

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

WWW.SOEL.RU

7

2021

YouTube
канал

НЕОБЫЧНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ОБЫЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ



В номере:

Печать 3D-компонентов
алюминием

Защита EEPROM
от взлома и копирования

Больше разъёмов
хороших и разных

Что придёт на смену CAN
в автомобиле

Погружение в Proteus.
Ныряем глубже

ВЕНТИЛЯТОРЫ



EVERCOOL
The Aesthetics Of Heat Dispersion



- DC вентиляторы
- AC вентиляторы
- центробежные вентиляторы
- USB вентиляторы
- вентиляторы с ШИМ управлением



15 лет на рынке



www.platan.ru

ООО «Платан-Энерго»

Адрес: 125284, ул. Беговая, д. 6А

тел.: +7 (495) 252-07-77

факс: +7 (495) 252-07-00

e-mail: sales@platan-energo.ru



ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

АО «ТЕСТПРИБОР» ПРОВОДИТ СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭКБ

Преимущества:

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

ВИДЫ РАБОТ

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

Реклама



+7 (495) 657-87-37



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



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



Здравствуйтесь, уважаемые друзья!

Во времена технологического бума 1970-х годов ведущие производители полупроводников придерживались вертикально интегрированной бизнес-модели: проектирование, тестирование и самостоятельное создание коммерческих продуктов. Позднее, в начале 1980-х, на рынок начали выходить более мелкие производители, но требования рентабельности диктовали этим компаниям непосильные объёмы производства. Эта проблема в сочетании с ростом полупроводниковой промышленности в мире натолкнула на создание уникальной бизнес-модели. Сегодня бизнес-модель fabless крайне популярна в полупроводниковой отрасли, поскольку позволяет контрактным производителям инвестировать прибыль в исследования и разработки новых технологий создания чипов, сохраняя при этом высокие объёмы производства, необходимые для поддержания рентабельности продаж. Для справки: согласно статистическим данным Ассоциации полупроводниковой промышленности в 2020 году мировые продажи микросхем выросли до \$440 млрд, что на 6,8% больше, чем годом ранее.

Но есть у fabless-стратегии и оборотная сторона, заставляющая беспокоиться даже технологических лидеров. Прочитав генерального директора и основателя компании iDEAL Semiconductor Марка Гранахана: «Переход США к "бесфабричным" технологиям привёл к тому, что американские компании, владеющие собственными производствами, ради экономии отказываются от этих своих подразделений. Объём зарубежного контроля на американском рынке полупроводников за счёт приобретения компаний либо передачи на аутсорсинг Тайваню, Китаю и Корею уже астрономичен. Позволить этому продолжаться – значит поставить США в положение подчинения иностранным интересам в вопросах, выходящих далеко за рамки технологических достижений. Поскольку многие страны, от которых мы зависим в вопросах производства полупроводниковых изделий, либо не связаны законодательством об интеллектуальной собственности, либо не соблюдают его, остаётся вероятность нарушения национальной безопасности. Возглавляют список опасений по поводу такой сильной зависимости от полупроводников азиатского производства в США промышленный шпионаж и активное переманивание Китаем тайваньских инженерных талантов». Опасения Марка Гранахана разделяют многие эксперты. Именно поэтому, в частности, Вашингтон стремится к установлению контроля над ведущим контрактным производителем чипов Taiwan Semiconductor Manufacturing Co. (около 60% объёмов продукции поставляет в США), на чьих производственных мощностях сегодня выпускаются чипы для Министерства обороны и космической отрасли США.

И это ведущая экономика мира! А как обстоят дела с технологической независимостью России? Читайте в «Современной электронике».

Всего вам доброго!

Юрий Широков, главный редактор

Журнал «Современная электроника»
Издаётся с 2004 года

Главный редактор Ю. В. Широков
Заместитель главного редактора
А. В. Малыгин

Редакционная коллегия А. Е. Балакирев,
В. К. Жданкин, С. А. Сорокин, Д. А. Кабачник,
Р. Х. Хакимов

Вёрстка А. М. Бабичук

Обложка Д. В. Юсим

Распространение А. Б. Хамидова (info@soel.ru)

Реклама И. Е. Савина (advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»

Генеральный директор К. В. Седов

Адрес учредителя и издателя:

117279, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108,
пом/ком/эт 1/67/тех

Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26

Тел.: (495) 232-00-87 • Факс: (495) 232-16-53
info@soel.ru • www.soel.ru

Производственно-практический журнал
Выходит 9 раз в год. Тираж 10 000 экз.
Цена свободная

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

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».

Адрес: Москва, Сигнальный проезд, 19, бизнес-
центр Вэлдан. Тел./факс: (499) 903-69-52

Перепечатка материалов допускается только
с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы
несут рекламодатели.

Ответственность за содержание статей несут
авторы.

Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.

Мнение редакции не обязательно совпадает
с мнением авторов.

Все упомянутые в публикациях журнала
наименования продукции и товарные знаки
являются собственностью соответствующих
владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2021

ПОДПИСКА

БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ
на электронную версию журнала теперь
СТАЛА БЕССРОЧНОЙ

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

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

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

AdvantiX	69
CREE (RFcore)	57
Delta Design	63
Dolomant	3 стр. обл.
IEE	72
JTAG	67
Keysight	51
LITEMAX	45
TDK-Lambda	53
ВЗПП-С	4, 61
ГИРИКОНД	66
Компонента	5, 47
КУЛОН	15
МОРИОН	4
Остек-СМТ	5, 9
ПЛАТАН	2 стр. обл.
РАДЭЛ-2021	49
Силовая Электроника-2021	21
Тестприбор	1, 4 стр. обл.
ЧипЭкспо-2021	19
ЭРКОН	23

Скоро на YouTube-канале
«Современной электроники»
репортажи и интервью с производства
компаний СИЛТЭК



РЫНОК

4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6 3D-печать алюминиевым сплавом в радиоэлектронике: опыт оптимизации, перепроектирования и производства

Антон Нисан

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

16 Адресно-аналоговые звуковые и световые оповещатели в системе пожарной сигнализации FX NET

Андрей Кашкаров

22 Библиотеки электронных компонентов АО «НПО «ЭРКОН»

Юрий Еремеев

26 Радиочастотные соединители TMR повышенной мощности компании CarlisleIT, США. Действительно с лучшими параметрами, чем у аналогов?

Кива Джурицкий

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

32 Синхронизация по радиоканалу на примере систем, передающих эталонное время

Андрей Кашкаров

36 Защита интеллектуальной собственности и программного обеспечения на базе микроконтроллеров с EEPROM

Сергей Шишкин

40 Применение мощного аудио ОУ LM1875T в новых (не аудио) приложениях

Алексей Кузьминов

46 Автоматизация начинается с разъёма

Алексей Асабин

50 Бортовые коммуникационные сети автомобиля – Ethernet, SERDES или сразу обе? Это непростой вопрос

Алан А. Варгезе

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

54 Проектирование схем микросистемных устройств в Proteus с использованием внешней памяти.

Часть 2

Татьяна Колесникова

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

70 О декорреляции принимаемых сигналов при классификации объектов по межчастотному корреляционному признаку

Владимир Бартенев

Новости российского рынка

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

АО «ВЗПП-С» – один из ведущих отечественных предприятий – производителей электронных компонентов

В последнее время разработанные нашим предприятием в 2019–2020 годах изделия ЭКБ пользуются высоким спросом и освоены в серийном производстве, налажены поставки отечественным предприятиям – производителям РЭА:

- быстросовмещающиеся диоды и диодные сборки серии 2ДВ102, 103, 104, 105 (13 типонаименований); (200÷600 В; 1÷35 А; 25÷60 нс);
- однофазные мосты серии 2МД147, 148, 149 (8 типонаименований); (200÷600 В; 0,5÷25 А; 1÷1,1 В);
- диоды Шоттки и диодные сборки (23 типонаименования); (5÷200 В; 0,001÷70(2×35) А; 0,25÷1,18 В);
- двухканальные драйверы серии 1347 (6 типонаименований); (6÷20 В; 1,5 А/–1,5 А; 70/75 нс);
- ШИМ-контроллеры серии 5319 (4 типонаименования); (≤ 28 В, $\pm 0,9$ А; 10÷500 кГц);
- МКМ серии 3005 (4 типонаименования):
 - управляемый напряжением двухполярный источник тока;

- преобразователь напряжения на датчике тока;
- преобразователи входных дискретных сигналов;
- МКМ управления источником питания.

Разработаны и готовы к поставке с III кв. 2021 г. следующие ЭКБ категории качества «ОТК»:

- двухканальные драйверы К5342ЕХ014, 015 (7÷35 В; 4 / –4 А; 50/50 нс);
 - двухканальные драйверы серии К1347 (6÷20 В; 1,5/–1,5 А; 70/75 нс);
 - диоды Шоттки 2ДШ159А9 (30 В; 0,5 А; 0,8 В);
 - ограничители напряжения КР243А (73 В; 680 А @ 0,15 мс; 100 В), КР1204А9 (18 В; 60 А @ 1 мс; 25 В);
 - транзисторы КРЕ126А9 (30 В; 1,4 А; 120 мОм), КРЕ119А9 (30 В; 3,2 А; 85 мОм).
- Кроме того, предприятие с 2019 года продолжает выпуск программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) 5578ТС084 (корп. МК 4248.144-1), 5578ТС094 (корп. МК 4251.304-2), 5578ТС064 (корп. МК 4254.352-1), 5578ТС104 (корп. МК 4254.352-1), а также ПЛИС раннего производства: 5576ХС1Т, 5576ХС4Т, 5576ХС6Т, 5576ХС7Т, 5578ХС024, 5578ХС034.

Для проектирования ПЛИС используется САПР Quartus II и доп. ПО разработки и производства АО «КТЦ ЭЛЕКТРОНИКА». Для всей номенклатуры имеются комплекты инструментов, необходимых для разработчика.



