные результаты работы были внедрены в РЛС СТ-68 для обнаружения мало-высотных целей на фоне дискретных мешающих отражений. На заключительном этапе разработки РЛС СТ-68 П. М. Чудаков сделал всё возможное для успешного окончания государственных испытаний и принятия станции на вооружение. Автоматическая адаптация режимов РЛС к окружающей обстановке с применением селекции движущихся целей (СДЦ)



Рис. 1. РЛС СТ-68 (ВНИИРТ)

в виде адаптивного цифрового компенсатора (АЦК) позволила успешно решить возникшую проблему. Испытания были завершены многоцелевой «массовкой» с применением активных и пассивных помех повышенной интенсивности. Станция вела себя отлично. Результаты превзошли все ожидания.

Прежде чем подробно рассмотреть устройство адаптивного цифрового компенсатора, следует вспомнить о состоянии цифровой обработки когерентных сигналов в начале 70-х годов в СССР и за рубежом. По мере того как магнетроны в передатчиках РЛС заменялись мощными усилителями (на клистронах ЛБВ, амплитронах), что позволяло получить истинную когерентность излучаемых радиоимпульсов, а на смену ртутным линиям задержки и потенциоскопам пришли кварцевые ультразвуковые линии задержки, работающие на промежуточной частоте, эффективность систем СДЦ существенно повышалась. Однако линии задержки требовали термостатирования и всевозможных автоматических регулировок. Поэтому проблема стабильной работы аналоговых когерентных систем оставалась главной. И хотя более совершенная элементная база с появлением транзисторов и первых интегральных микросхем серьезным образом повлияла на построение когерентных систем обработки радиолокационных сигналов, самым узким местом к концу 60-х годов оставалось быстродействующее аналого-цифровое преобразование. Может быть, поэтому первым отечественным цифровым устройством с когерентной обработкой радиосигналов была не система СДЦ, а когерентный многоканальный доплеровский накопитель на 32 импульса. Автору этой статьи довелось участвовать в разработке этого устройства, когда он работал в Новосибирском Научно-исследовательском институте измерительных приборов. Что же способствовало созданию цифрового когерентного накопителя, который был использован в РЛС 9С18 (главный конструктор А.П. Ветошко) для защиты от мощных шумовых заградительных помех? К концу 60-х гг. в СССР появились первые цифровые микросхемы сдвиговых регистров 186-й серии. Например, 186ИР4 – 64-разрядный квазистатистический последовательный регистр сдвига. Именно на них и

были реализованы цифровые линии задержки когерентного накопителя. Для стабилизации ложных тревог на входе накопителя было применено жесткое ограничение сигналов на промежуточной частоте с последующим выделением с помощью фазовых детекторов квадратурных составляющих, которые с помощью компараторов квантовали фазу на четыре уровня. С отводов регистров сдвига сигналы подавались на резистивную матрицу, формирующую весовые коэффициенты дискретного преобразования Фурье. Сигналы с 32 доплеровских каналов объединялись на выходе схемой максимального отбора и после сравнения с порогом подвергались дополнительно некогерентному накоплению. Испытания этого накопителя в 1974–1975 гг. показали хорошие результаты, и самое главное – выявили преимущество цифровой обработки. Создать подобное устройство на аналоговых линиях задержки не представлялось возможным. Попытки применить жесткое ограничение на входе системы СДЦ, как в когерентном накопителе для упрощения цифровой их реализации, показали отрицательный результат. Настоящей сенсацией в то время можно назвать статью в Westinghouse Electric Corporation, где было приведено описание практической реализации первой в мире цифровой системы СДЦ [5]. Как отмечали авторы этой статьи, аналого-цифровой преобразователь являлся наиболее сложным устройством в этой цифровой системе СДЦ. Это и понятно, 9-разрядный АЦП с частотой преобразования 10 МГц в конце 60-х гг. изготовить было непросто. В качестве цифровой памяти использовалась память на ферритовых кольцах. Для ускорения работ по созданию цифровой системы СДЦ в НИИИП было поручено подготовить техническое задание и взаимодействовать с Институтом электрометрии СОАН СССР, где по договору с НИИИП разрабатывался восьмиразрядный высокоскоростной АЦП с частотой дискретизации 3 МГц. Эти работы велись в лаборатории А.Н. Касперовича. Такой АЦП был создан, более того, он был внедрён на Новосибирском заводе им. Коминтерна в РЛС 1С12 в рамках проводившейся в то время модернизации. Однако более преуспел в области цифровой когерентной обработки сигналов «ВНИИРТ».