С 2021 года АО «ВЗПП-С» осуществляет услуги по сборке и испытанию изделий ЭКБ сторонними организациями, обладая технологиями сборочного производства металлокерамических и металлополимерных корпусов (CCGA, PBGA, CQFP, CQFN, SMD, DLCC, D-ПАК, D2-ПАК и т.д.), сборки бескорпусных кристаллов на печатных платах по технологии «chip-on-board», а также монтажа кристалла методом «flip-chip».

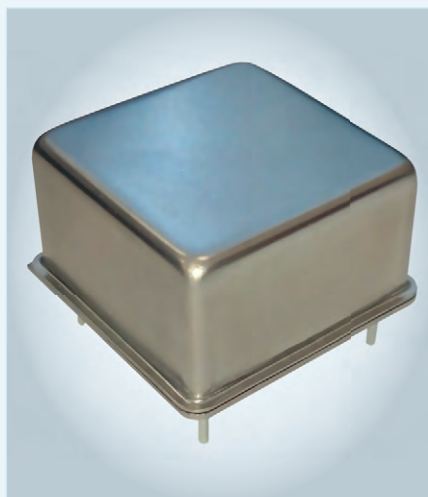
www.vzpp-s.ru
market@vzpp-s.ru
 +7 (473) 227-95-27

ПОПОЛНЕНИЕ ЛИНЕЙКИ ГЕНЕРАТОРОВ 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 новый малогабаритный термостатированный кварцевый генератор ГК395-ТС.

Данная модель на отечественной элементной базе специально разработана для применения в перспективных разработках бортовой аппаратуры космических аппаратов, в том числе и для работы в открытом космосе, в первую очередь, в качестве альтернативы ряду генераторов импортного производства, применяемых сегодня.

Генератор выполнен в компактном сварном корпусе 26×26×15 мм и предназначен для работы в диапазоне частот от 10,0 до



60,0 МГц с перспективой расширения до 100 МГц.

Основными преимуществами данной модели являются:

- повышенные требования по стойкости к излучению космического пространства и надёжности;

- стабильность частоты до $\pm 1,3 \times 10^{-8}$ в интервале рабочих температур –20...+60°C;
- низкий уровень фазовых шумов:

	10,0 и 20,0 МГц	30,0 и 60,0 МГц
1 Гц	–100	–90
10 Гц	–130	–120
100 Гц	–152	–141
1000 Гц	–159	–147
10 000 Гц	–162	–151

- малое энергопотребление в установившемся режиме.

Прибор выпускается в вариантах с напряжением питания 5 В и 3,3 В, КМОП и SIN выходным сигналом.

На текущий момент возможна поставка опытных образцов. Серийный выпуск планируется на 2023 год.

Стенд АО «Морион» В4.3 на выставке «RADEL-2021» в Экспофоруме, г. Санкт-Петербург, 21-24 сентября

www.morion.com.ru
sale@morion.com.ru
 +7 (812) 350-75-72

4,3" дюймовый TFT с IPS-матрицей

Компания Raystar представляет очередную модель дисплея серии REF43VW – это 4,3" дюймовый TFT-дисплейный модуль RFE43VW-1YH-DHG с IPS-матрицей, разрешением экрана 480×272 пикселей и проектируемым ёмкостным сенсорным экраном (управляющий интерфейс USB). Данный дисплейный модуль возможно напрямую подключать по цифровому входу HDMI (только сигнал DVI) к различным системам Raspberry Pi, но отсутствует поддержка встроенного параметра EDID (расширенные данные идентификации дисплея) для полноценного использования интерфейса HDMI от ПК.

Применяемая в модуле IPS-матрица позволяет пользователю наблюдать чёткое изображение под более широкими углами. Максимальная яркость экрана достигает 800 кд/м² при контрастности 800:1.

В серии RFE43VW активно задействована функция ШИМ (шиотно-импульсная модуляция) для регулировки яркости светодиодной подсветки. Напряжение питания ЖК-модуля составляет 5 В (типовое значение). Диапазон рабочих температур от –20 до +70°C, температура хранения от –30 до +80°C.

Информационные кабели HDMI и USB являются дополнительными аксессуарами и приобретаются отдельно. Клиент может их использовать для подключения модуля к микрокомпьютерам Raspberry Pi через соответствующее разъёмное соединение. Дисплейный модуль поддерживает работу с различными моделями Raspberry Pi вплоть до последних моделей Pi 3 B+ и Pi 4B.



Обращаем ваше внимание, что в стандартной поставке модуля RFE43VW-1YH-DHG отсутствует разъём micro-HDMI, ввиду этого потребитель должен заранее подготовить переходник с micro-HDMI на HDMI.

Основные характеристики:

- диагональ: 4,3 дюйма;
- разрешение экрана: 480×RGB×272(TFT) точки;

- размер модуля: 105,5(Ш)×84,2(В)×23,78(Г) мм;
- активная область: 95,04×53,856 мм;
- шаг пикселей: 0,198×0,198 мм;
- тип ЖК-дисплея: TFT, Normally Black, Transmissive;
- углы обзора: 80/80/80/80;
- соотношение сторон: 16:9;
- микросхема контроллера: TFP401;
- интерфейс: HDMI (только DVI);
- тип подсветки: LED, белый цвет;
- версия PCAP: 0x07.0x00.0x00.0x00.0x01.0x0C.0x11.0x43;
- интерфейс PCAP: USB;
- микросхема PCAP: ILI2130 или подобная;
- разрешение PCAP: 16384×16384;
- тач-панель: PCAP;
- поверхность: глянцевая.

К заказу доступны различные модели серии REF43VW:

- RFE43VW-1YH-DHN (высокая яркость; без тач-панели);
- RFE43VW-1YH-DHG (высокая яркость; PCAP с ёмкостной тач-панелью);
- RFE43VW-1YH-DHS (высокая яркость; RTP – с резистивной тач-панелью).

www.komponenta.ru

info@komponenta.ru

+7 (495) 150-21-50

СОБЫТИЯ

Остек-СМТ приглашает на технологические вебинары

В сентябре и октябре 2021 года Академия Технологий Остек-СМТ проведёт бесплатную серию онлайн-семинаров по наиболее актуальным вопросам сборки РЭА. Вебинары помогут повысить эффективность производства и дадут ответы на самые актуальные вопросы.

Вебинары состоят из теоретической части с уникальным контентом и практической, где спикер и зарубежные партнёры компании из Европы и Азии наглядно продемонстрируют работу систем. В каждом вебинаре есть возможность задать вопрос спикерам, вендорам и рассмотреть конкретный кейс участника.

Вебинар для руководителей производственных подразделений, технических директоров, главных инженеров и главных технологов, а также их заместителей:

30.09.2021, 11.00–13.00. Цифровое сборочно-монтажное производство. Демонстрация работы элементов решения.

Вебинар для руководителей, разработчиков, конструкторов, технологов, представителей ОТК:

06.10.2021, 11.00–13.00. 3D-печать и компьютерная томография в приборостроении. Демонстрация напечатанных изделий.

Остек-СМТ: вебинары для сборочно-монтажных производств РЭА



Вебинары для технологов, главных технологов и технических специалистов, а также руководителей сборочно-монтажных производств:

07.10.2021, 10.00–12.00. Комплексный подход к контролю качества сборки. Прямое включение из демозала Viscom, Германия:

14.10.2021, 10.00–12.00. Склад 4.0: комплексное решение для цифрового производства. Прямое включение из демозала Essegi, Италия:

21.10.2021, 10.00–12.00. Модульная платформа Fuji Aimex III для установки компо-

нентов. Демонстрация работы модульной платформы AIMEX III:

28.10.2021, 10.00–12.00. Многофункциональные сборочные центры. Прямое включение из демозала Essemtec, Швейцария.

Зарегистрироваться и прочитать подробнее о каждом вебинаре можно на сайте компании ostec-smt.ru в разделе «Календарь событий». Участие бесплатное. Количество мест ограничено.

www.ostec-smt.ru

info@ostec-group.ru

+7 (495) 788-44-41

3D-печать алюминиевым сплавом в радиоэлектронике: опыт оптимизации, перепроектирования и производства

Антон Нисан

Декларируемые преимущества аддитивных технологий, в частности селективного лазерного сплавления, хорошо известны и включают в себя возможность получения монолитного изделия сложной формы, в том числе с внутренними каналами; снижение массы; уменьшение сроков изготовления; объединение нескольких деталей в одну, сокращающее ручные операции сборки и пайки и повышающее повторяемость производства. Понимая актуальность этих преимуществ для радиоэлектронной промышленности, мы, дополнив в 2018 году лабораторию аддитивных технологий Остек-CMT 3D-принтером Renishaw, наработали совместно с заказчиками достаточно интересный опыт перепроектирования, оптимизации и изготовления изделий радиоэлектроники методом селективного лазерного сплавления алюминиевого порошка. О нескольких проектах из этого опыта пойдёт речь в данной статье.

На примере волноводного разветвителя и кронштейна для его крепления, фильтра, рупорных антенн, корпусов с каналами охлаждения мы покажем, какие конкретно технические и экономические преимущества аддитивных технологий достижимы на практике, в особенности при проектировании и оптимизации конструкции изделия, учитывая возможности 3D-печати. Все изделия и опытные образцы, о которых пойдёт речь ниже, изготовлены в лаборатории аддитивных технологий Остек-CMT на установке селективного лазерного сплавления Renishaw из сплава AlSi10Mg производства РУСАЛ.

Кронштейн волноводного разветвителя

Оригинальный алюминиевый кронштейн волноводного разветвителя, разработанный АО «НИИ ТП» и показанный на рис. 1, изготавливался пайкой из 16 деталей, что весьма трудоёмко и требует специальной оснастки для обеспечения требуемых допусков.

С помощью аддитивных технологий кронштейн изготавливается целиком, многократно снижая стоимость и сроки производства: за 49 часов на однолазерной системе печатаются два кронштейна.