Рис. 2. П.М. Чудаков (1921–1985)

Как уже было отмечено, приступив в 1970 году к разработке мобильной трёхкоординатной РЛС СТ-68, институт не только создал цифровую систему СДЦ, но и сделал её адаптивной в виде цифрового адаптивного компенсатора пассивных помех.

Рассмотрим устройство и работу АЦК (блок 59ФК12). Фактически это СДЦ в виде цифрового двухкратного череспериодного компенсатора, в котором первая ступень – просто череспериодный вычитатель, а вторая ступень – вычитатель с адаптивно подстраиваемыми на основе оценки доплеровской скорости пассивной помехи весовыми коэффициентами.

На вход АЦК поступают следующие сигналы:

- параллельные двоичные 10-разрядные коды по двум квадратурам;
- сигналы синхронизации;
- трёхразрядные коды управления режимами работы.

С выхода блока снимаются выходные сигналы:

- параллельный двоичный код – 110-разрядные;
- импульсный сигнал НРД (начало рабочей дистанции);
- импульсный сигнал КРД (конец рабочей дистанции).

Принцип работы АЦК сводится к однократному череспериодному вычитанию входных кодов отдельно по каждой квадратуре без сдвига нуля частотной характеристики, после которого производится дополнительное череспериодное вычитание совместно по обеим квадратурам, используя оценку межпериодной разности фазы для сдвига положения нуля

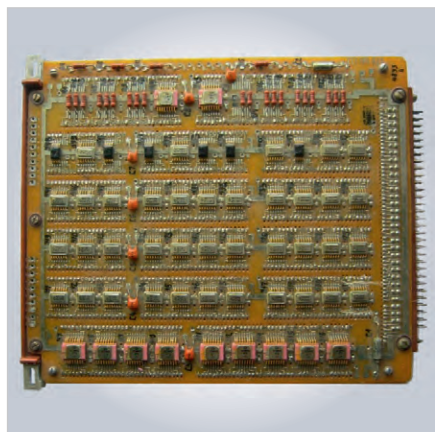


Рис. 3. Типовая ячейка АЦК В2ПР4



Рис. 4. Первый в мире адаптивный цифровой компенсатор пассивных помех

частотной характеристики АЦК. Величина сдвига нуля частотной характеристики второго вычитателя либо равна нулю по всем элементам дистанции (режим ЧПК-0), либо автоматически адаптируется (режим АЦК). На выходе блока для получения кода амплитуды производится объединение модулей квадратур.

Режимы работы АЦК, коды режимов и граничные значения оценки межпериодной разности фазы приведены в таблице.

В режиме ЧПК-Т вычитание кодов не производится, выполняется только транзит сигналов и объединение квадратур. Режим АЦК имеет две модификации. В режиме АЦК-1 оценка положения нуля скоростной характеристики производится без усреднения по элементам дистанции. Это режим защиты от целеподобных сигналов «ангелов».

Режимы работы АЦК

Режим работы	ЧПК-Т	ЧПК-0	АЦК-1					АЦК-2
Код	110	111	000	001	010	011	100	101
(град)	–	0	22,5	33,75	45	67,5	90	без огр.

В режиме АЦК-2 оценка положения нуля скоростной характеристики производится путём усреднения по четырём элементам дистанции. Это режим защиты от перемещающихся протяжённых пассивных помех. Для оценки межпериодной разности фазы использован алгоритм максимального правдоподобия, реализованный в масштабе реального времени. АЦК выполнен на типовом шасси полного объёма. Вес – 13,5 кг.

На лицевой панели расположены: сигнальные лампочки, контрольные гнезда, микротумблеры режимов. Все применяемые в АЦК ячейки соединяются при помощи розеток и направляющих, установленных на шасси блока.

В АЦК применялись интегральные микросхемы средней степени интеграции 133 серии (см. рис. 3). ОЗУ, выполняющее роль цифровых линий задержки, было выполнено на микросхемах 134РУ6, которые представляли собой статическое оперативное запоминающее устройство с произвольной выборкой 1024х1 бит.

Теперь о Павле Михайловиче Чудакове, который родился 26 августа 1921 года. Советский учёный, специалист в области радиолокации, окончил отдельный военный факультет связи МИИС (1942, ныне МТУСИ). Участник Великой Отечественной войны. С 1946 по 1964 год работал в НИЭМИ, Москва. С 1954 года работал директором этого предприятия. В этот период Чудаков руководил созданием радиолокационной техники: станций оружейной наводки (СОН-4, СОН-15, СОН-30), радиоприборного комплекса (РПК-1 «Ваза»), приборов управления артиллерийским зенитным огнем (ПУАЗО-30-6, ПУАЗО-30), ЗРК «Круг». Кандидат технических наук (1952). С конца 1964 по 1980 год являлся директором «ВНИИРТ». Руководил разработкой многофункциональной РЛС «Машук» и полностью автоматизированной РЛС СТ-68. История создания РЛС «Машук» заслуживает особого внимания [6]. Это была серьёзная работа, заданная «ВНИИРТ» в

1965 году. РЛС «Машук» (5Н88) – трёхкоординатная многофункциональная РЛС кругового обзора с большой мощностью излучения, рассчитанная на обнаружение широкого класса целей с различными ЭПР (вплоть до целей с ЭПР 0,1–0,3 м²) в сложной помеховой обстановке (см. рис. 4).

С самого начала разработки прослеживалась тенденция получения высоких тактико-технических показателей при использовании мощного 64-канального передатчика на ЛБВ, электронного управления формой, передающей диаграммы, позволяющая получать обзорные и узконаправленные лучи; многочастотность зондирующего ЛЧМ-сигнала, применения автокомпенсаторов для повышения степени защиты от активных помех, принимаемых по боковым лепесткам.

Много сил было отдано разработке системы компенсации помех, системы перестройки излучаемых частот и особенно вопросам автоматической обработки информации с помощью ЭВМ «Гранит». В 1977 г. РЛС «Машук» успешно прошла государственные испытания и была принята на вооружение. На научно-техническом совете по рассмотрению результатов разработки РЛС «Машук» основоположник отечественной радиолокации академик Ю. Б. Кобзарев назвал станцию «шедевром», так как на время создания РЛС «Машук» она значительно превосходила все существующие в мире РЛС по своим тактико-техническим характеристикам (см. рис. 5). Однако исключительность характеристик РЛС потребовала большого аппаратного объёма. Промышленность не в состоянии была освоить серийное производство этой грандиозной РЛС. Так бесславно закончилась 12-летняя история «Машука», не получившая дальнейшего развития.

К великому сожалению, история РЛС «Машук» повторилась и с РЛС СТ-68. Решая вопрос о запуске РЛС СТ-68 в серию, заказчик, ссылаясь на высокую стоимость СТ-68, рекомендовал в производство упрощённый

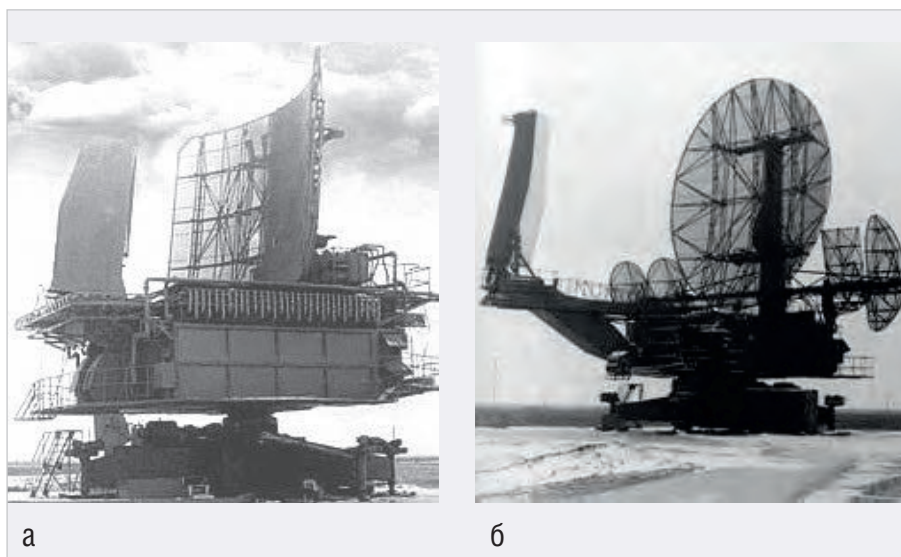


Рис. 5. РЛС «Машук»: а) антенно-поворотное устройство передающей позиции; б) антенно-поворотное устройство приёмной позиции (ВНИИРТ)

вариант РЛС СТ-68У, разработанный в КБ «Искра» (Украина). Все эти события, связанные с неудачами по внедрению в серийное производство РЛС «Машук» (5Н88) и СТ-68 (5Н59), наложили серьёзный отпечаток на судьбу П.М. Чудакова, который в 1980 году

был вынужден оставить руководство «ВНИИРТ».