Переход с классической на аддитивную технологию без изменения конструкции уже позволяет почувствовать

преимущества 3D-печати, но наиболее полно её достоинства раскроются при перепроектировании кронштейна с учётом новых технологических возможностей. Для переработки конструкции кронштейна было решено использовать порождающее проектирование.

Порождающее проектирование (generative design) – автоматический поиск (создание) вариантов формы детали в САПР, исходя из заданных конструктором условий будущего функционирования детали. Конструктор задаёт объём, в котором системе разрешено производить поиск решения, указывает неприкосновенные для изменения зоны, препятствия, которые необходимо обойти, крепёжные и рабочие участки детали, а также условия функционирования детали: закрепления и нагрузки. Как только система закончит поиск решений, она предоставит пользователю для просмотра и оценки найденные варианты геометрии детали. Конструктору необходимо выбрать наиболее подходящий вариант (по массе, прочности, допустимым деформациям, технологичности и другим критериям) и доработать модель.

3D-модель кронштейна, полученная в результате порождающего проектирования в Autodesk Fusion 360, была доработана (добавлена перемычка, сглажены поверхности), и по ней был выполнен расчёт напряжённо-деформированного состояния, показавший, что деформации и коэффициент запаса прочности соответствуют требованиям (см. рис. 2). Фотография напечатанного кронштейна представлена на рис. 3.

Сравнение оригинала кронштейна и кронштейнов, полученных с помощью порождающего проектирования (см. табл. 1), позволяет сделать вывод, что переработка конструкции во Fusion 360 обеспечила следующие результаты:

- снижение массы кронштейна на 56%: с 214 до 94 г;
- объединение 19 деталей в одну (кронштейн + держатели кабеля);
- уменьшение объёма поддержек при печати в 1,5 раза;
- сокращение времени печати на 28%;

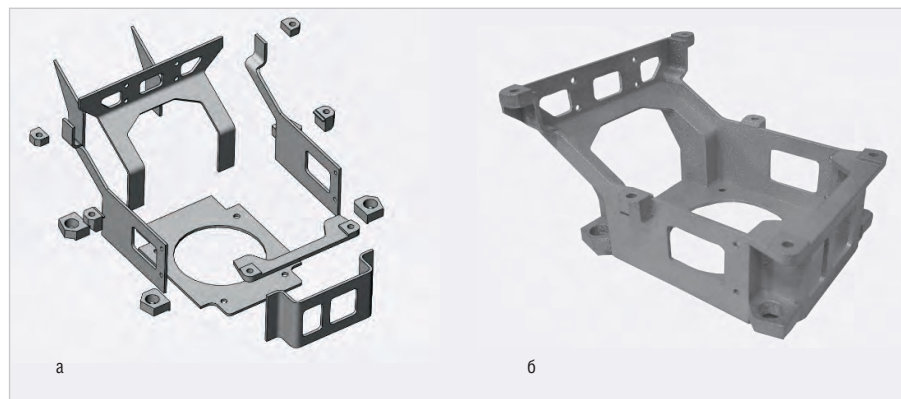


Рис. 1. Кронштейн волноводного разветвителя: а) разнесённый вид, б) фотография напечатанного изделия, объём без поддержек 58,8 см³. Этот кронштейн и другие изделия, фотографии которых приведены ниже, напечатаны на системе селективного лазерного сплавления Renishaw в лаборатории Остек-CMT

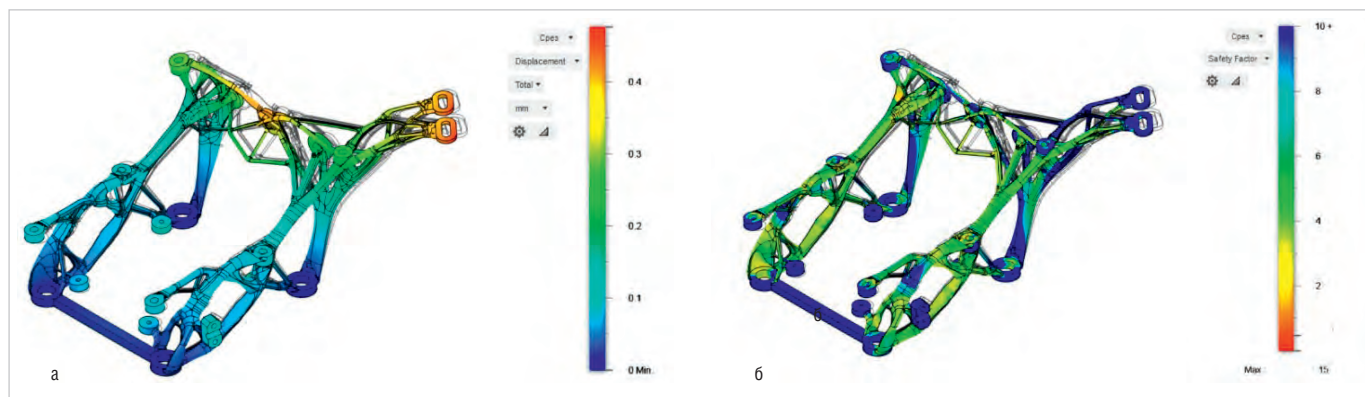


Рис. 2. Результаты расчёта напряжённо-деформированного состояния кронштейна в Autodesk Fusion 360: а) деформации, б) коэффициент запаса прочности

Таблица 1. Внешний вид, количество деталей и масса оригинального кронштейна и двух вариантов кронштейна, полученных порождающим проектированием

Параметр	Оригинальная модель	Порождающее проектирование (с перемычкой)	Порождающее проектирование (без перемычки)
Скриншот модели			
Технология изготовления	Фрезерование + пайка	3D-печать (селективное лазерное плавление)	3D-печать (селективное лазерное плавление)
Кол-во деталей, шт.	19	1	1
Масса, г	214	99	94

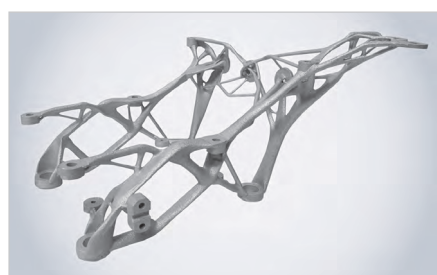


Рис. 3. Фотография напечатанного на Renishaw AM400 кронштейна, разработанного с применением порождающего проектирования во Fusion 360

- снижение стоимости напечатанного изделия в 1,9 раза;
- возможность печати кронштейна вместе с волноводом – объединение 32 деталей в одну;
- расчётный коэффициент запаса прочности > 2 при заданных схемах нагружения.

Волноводный разветвитель

Технолог, работающий на аддитивном производстве, при подготовке 3D-модели изделия к печати решает две важные задачи, от которых зависит качество изготовления: ориентирование 3D-модели в камере построения и

проектирование поддержек – опорных структур, фиксирующих деталь в процессе построения и обеспечивающих теплоотвод. Несмотря на то что в ПО для подготовки рабочих программ для 3D-принтеров реализован полезный функционал автоматического поиска оптимальной ориентации и автоматического создания поддержек, процесс подготовки 3D-модели к печати требует активного участия технолога и ручных или автоматизированных операций. Выбираемая ориентация и проектируемые поддержки субъективны и зависят не только от знаний и опыта специалиста, но и от характера. Так, осторожные люди могут перестраховаться и спроектировать поддержки с запасом, чтобы гарантированно напечатать изделие без дефектов с первого раза. При этом растёт расход материалов и увеличиваются сроки изготовления. С другой стороны, люди, склонные к риску, могут спроектировать минимум поддержек, чтобы сократить время печати изделия. Однако при этом будет выше вероятность образования дефектов, а в случае брака расход материалов и времени будет ещё выше, чем при осторожной тактике.

Минимизировать субъективность, зависимость от человеческого фактора помогает моделирование процесса печати и термообработки в ПО Autodesk Netfabb Local Simulation. В него импортируется 3D-модель сориентированной технологом детали на поддержках, выбираются материалы (порошка и платформы), задаются режимы печати деталей и поддержек, запускается моделирование процесса изготовления. В результате моделирования, в частности, рассчитываются напряжения и деформации, как в процессе построения и термообработки, так и после снятия с поддержек. Практическая ценность моделирования процесса изготовления изделий перед их производством заключается в следующем:

- минимизация объёма поддержек, брака, времени и стоимости печати изделия: технолог видит, как спроектированные поддержки влияют на деформации детали, и может убрать практически не влияющие поддержки, оставив их только в тех местах, где они действительно необходимы;
- минимизация деформаций: если расчётная деформация превышает мак-

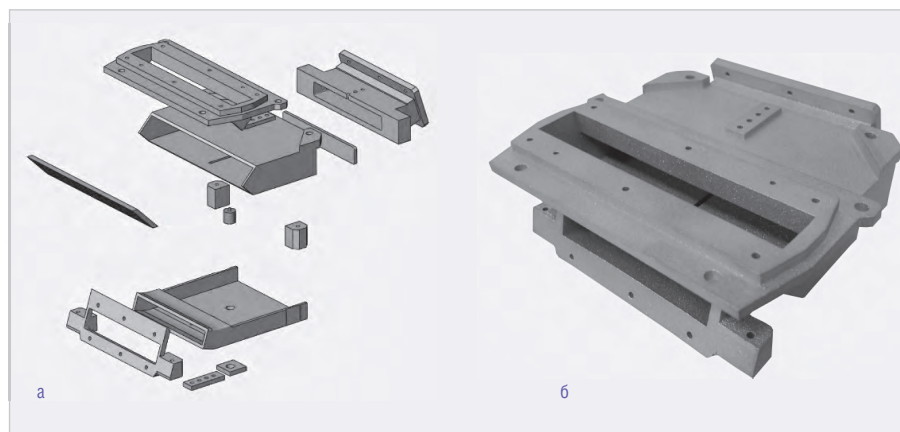


Рис. 4. Волноводный разветвитель (разработан в АО «НИИ ТП»): а) разнесённый вид, б) фотография напечатанного изделия, объём без поддержек 127,1 см³

симально допустимую, то, изменяя ориентацию и/или усиливая поддержки, технолог стремится уменьшить отклонения размеров до приемлемого уровня;

- компенсация деформаций: если изменением ориентации 3D-модели и/или усилением поддержек не получается добиться снижения деформаций до допустимых значений, то можно автоматически построить компенси-

рованную 3D-модель, в которой учтены прогнозируемые деформации в процессе производства.

Рассмотрим возможности Netfabb Ultimate и Netfabb Local Simulation на примере подготовки к печати 3D-модели волноводного разветвителя, работающего на частоте 3,3 ГГц. Аналогично кронштейну волноводный разветвитель состоит из 13 деталей, изготавливаемых механообработкой

и соединяемых пайкой, а напечатать разветвитель можно целиком (рис. 4).

Изначально поддержки проектировались в ПО, не имеющем функции моделирования процесса печати. Учитывая это, а также понятное желание технолога изготовить разветвитель с первой попытки, поддержек было заложено «с запасом», 54,6 см³ (рис. 5а). Похожие поддержки были спроектированы и в Netfabb Ultimate, их объём составил 41,8 см³. Затем за несколько итераций объём поддержек был минимизирован до 14,5 см³: моделировался процесс печати в Netfabb Local Simulation, убирались поддержки, размещённые, с точки зрения технолога, в не критичных местах (тот самый «запас» для печати с первого раза), снова моделировался процесс печати, удалялись необязательные поддержки и т.д. Это позволило уменьшить объём поддержек с 41,8 см³ до 14,5 см³, т.е. в 2,9 раза, без заметного изменения расчётных деформаций (см. рис. 5б, 5в).

Для экспериментальной проверки крайне малой зависимости деформаций от объёма поддержек при его

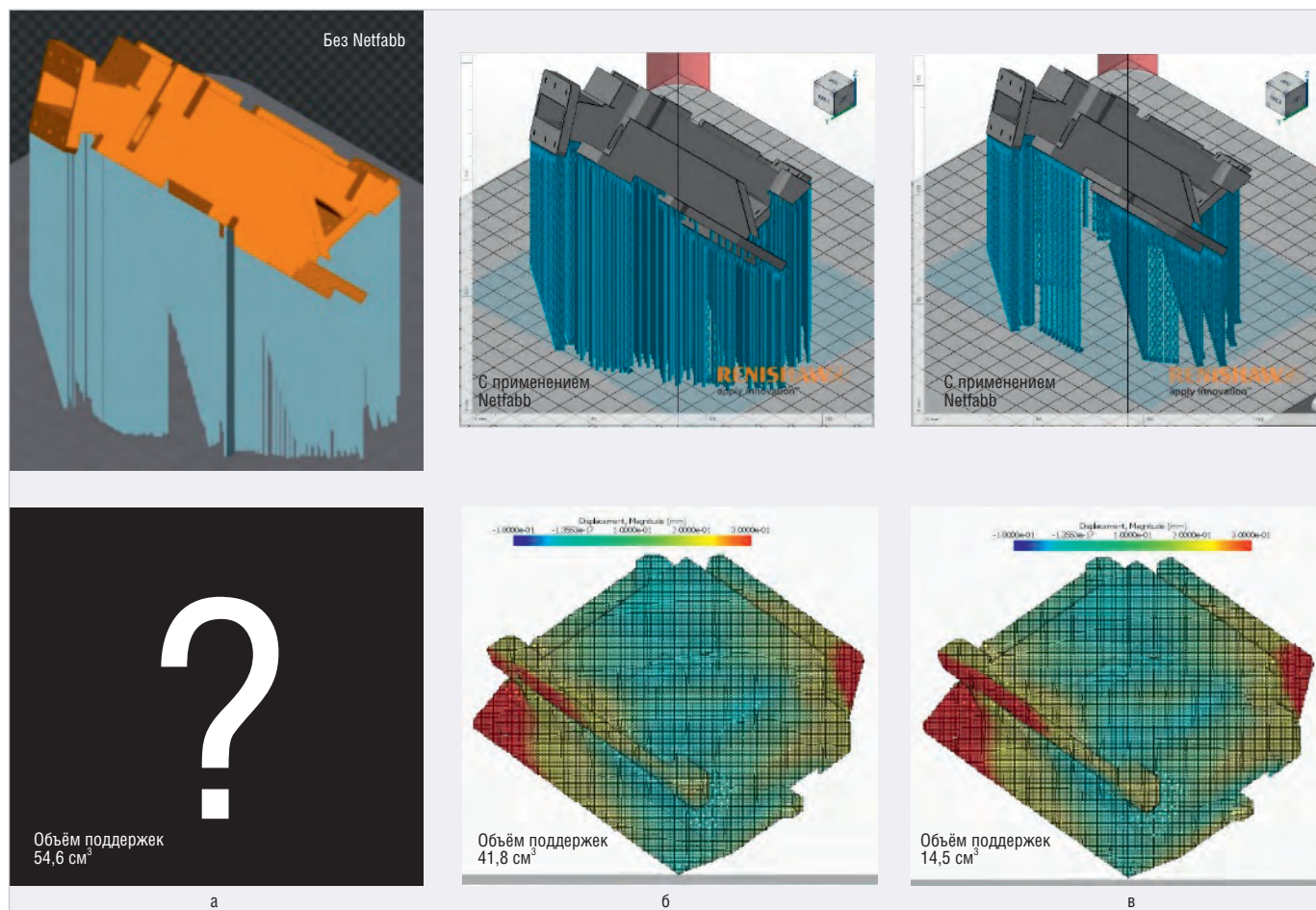


Рис. 5. Спроектированные поддержки и их объём, а также прогнозируемые деформации волноводного разветвителя: а) в штатном ПО 3D-принтера – 54,6 см³, прогнозируемые деформации неизвестны, б) и в) в ПО Autodesk Netfabb Ultimate и Netfabb Local Simulation – 41,8 и 14,5 см³ при схожих прогнозируемых деформациях

3D-печать для производств радиоэлектроники ● ● ●



- ✓ СВЧ-тракты, кронштейны, корпуса
- ✓ Объединение до 32 деталей в одну*
- ✓ Снижение массы изделия в 2,5 раза*
- ✓ Уменьшение стоимости в 10 раз*

Преимущества работы с Остек-СМТ

- Высокие компетенции специалистов в радиоэлектронной отрасли
- Собственная лаборатория аддитивных технологий
- Опыт перепроектирования и оптимизации изделий под аддитивные технологии
- Собственный центр компьютерной томографии для контроля качества изделий

* Результаты получены в лаборатории аддитивных технологий Остек-СМТ

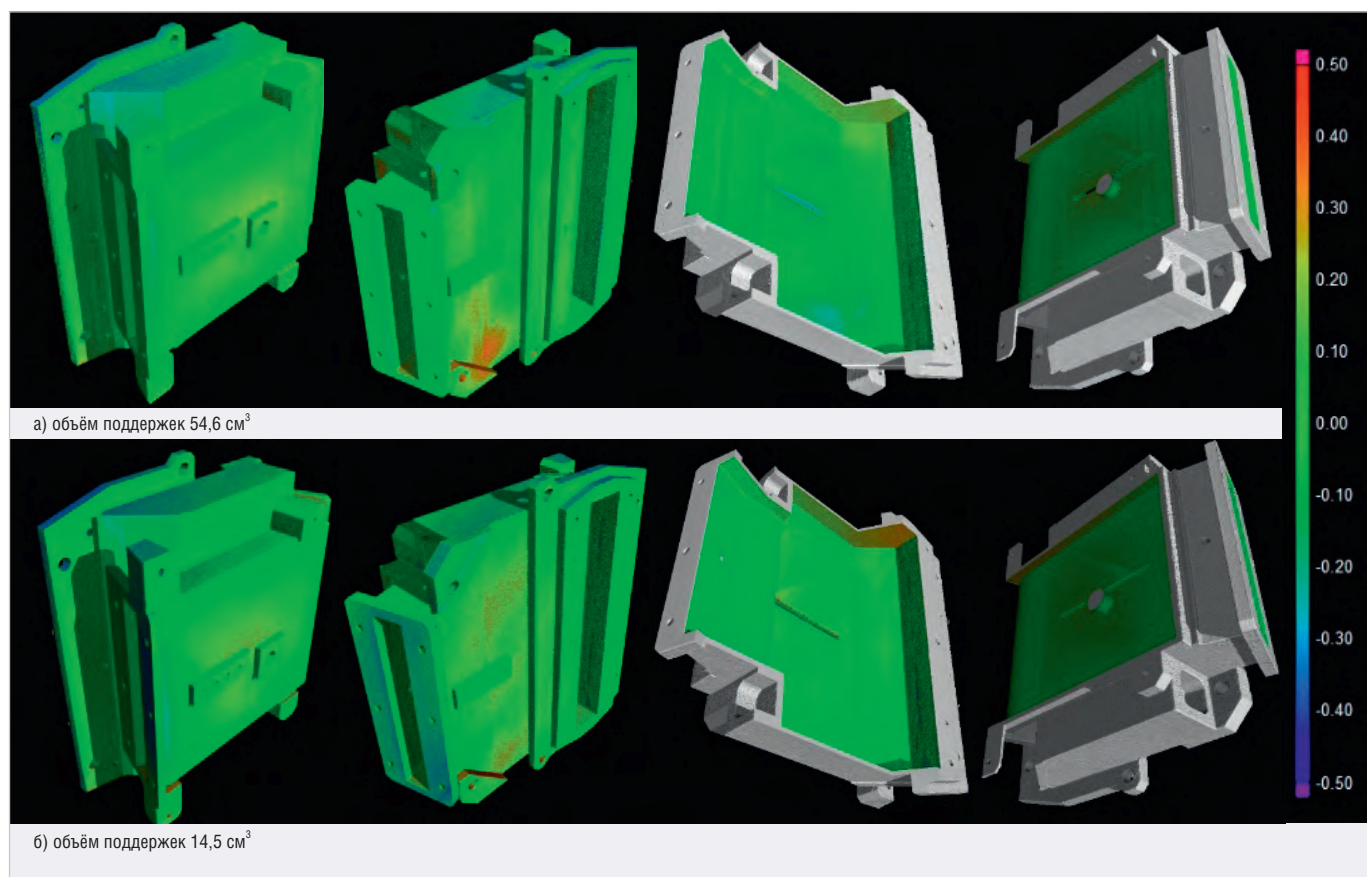


Рис. 6. Карты отклонения наружных поверхностей и внутренних каналов, построенные по результатам томографии напечатанных волноводных разветвителей с 54,6 см³ (а) и 14,5 см³ (б) поддержек. 3D-модель оригинальная без компенсации деформаций