Павел Михайлович Чудаков был награждён орденами Отечественной войны II степени (1944), Красной Звезды (1945), Трудового Красного Знамени (1945, 1958), 7 медалями (в том числе «За боевые заслуги», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.»).

Учёный ушёл из жизни на 64-м году. Похоронен он на Кунцевском кладбище.

Литература

1. ВНИИРТ Страницы истории. Оружие и технологии. М., 2006.
2. Бартенев В.Г. Когерентная обработка радиолокационных сигналов: история, состояние и перспективы // Электросвязь. 2014. № 3.
3. Бартенев В.Г. Радиолокационные отражения от «ясного неба» вынуждают улучшать параметры РЛС // Современная электроника. 2014. № 7.
4. Бартенев В.Г. Применение распределения Уишарта для анализа эффективности адаптивных систем селекции движущихся целей // Радиотехника и электроника. 1981. № 2.
5. Linder R.A., Kutz G.H. Digital Moving Target Indicators // IEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems. Vol. AES-3. 1967. № 6.
6. Корляков В.В., Кучеров Ю.С. Шедевр отечественной радиолокации // Военно-космическая оборона. 2007. № 5.



smiths interconnect

ВАША БЕЗОПАСНОСТЬ — НАША ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

SpaceNXT™ Aurora серия

Hypertac® — гиперболическая форма контакта

KA серия

Разъемы для космической, авиационной, медицинской техники и железнодорожного транспорта

Высокоскоростные разъемы
QuadraX/Twinax
Разъемы на печатную плату
Кабельные сборки

Высокочастотные разъемы
Оптические соединители
Соединители с подпружиненными контактами

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Терагерцовые квантовые технологии для цифровых денег, гиперскоростного SWIFT и безопасного безлюдного банкинга на элементах искусственного интеллекта

Елизавета Вальт (г. Ульяновск), **Александр Гордеев** (г. Ульяновск), **Геннадий Святец** (г. Санкт-Петербург)

В статье рассматриваются вопросы внедрения терагерцовых технологий и искусственного интеллекта в мировую банковскую систему. Перечислены перспективные отечественные наработки, способные решить практически все технологические проблемы в данной области.

Введение

Стремительное развитие цифровых технологий требует внедрения новейших разработок в международной межбанковской системе передачи информации и совершения платежей (SWIFT) и во всей банковской сфере экономики.

Сегодня внутренние и внешние финансовые потоки банков всё ещё базируются на консервативных «средневековых» технологиях, таких как:

- бумажная денежная масса и драгоценные металлы;
- системы идентификации (паспорт, биометри, ДНК);
- финансовые документы с подписью «от руки» или электронной подписью;
- проводки по Интернету;
- приём, сверка и обработка информации;
- логистическая перекачка финансового капитала;
- операции с наличными через систему идентификации физического или юридического получателя.

Устаревшие финансовые технологии в SWIFT и всей банковской системе определяют целый ряд проблем в финансовой сфере экономики. Недостатки устаревших банковских технологий очевидны:

- сложность операций с криптовалютой из-за отсутствия терагерцовых цифровых систем;
- длительность и задержки во времени. Сегодня SWIFT – чрезвычайно медленная система (до трёх суток) международного финансового оборота;
- зачастую необходимость личного присутствия при проведении банковских операций;
- угроза мошенничества и офшорных коррупционных схем.

Добавим сюда и следующие факторы: численность банковских служащих в РФ никак не меньше 0,7 млн человек при средней зарплате около 80 тыс. руб/мес, т.е. ≈ 0,6 триллиона руб/год.

Если мы обратим внимание на доходную часть консолидированного госбюджета в 2021 году (порядка 18,8 триллиона рублей) и статьи расходной части бюджета, то обнаружим, что на всё здравоохранение в РФ планируется выделить 1,2 триллиона рублей, на образование – 1,2 триллиона рублей. Поэтому безлюдный банкинг – не такая уж пустая затея.