снижении, наблюдаемой при моделировании процесса, было напечатано два волноводных разветвителя с максимальным (54,6 см³) и минимальным (14,5 см³) объёмом поддержек. Исследование разветвителей, выполненное на рентгеновском компьютерном томографе Phoenix V|tome|x M300, показало, что фактические деформации наружных поверхностей и каналов различаются несущественно, тогда как объём поддержек различается в 3,8 раза (см. рис. 6).

С целью повышения точности изготовления была сгенерирована 3D-модель, компенсирующая деформации, возникающие в процессе аддитивного производства. Напечатанная по скомпенсированной 3D-модели деталь тоже исследовалась на томографе Phoenix V|tome|x M300. Результаты исследования показывают, что деформации в каналах разветвителя были уменьшены на 30...40 мкм (см. рис. 7). Смещение распределения отклонений в сторону отрицательных значений (см. рис. 7в) свидетельствует об избыточной компенсации, поэтому, уменьшив коэффициент компенсации деформаций, можно добиться ещё большего повышения точности изготовления.

Подытожим достигнутые в данном примере преимущества, обеспечиваемые моделированием печати в Netfabb Local Simulation:

- уменьшение объёма поддержек в 3,8 раза;
- снижение стоимости печати на 22%;
- сокращение времени печати на 20%;
- уменьшение трудоёмкости постобработки и объёма отходов;
- снижение отклонения напечатанной детали от CAD-модели на ~18% (также может быть улучшено подбором коэффициента деформации).

Отметим, что двадцатипроцентное снижение стоимости и времени печати может не играть важной роли при изготовлении одного изделия, но существенно скажется при серийном производстве.

СВЧ-фильтр

Коллеги из АО «РКС» обратились к нам с просьбой напечатать полосовой СВЧ-фильтр с центральной частотой 8,2 ГГц, чтобы измерить его электрические характеристики и определить возможность применения в ракетно-космическом приборостроении. Первым опытным образцом был выбран линейный фильтр (см. табл. 2), представляющий собой трубу прямоугольного

сечения с диафрагмами. На следующей итерации специалистами АО «РКС», учитывая возможности аддитивных технологий, изменены расположения резонаторов фильтра для улучшения электрических параметров (подавления второй полосы пропускания), после чего в ООО «Остек-СМТ» спроектированы и оптимизированы решётчатые структуры и уменьшена толщина фланца по результатам прочностного расчёта в Netfabb (см. табл. 2).

Электрические характеристики фильтров измерялись без обработки каналов и без нанесения покрытий. Потери линейного фильтра в полосе пропускания в сечении фланцев составили -0,3...-0,5 дБ, лабиринтного фильтра – минус -0,2...-0,25 дБ, КСВ обоих фильтров в полосе пропускания – не хуже 1,8 при калибровке в сечении SMA-разъёмов (см. рис. 8). Результаты измерений электрических характеристик линейного и лабиринтного фильтров свидетельствуют о возможности их применения в приёмной и передающей аппаратуре малой мощности (10...20 Вт).

В результате перепроектирования обеспечены следующие преимущества применения аддитивных технологий:

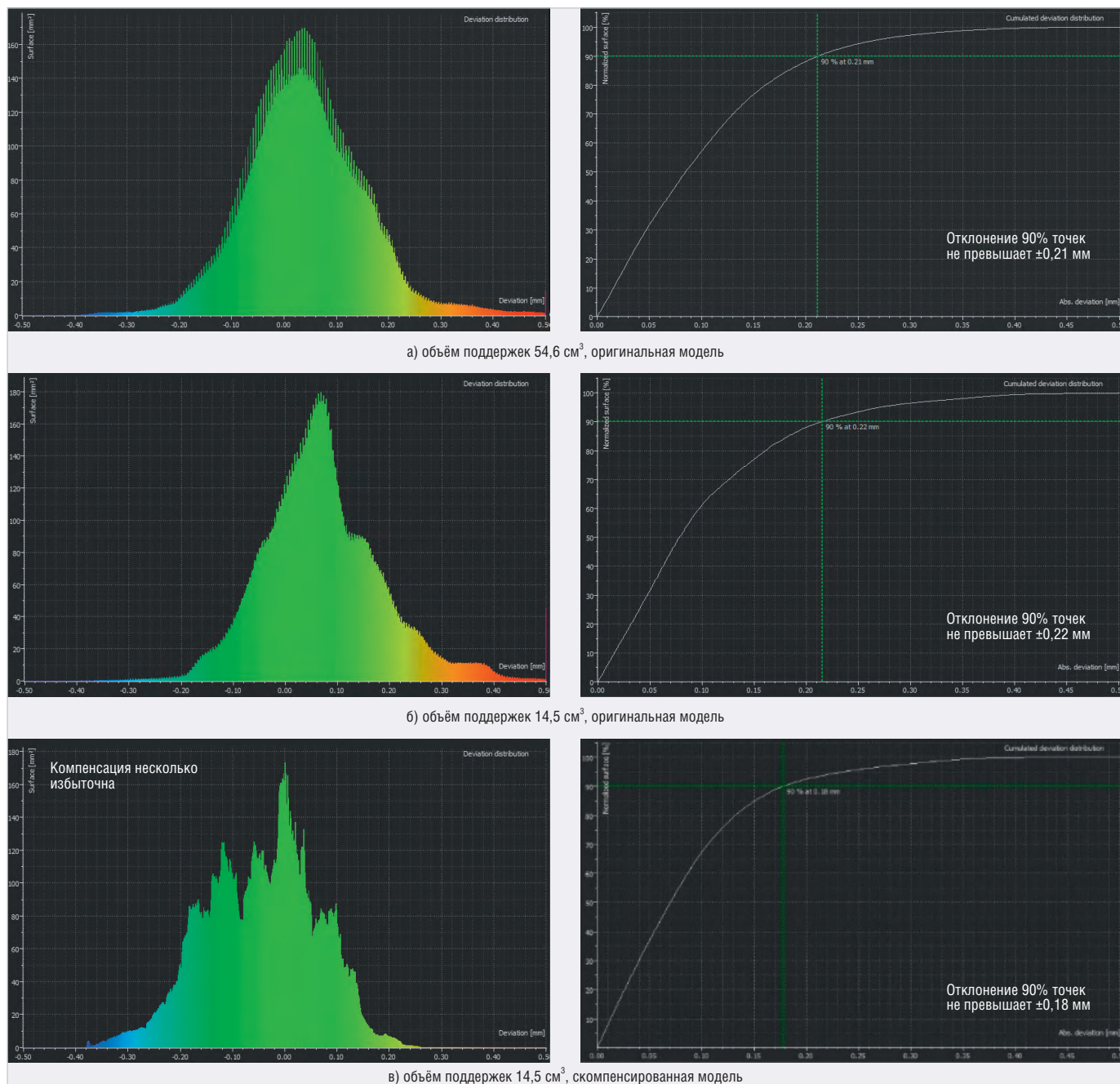


Рис. 7. Распределения отклонений поверхности внутренних каналов от номинальных, построенные по результатам томографии волноводных разветвителей, напечатанных по оригинальной 3D-модели с 54,6 см³ (а) и 14,5 см³ (б) поддержек и по скомпенсированной 3D-модели с 14,5 см³ поддержек (в)

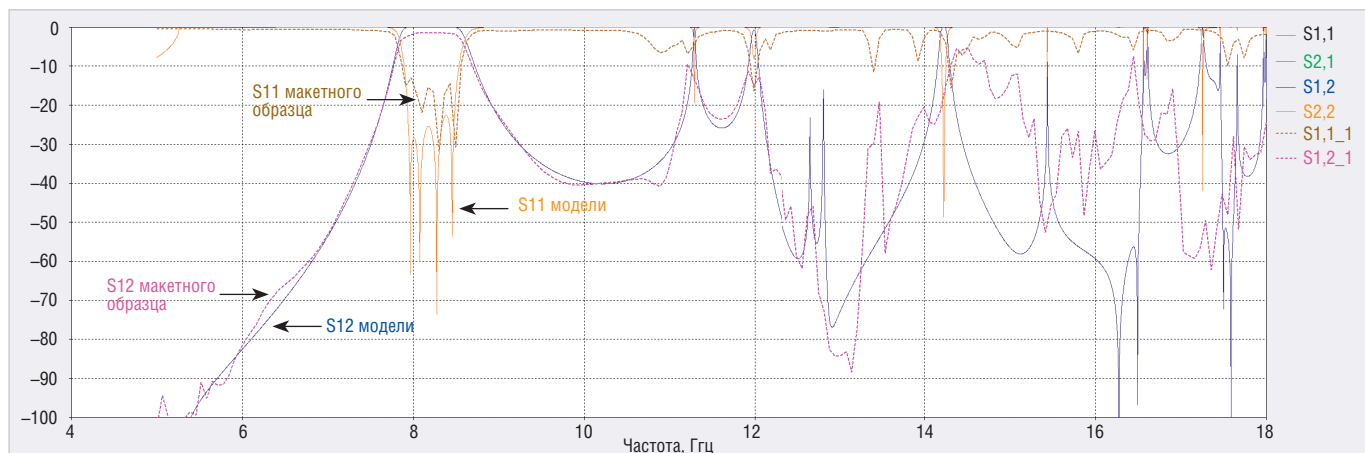
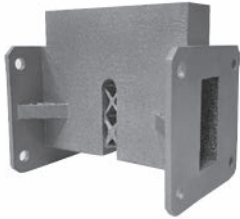
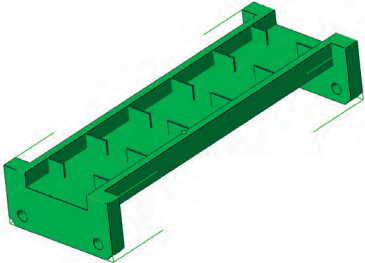
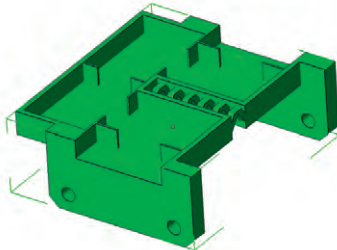


Рис. 8. Электрические характеристики лабиринтного фильтра: расчётные (сплошные линии) и измеренные (пунктирные линии) S-параметры (при калибровке в сечении SMA-разъёмов)

Таблица 2. Сравнение стоимости, сроков изготовления линейного и лабиринтных фильтров

Параметр	Линейный фильтр		Лабиринтный фильтр		Лабиринтный фильтр с решетками	
Фотография						
Расположение резонаторов						
Технология изготовления	Аддитивная технология	Классическая технология	Аддитивная технология	Классическая технология	Аддитивная технология	Классическая технология
Масса, г	155	155	93	93	63	Использование решётчатых структур не представляется возможным из-за технологических ограничений
Время изготовления		~ 1 неделя		~ 1,5 недели		
1 деталь на платформе	19 ч 6 мин		12 ч 0 мин		9 ч 14 мин	
Макс. заполнение платформы	11 ч 8 мин		7 ч 33 мин		5 ч 15 мин	
Количество деталей, шт.	1	15	1	13	1	
Себестоимость 1 шт., руб.	51 700*	~ 250 000	27 100*	~ 400 000	16 500*	

- снижение стоимости изготовления в ~10 раз (при переходе с классической технологии на аддитивную);
- снижение количества деталей в 15 раз;
- снижение массы в 2,5 раза;
- электрические характеристики (даже без дополнительной пост-обработки каналов) приемлемы для применения в системах малой мощности;
- испытание на сжатие: при нагрузке до 1,5 т – только упругие деформации.

Рупорные антенны

В 2019 году были напечатаны первые опытные образцы рупорных антенн для АО «НИИ «Вектор». Испытания антенн подтвердили, что они удовлетворяют требованиям по электрическим характеристикам и стойкости к внешним воздействующим факторам (ГОСТ РВ 20.39.304-98, группа 2.1.3) и пригодны для эксплуатации в составе комплексов радиотехнического мониторинга морского базирования. В 2020 г. и первой

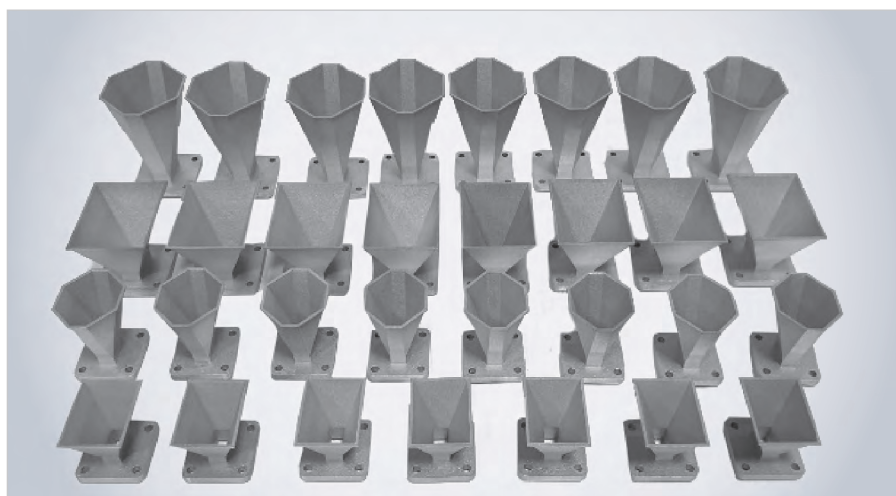


Рис. 9. Один из заказов на рупорные антенны в 2020 г.

половине 2021 г. в нашей лаборатории было изготовлено более 100 шт. серийных рупорных антенн (см. рис. 9). Половина антенн, изготовленных в 2021 г., работает в частотном диапазоне 8...12 ГГц, 20% – 12...18 ГГц, 18% – 4...8 ГГц, по 5% – 18...26 и 26...40 ГГц и 2% – 2...4 ГГц (см. рис. 10).

Сравним расчётные и измеренные электрические характеристики на примере рупора сложной формы с гребнями (рис. 11, 12). Макет антенной системы представляет собой два излучателя, разнесённых на 40° относительно друг друга. Измерения излучения производятся для каждой антенны незави-

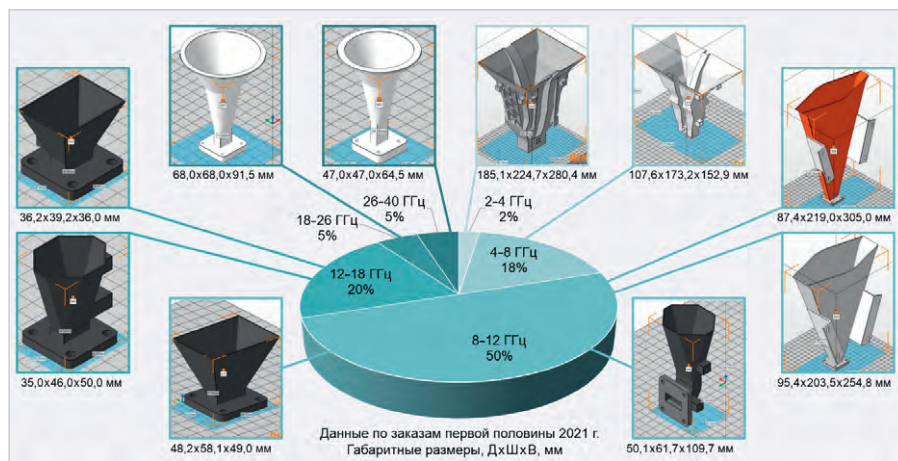


Рис. 10. Распределение серийных рупорных антенн, напечатанных для АО «НИИ «Вектор» в первой половине 2021 г., по частотным диапазонам

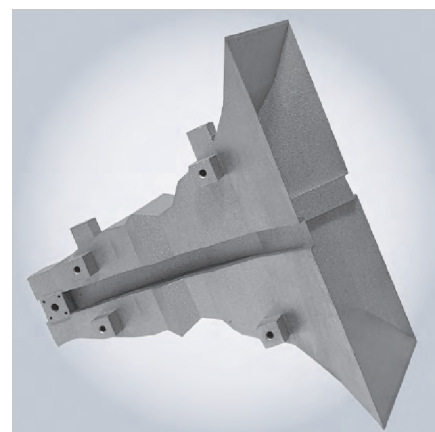


Рис. 11. Напечатанная рупорная антенна, электрические характеристики которой приведены на рис. 12

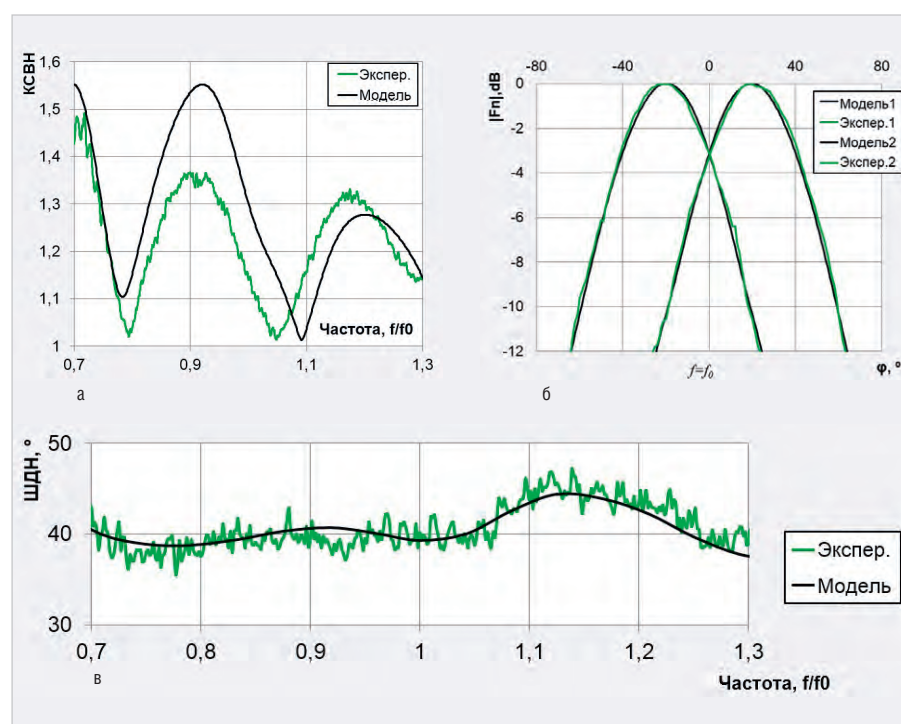


Рис. 12. Сравнение расчётных и экспериментальных параметров: а) КСВ в полосе частот, б) нормированные диаграммы направленности антенной системы на центральной частоте рабочего диапазона в азимутальной плоскости, в) ширина диаграммы направленности в полосе частот

симо в азимутальной плоскости. На рис. 12а приведены результаты измерения КСВ излучателя и КСВ модели излучателя в пакете моделирования, где проводящий материал представляет собой идеальный проводник. Диаграммы направленности макета и модели антенной системы на центральной частоте диапазона показаны на рис. 12б. А на рис. 12в представлены результаты измерения ширины диаграммы направленности (ШДН) в полосе частот. Результаты измерений показывают хорошую корреляцию с теоретическими расчётами и подтверждают соответствие требований к электрическим характеристикам.