Модель внедрения терагерцовых технологий для криптовалюты, гиперскоростной системы SWIFT и безопасного безлюдного банкинга

Предлагается модель новой квантовой технологической платформы в финансовой системе SWIFT и всей банковской сфере экономики, включающая в себя:

- полный переход на цифровые деньги, исключение из оборота чеканных и бумажных денежных средств, драгоценных металлов;
- введение «безофисного», «безлюдного» цифрового банкинга;
- переход на терагерцовый диапазон беспроводной связи 7G GSM 5,0...7,5 ТГц (в «окнах прозрачности» атмосферы);
- создание цифровых COOL-терагерцовых систем;
- введение квантово-терагерцовой системы идентификации личности на основе абсолютно безопасного «чёрноволнового» терагерцового кодирования.

Предложенное позволит полностью перейти на криптовалюту и усовершенствовать международную финансовую систему SWIFT, сделать её более скоростной и безопасной.

Технологические платформы нового банкинга

Новейшими технологическими базами платформами для безлюдного банкинга с перспективой поэтапной реализации к 2027 году в РФ и последующей национальной монополии на международном финансовом рынке к 2030 году являются:

- системы распознавания личности в «чёрноволновом» исполнении с элементами искусственного интеллекта;
- индивидуальные терафлпсные, банковские петафлпсные цифровые системы и эксафлпсные суперкомпьютеры у Центробанка и крупнейших банков РФ (Сбербанка, Газпромбанка, ВТБ, ВЭБ, Россельхозбанка и др.) с операционной способностью значительно выше, чем у суперкомпьютера Christofari Сбербанка;
- 7G (2...3 Тбит/с) и, впоследствии, в четвёртом десятилетии последовательно 8G (до 15 Тбит/с), 9G (до 30 и выше Тбит/с), наработки по 10G к 2040 году в ультрафиолете на частотах ≈ 800 ТГц (400 Тбит/с).

Система распознавания образов на элементах искусственного интеллекта

Безлюдный банкинг – это виртуальное пространство личности с наделением её абсолютными правами временно-го присутствия в тера- и петагерцовых цифровых сетях мировой банковской системы.

Проведение операционных проводок цифровых денег (криптовалюты) требует абсолютной надёжности таких операций. Кроме того, необходимо навсегда закрыть проблемы хакерского взлома баз данных, депозитной и активной финансовой ёмкости банков.

Можно ли создать такую безопасную систему с вероятностью ошибки до $10^{-12}\%$? Конечно, можно. Это обеспечивается тем обстоятельством, что на планете нет абсолютно одинаковых людей по внешним («оптическим») признакам и, конечно, нет совпадающего спектра энергии излучения в «чёрноволновом» диапазоне [1].

«Чёрноволновое» излучение содержит гамму квантов излучения в диапазоне 5...15 мкм, обеспечивающих информацию о поверхности лица, рук, человеческого тела. Это терагерцовый диапазон, этот набор комбинаций спектра излучения от каждого человека может принять в память только эксафлопсный компьютер. На фоне такой технологии действия хакеров становятся невозможными. Кроме того, система распознавания личности исключает действия мошенников. В этом и заключается смысл введения абсолютно безопасного «чёрноволнового» искусственного интеллекта в банковских цифровых сетях.

Частотный диапазон «чёрноволнового» излучения тела человека:

- базовый – $6 \times 10^{13} \dots 2 \times 10^{11}$ Гц;
- совокупный – $6 \times 10^{13} \dots 3 \times 10^{11}$ Гц.

Имеющиеся технологии и материалы в России:

- LPE $i\text{-}_{\text{Si}}\text{GaAs}_{\text{Si}}$ – фотонно-фононный изолятор на эффекте расщепления запрещённой зоны [5];
- AlN фотонно-фононный приёмник ИК излучения [2];
- Si-SiC терагерцовый генератор на частоты $3 \times 10^{13} \dots 3 \times 10^{11}$ Гц.

Технологии LPE $i\text{-}_{\text{Si}}\text{GaAs}_{\text{Si}}$ и AlN толстых бездефектных кристаллов, а также технология лантаноидных наногетероструктур Si-SiC для ТГц-генерации и «чёрноволнового» приёма в необходимых для мирового рынка объёмах могут быть развернуты в России за один-полтора года.

Физическая модель «чёрноволнового» приёма/излучения, построенная на более ранних работах советских учёных С.А. Ахманова, Р.В. Хохлова [3], показана в работах [4–6]. Она также была представлена в докладе А.И. Гордеева на 25-й Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения (Москва, 24–26 мая 2018 г.).

Цифровые терагерцовые и петагерцовые системы для нового банкинга

В РФ имеются условия для рывка по таким технологическим направлениям, как:

- кулоновские субтерагерцовые, с предельной частотой коммутации GaAs MOS цифровые СБИС с длиной канала до 100 нм ($f_T = 600$ ГГц) и до 65 нм (f_T до 1000 ГГц) 300...500 Гбит/с;
- фотонно-фононно-плазмOIDные цифровые системы на частотах прозрачности беспроводных систем 5,0...7,5 ТГц (до 2...3 Тбит/с); 25...30 ТГц (до 10...15 Тбит/с) и до 600...800 ТГц (до 300...400 Тбит/с).

В первом случае системы могут быть выполнены на сэндвич-подложках диаметром 150 мм Si-Se-Ge-GaAs (MOCVD) – GaAs (LPE²), во втором случае – на материалах LPE $i\text{-}_{\text{Si}}\text{GaAs}_{\text{Si}}$ и на тринитридном AlN на частотах вблизи 600 ТГц.

В России всё есть с точки зрения технологии, уникальнейших материалов, но, к сожалению, достаточно и некомпетентности, даже в высших научных кругах. Мы рассчитываем на заинтересованность крупнейших банков в развитии новейших цифровых систем.

В области фотонно-фононно-плазмOIDной технологии создания нового поколения квантовых/фотонных компьютеров есть не только сторонники этого направления, но и явные научные лидеры – в научных центрах Сарова, Ростова-на-Дону, Самары, Санкт-Петербурга. Добавим, что имеется также проект Федеральной программы по созданию фотонных компьютеров на базе Росатома.

6G, 7G – реальность создания к 2030 году или миф?

Перспективы создания 5G в России весьма туманны. На частотах 6 ГГц они никому не нужны. Частоты 27...29 ГГц с полосой производительности до 10...15 Гбит/с, которые по меркам Запада являются «средними по возможностям», России с её собственной элементной базой при существующем положении дел не по зубам, хотя, в принципе, технологически – всё есть. В том числе имеется возможность реализации синтезаторов частот, объёмно-акустических фильтров, р- и n-канальных LPE GaAs MOSFET с комбинированным каналом на граничные частоты до 500 ГГц с мощностью как минимум 1,0 Вт/300 ГГц, а также на основе зонно-релятивистских LPE GaAs MOSFET (р- и n-канал) – до 3,0 Вт / 300 ГГц.

Таким образом, для создания 6G имеется всё необходимое, нужно только, чтобы не было противодействия со

стороны определённых научных кругов и чтобы были приняты соответствующие решения на государственном уровне.

Что касается 7G, то здесь практически нет особых проблем выполнить твердотельные терагерцовые приборы (усилители, генераторы, фазовращатели, синтезаторы, смесители, умножители, УПЧ, оптические модуляторы, WGM (Whispering Gallery Mode) на модах Блоха, гетероантенны на основе структуры металл-диэлектрик и многое другое).

Следовательно, преодолев консерватизм и повысив уровень компетенции высших академических кругов в физике твёрдого тела, Россия может в кратчайшее время приступить к реализации этой стратегической задачи (ёмкость рынка 7G – до 1,2 триллиона долларов).