Корпуса с каналами охлаждения

В условиях повышения плотности компоновки, уменьшения габаритов элементной базы и электронных модулей обостряется проблема отвода тепла. В таких случаях для обеспечения требуемых тепловых режимов могут применяться жидкостные системы охлаждения. А полноценно используя возможности 3D-печати, каналы для циркуляции охлаждающей жидкости можно выполнить непосредственно в корпусе модуля, оптимизируя их форму и размещение с учётом расположения теплонагруженных элементов и требуемого теплового режима.

Такая задача, в частности, актуальна для производства активных фазированных антенных решеток (АФАР) радаров. Повышение частотных диапазонов радиолокационных систем даёт более высокую разрешающую способность и точность обнаружения целей, но приводит к увеличению плотности тепловых потоков в приёмо-передающих модулях АФАР (из-за уменьшения размеров модулей при почти неизменном тепловыделении). В свою очередь, перегрев СВЧ-элементов приводит к сокращению их срока службы и ухудшению радиотехнических параметров АФАР.

С целью экспериментальной проверки встраивания в корпуса системы жидкостного охлаждения в МАИ были спроектированы макеты корпусов приёмо-передающих модулей АФАР S-, X- и Ka-диапазона (2...4, 8...12 и 27...40 ГГц соответственно), см. рис. 13. Два последних были изготовлены в нашей лаборатории. Результаты испытаний макетов корпусов (рис. 14) показывают приемлемые параметры охлаждения и подтверждают применимость 3D-печати корпусов со встроенными каналами жидкостного охлаждения для АФАР.

Корпуса с тепловыми трубами

Логическим продолжением и дальнейшим развитием корпусов со встроенными каналами жидкостного охлаждения являются корпуса с тепловыми трубами. Эффективная теплопроводность тепловых труб может достигать 100 кВт/(м·К), что в сотни раз превышает теплопроводность меди.

Простейшая тепловая труба представляет собой герметичный корпус, внутренние стенки которого покры-

ты капиллярно-пористой структурой (фитилем) [1]. Трубы вакуумируются до остаточного давления $10^{-5} \dots 10^{-4}$ мм рт. ст. и заполняются рабочей жидкостью (например, водой, аммиаком) так, чтобы фитиль был полностью насыщен ею, а в остальном внутреннем пространстве был её насыщенный пар. Принцип работы тепловой трубы состоит в следующем (рис. 15). При подводе тепла к испарителю жидкость испаряется из фитиля, поглощая тепло. Давление пара в трубе увеличивается, нарушается динамическое равновесие системы пар-жидкость в остальной части трубы, вызывая конденсацию пара на поверхности фитиля. При конденсации пара тепло отдается фитилю, отводится в конденсаторе, а жидкость возвращается по фитилю в испаритель за счет капиллярных сил.

Отработка режимов печати капиллярно-пористой структуры сделает возможным выращивание корпусов со встроенными тепловыми трубами в одном цикле построения. В результате выполненных в нашей лаборатории начальных экспериментов, направленных на оценку возможности печати капиллярно-пористой структуры, были получены такие структуры с проницаемостью $10^{-15} \dots 10^{-12}$ м². Эксперимент подтвердил возможность построения капиллярно-пористых структур и требует дальнейшего продолжения для отработки технологии получения структуры с требуемыми свойствами. Мы открыты к сотрудничеству в данном направлении.

Заключение

За 3,5 года работы лаборатории аддитивных технологий мы хорошо заметили, как меняется отношение к 3D-печати металлом в радиоэлектронной промышленности. Изначальный скепсис и восприятие систем печати как «игрушки», годной в лучшем случае для изготовления макета, сменяются осторожной заинтересованностью сделать и испытать опытные образцы. Результаты испытаний опытных образцов положительно удивляют, стимулируют конструкторскую мысль перепроектировать и оптимизировать для ещё большего использования потенциала аддитивных технологий. А дальше наступает этап «легализации» применения 3D-печати для производства конечных изделий. У кого-то он проходит сравнительно быстро

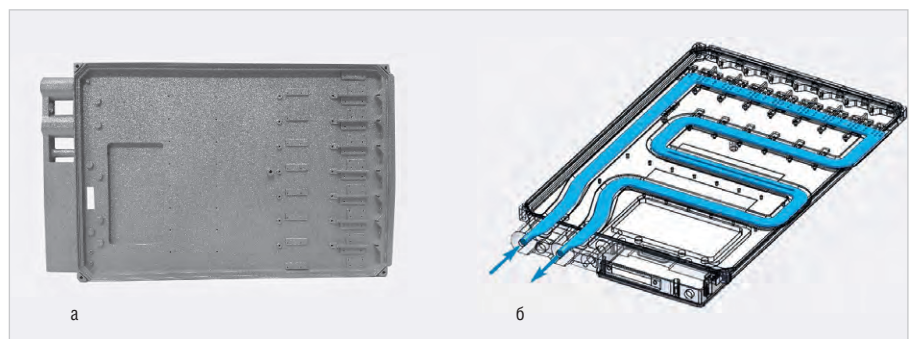


Рис. 13. Корпус модуля X-диапазона: а) фотография напечатанного макета, б) расположение каналов охлаждения

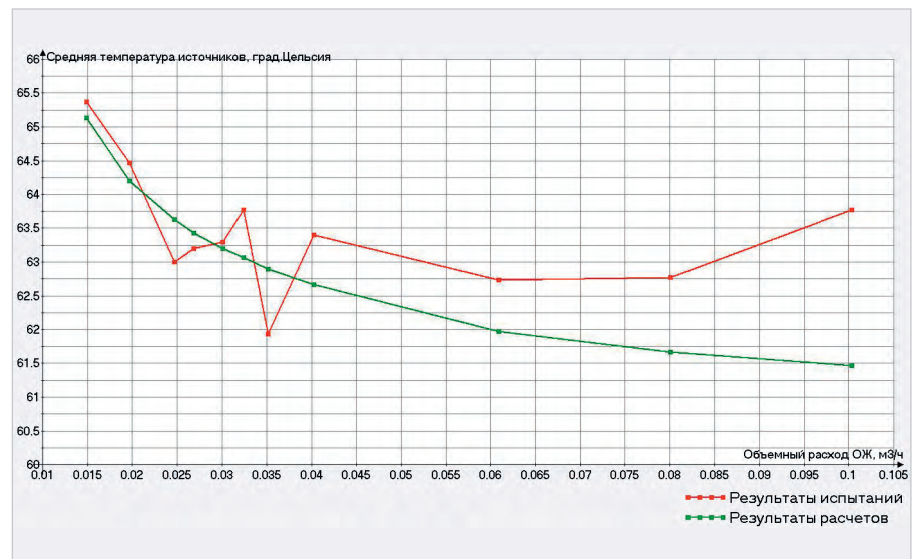


Рис. 14. Результаты испытаний макета корпуса для X-диапазона: зависимость средней температуры имитаторов (источников нагрева) от объемного расхода охлаждающей жидкости (Источник: Ю.О. Соляев, МАИ)

(например, у АО «НИИ «Вектор»), и мы переходим к серийному производству изделий; у кого-то он затягивается из-за административных сложностей (хотя техническая состоятельность решения уже доказана). Важно то, что интерес к технологии заметно вырос, восприятие её стало серьезнее, опытные образцы удовлетворяют требованиям и подтверждают применимость 3D-печати, а примеры серийного производства множатся. Подтверждением этому служит статистика загрузки лаборатории аддитивных технологий Остек-СМТ: за 3,5 года выполнено свыше 200 циклов печати на системе Renishaw и изготовлено 2360 изделий и образцов для 60 заказчиков, причём 47% объёма производства лаборатории составляют элементы СВЧ-трактов, а ещё 12% — кронштейны и корпуса.

Автор выражает благодарность коллегам из АО «НИИ ТП», АО «РКС», АО «НИИ «Вектор», МАИ за совместную работу над проектами и предоставлен-

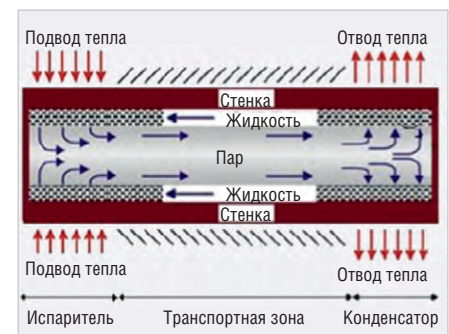


Рис. 15. Схема идеальной одномерной модели тепловой трубы [2]

ные результаты измерений электрических характеристик.

Литература

1. Алексеев В.А. Основы проектирования тепловых аккумуляторов космических аппаратов. Монография. – Курск: Научком, 2016. – 248 с., ил.
2. Jafari D., Wits W.W. The utilization of selective laser melting technology on heat transfer devices for thermal energy conversion applications: A review.