Заключение

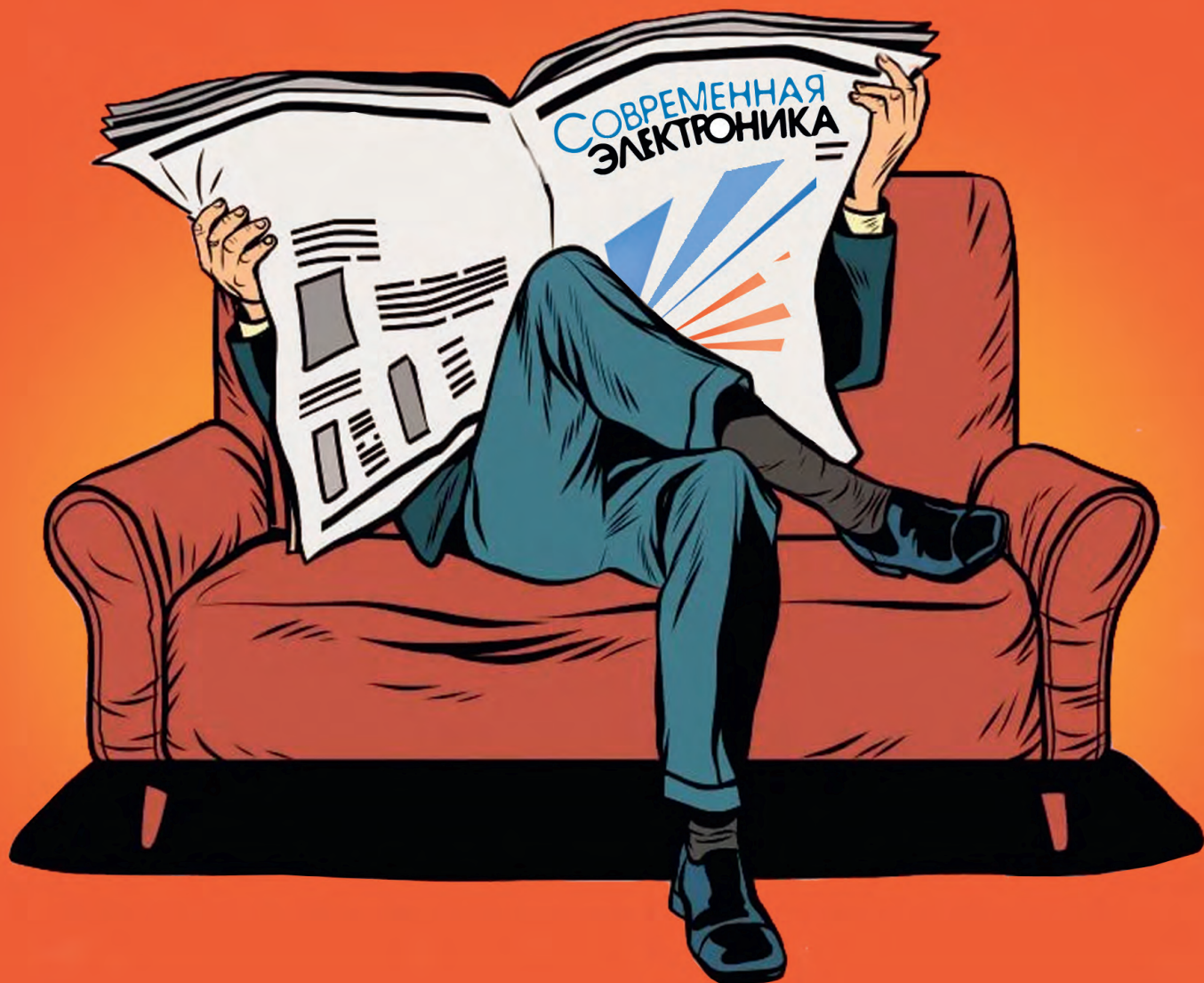
В статье показано, как построить новейшую гиперсверхбыструю ультрасовременную технологию безлюдного банкинга с элементами искусственного интеллекта. Статья рассчитана на заинтересованность со стороны Сбербанка, ВТБ, ВЭБ, Газпромбанка. В публикации показаны будущие технологии для терагерцовой цифровой экономики в России в целом.

Литература

1. Гордеев А.И. Как завоевать мировой рынок электроники в посткремниевую эпоху? // Современная электроника. 2021. №3.
2. Кукушкин С.А., Шарофидинов Ш.Ш. Новый метод получения объёмных кристаллов AlN, GaN и AlGaIn с использованием гибридных подложек SiC/Si // Физика твёрдого тела. 2019, т. 61. Вып. 12.
3. Ахманов С.А., Хохлов Р.В. Об одной возможности усиления световых волн // ЖЭТФ. 1962. Т. 43. № 1. С. 351–353.
4. Гордеев А.И., Войтович В.Е., Звонарев А.В. Новая физическая твёрдотельная электроника на основе терагерцового расщепления и деформации запрещённой зоны LPE $i\text{-}_{\text{Si}}\text{GaAs}_{\text{Si}}$ -кристаллов. Ч. 1 // Радиотехника. 2017. № 10.
5. Гордеев А.И. Перспективные терагерцовые поляризованные информационные системы в 2 ч. // Современная электроника. 2016. № 6, 7.
6. Войтович В.Е., Гордеев А.И., Звонарев А.В. Терагерцовая термоэлектроника на основе монокристаллов LPE $i\text{-}_{\text{Si}}\text{GaAs}_{\text{Si}}$ (SiO), в 2 ч. // Современная электроника. 2017. № 3, 4. ©



ЧИТАЙТЕ КАК ВАМ УДОБНО



ПЕЧАТНУЮ

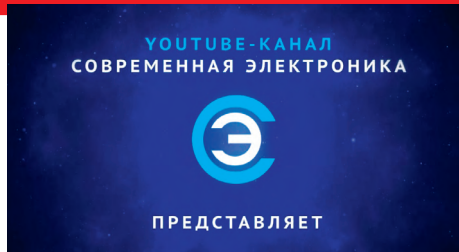
ПОДПИСКА С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКОЙ

ИЛИ ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ ЖУРНАЛА

**СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА**

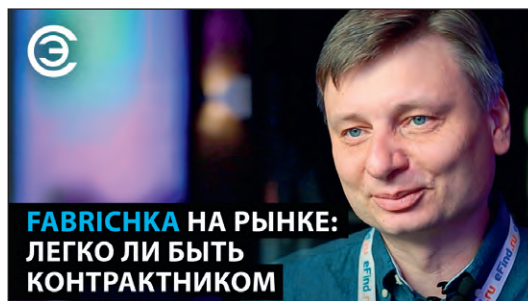
ПОДПИСКА
НА ЖУРНАЛ

онлайн: www.soel.ru • +7 495 232-0087 • info@soel.ru
на почте: по каталогу «Урал-пресс» (индекс для печатной версии 36280)



Смотрите на канале **СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

17 июня 2021 года в Москве состоялась конференция контрактных производителей электроники под эгидой АРПЭ. Со многими её участниками нам удалось побеседовать. Получился своеобразный срез рынка контрактников, позволяющий оценить настроения, ожидания и текущие планы, озвученные экспертами-практиками из многих отечественных предприятий.



«...С точки зрения профессионализма контрактного производства хотелось бы большего...»

1 июля 2021 года команда «Современной электроники» побывала в гостях в офисе компании Rohde&Schwarz и приняла участие в презентации нового осциллографа RTO6, пришедшего на смену легендарной серии RT2000.

Новый прибор – это настоящая настольная лаборатория электронщика. Но не будем голословными: в нашем ролике вы услышите обо всех ключевых особенностях RTO6 из первых уст.

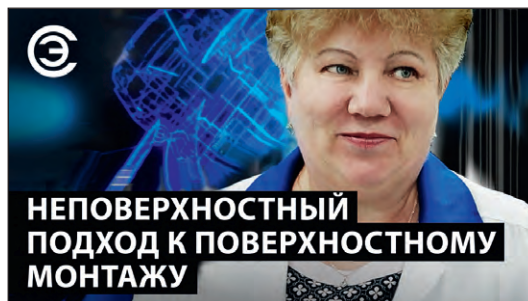


«...Выпуская новый прибор на рынок, мы уже задумываемся о том, как будет выглядеть наш следующий осциллограф...»

НТЦ «Модуль» более 30 лет успешно работает на российском рынке наукоемких технологий.

Компания создаёт высокопроизводительные процессорные ядра и аналогово-цифровые системы-на-кристалле, разрабатывает и производит аппаратуру управления и контроля самых современных авиационных и космических систем, аппаратно-программные решения в области нейронных сетей и многое другое.

Репортажи с производства НТЦ «Модуль» смотрите на нашем канале уже сегодня!



ТЕСТПРИБОР

СВЧ И ВЧ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ



■ Усилители



■ Смесители и умножители частот



■ Частотные генераторы



■ Электромеханические переключатели



■ Волноводы и коаксиально-волноводные переходы

В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК ПРОДУКЦИЯ ВЕДУЩИХ КОМПАНИЙ - ЛИДЕРОВ В ОБЛАСТИ СВЧ И ВЧ КОМПОНЕНТОВ

Специалисты компании «ТЕСТПРИБОР» окажут помощь и поддержку:

- в выборе изготовителя и подборе аналогов;
- в составлении технического задания и изготовлении продукции по индивидуальным требованиям заказчика;
- в логистике;
- в проведении тестирования и испытаниях.