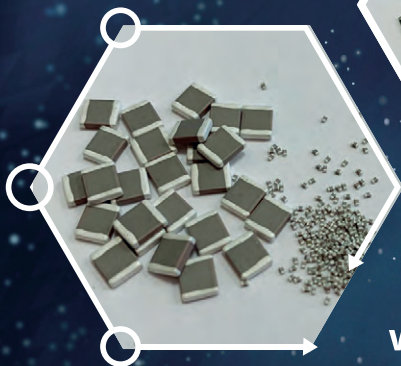
КУЛОН

общество с ограниченной ответственностью

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ И ПРОХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ

СЕРИЙНАЯ ПРОДУКЦИЯ:

- *многослойные конденсаторы* – K10-17, K10-42, K10-47, K10-50, K10-54, K10-57, K10-79, КМК;
- *трубчатые конденсаторы* – ТК, K10-51K, КТП, КТ-1Е;
- *фильтры* – Б14, Б23А, Б23Б, Б28, Б29, Б7-2, Б24.



НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ:

- *варисторы* ВР-18, ВР-19;
- *фильтры* Б36;
- *конденсаторы* К10-89, К10-90.

www.kulon.spb.ru

Реклама



192019, г. Санкт-Петербург,
ул. Профессора Качалова, д. 3, литер К
Тел.: +7 (812) 317-33-04,
Факс: +7 (812) 412-61-63,
e-mail: office@kulon.spb.ru
sale@kulon.spb.ru

Официальный
поставщик



www.zolshar.ru

Адресно-аналоговые звуковые и световые оповещатели в системе пожарной сигнализации FX NET

Андрей Кашкаров (ak35@yandex.ru)

Продолжаем рассматривать особенности современных систем пожарной сигнализации. В этой статье автор представляет особенности пожарных оповещателей серии AP-200 и аналогичных.

Адресно-аналоговые оповещатели пожарной тревоги серии 200AP имеют определённые особенности. Они разработаны для снижения затрат на установку и применяются в системе пожарной сигнализации FX 3NET. Характеристики данных устройств оптимизированы для достижения максимально возможного числа оповещателей, подключённых к адресно-аналоговому шлейфу. Звуковые и световые оповещатели устанавливаются таким же образом, как и адресно-аналоговые пожарные оповещатели. Существуют отличия настенных и базовых оповещателей. Базовые основания приборов разработаны для адресно-аналоговых датчиков System Sensor серий 500, 200, 200+ и 200AP и аналогичных, поэтому представленные в статье сведения можно применять почти универсально. И настенные, и базовые оповещатели монтируются на основание – B501AP или (вариант) B524HTR.

Важные замечания

Если базовое основание B524HTR используется с оповещателем серии 200AP, то такая система не будет функционировать, ибо технически не стыкуется с изолятором основания. Кроме того, базовое основание B524HTR требует внешний источник питания для работы нагревательного элемен-

та. В связи с этим важно убедиться в качестве соединения терминалов до установки оповещателя. В будущем обслуживании и ремонтных работах для визуального определения адреса оповещателя без извлечения самого оповещателя и контроля правильности установки датчиков целесообразно использовать адресные метки ADD-TAG на базовом основании B524HTR.

Светозвуковые оповещатели пожарной тревоги весьма известны в профессиональных кругах, но большой интерес представляет то, как их можно применять «вне системы». Дело в том, что каждый оповещатель имеет «уникальный» код-номер-адрес, который устанавливается сначала вручную на блоке переключателей (DIP – положения цифровые 0, 1) на самом оповещателе, а затем идентифицируется системой с конкретным, присвоенным ему и записанным в память адресом. По это-

му адресу он (а не какой-либо другой) и включается на индикацию в каждой конкретной ситуации. Но можно их применять и автономно. Стоимость подобного оповещателя в розничной продаже относительно высока. Тем не менее их можно снять со штатного места или найти у специалистов, проводящих регламентные работы, так как у них зачастую таких оповещателей может скапливаться довольно много после реформирования системы пожарной безопасности.

Настенные пожарные оповещатели

Внешний вид настенных пожарных оповещателей WST-PR-I33, WST-PR-N33 со снятой крышкой корпуса представлен на рис. 1. Настенные пожарные оповещатели WSO-PR-xxx, WSS-PR-xxx, WST-PR-xxx имеют высоту вместе с основанием 51 мм, диаметр 121 мм. Их весьма удобно устанавливать и снимать. Заключительной операцией по вводу в эксплуатацию звуковых или световых пожарных оповещателей является ввинчивание их в базовые основания. Этот способ значительно снижает

Таблица 1. Некоторые технические характеристики настенных пожарных оповещателей WSO-PR-I33, WSO-PR-N33, WSS-PR-I33, WSS-PR-N33

Описание	WSO-PR-xxx	WSS-PR-xxx	WST-PR-xxx
	Звуковой	Комбинированный	Световой
Рабочее напряжение	15...29 В пост. тока (с изолятором) (обычно 24 В пост. тока) 15...32 В пост. тока (без изолятора) (обычно 24 В пост. тока)		
Ток покоя	450 мкА		
Макс., ток потребления (звук) (с изолятором) (высокий уровень, Тон 8 при 24 В)	5,77 мА	9,05 мА	–
Макс., ток потребления (звук) (без изолятора) (высокий уровень, Тон 8 при 24 В)	5,58 мА	8,86 мА	–
Выход звука по EN54-3 (высокий уровень, Тон 8 при 24 В)	95dB(A) ± 3dB		–
Частота строб вспышек	–	1 Гц	
Макс., ток потребления (свет) (с изолятором) WST-PR-***	–	–	3,47 мА
Макс., ток потребления (свет) (без изолятора) WST-PR-***	–	–	3,28 мА
Рабочая температура	–25...+70°C		
Относительная влажность	До 93% без конденсации		
Класс защиты	IP24C (с базой B501 AP) IP44 (с высокопрофильной базой BPW-E10) IP65 (с влагозащитной базой WPW-E10)		
Цвет	Красный		
Вес	237 г	239 г	167 г
Цвет линзы	Красный		
Размер контакта	Макс. 2,5 мм ²		
Число тонов	32		–
Уровни звука	Высокий, средний, низкий		

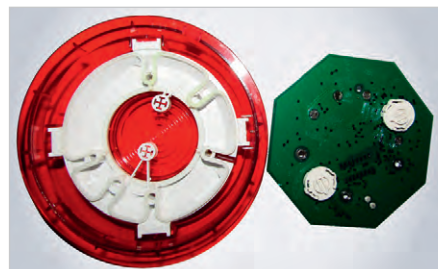


Рис. 1. Вид настенного пожарного оповещателя модели WST-PR-I33 или WST-PR-N33 со снятой крышкой корпуса

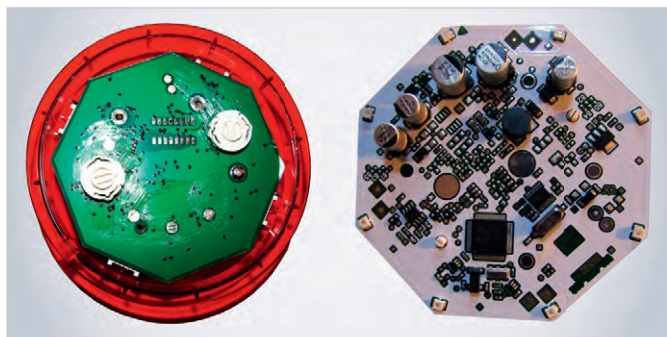


Рис. 2. Вид настенного оповещателя с двумя адресными переключателями и платой с элементами для поверхностного монтажа

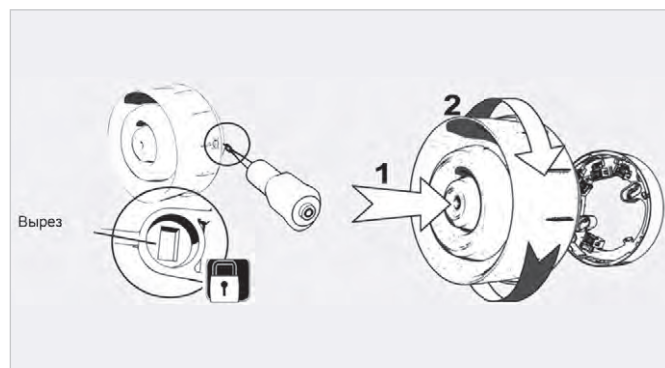


Рис. 3. Удаление язычка блокировки для снятия пожарного оповещателя

время и стоимость установки устройств оповещения по сравнению с предыдущими разработками. Дополнительно есть возможность менять тип устройства при проведении реконфигурации. Благодаря унификации оборудования упрощается и поиск неисправностей. «Подозрительное устройство» извлекается поворотом вокруг своей оси и небольшим фронтальным усилием (от базового основания), без коммутации проводов в шлейфе, и затем в то же базовое основание устанавливают запасное, заведомо исправное устройство настенного оповещателя.

Некоторые технические характеристики настенных пожарных оповещателей WSO-PR-I33, WSO-PR-N33, WSS-PR-I33, WSS-PR-N33 представлены в табл. 1.

В режиме покоя (ожидания) у таких оповещателей, в зависимости от модели, относительно малое потребление тока при питающем напряжении 22,5...26 В – всего от 2,1 до 12,3 мА. Это очень хороший экономичный параметр и отличительная черта данных устройств. При активации светозвукового режима оповещения ток потребления увеличивается до 0,6 А, что не перегружает систему, так как сложно представить себе ситуацию, когда одновременно сработают 32 и более пожарных оповещателей всей сети в разных обособленных помещениях.

На рис. 2 представлены вид настенного оповещателя с двумя адресными переключателями и плата с элементами для поверхностного монтажа.

Функция защиты от несанкционированного извлечения оповещателя

Базовые основания имеют защиту от несанкционированного извлечения, которая не позволяет снять оповещатель без специальных инструментов. Для активации данной функции следу-

ет отломить лепесток до установки оповещателя, как показано на рис. 3 слева. Для снятия оповещателя при активированной функции при помощи плоской отвёртки через узкое прямоугольное окно необходимо отжать рычаг и извлечь оповещатель, повернув его против часовой стрелки (см. рис. 4 справа).

Важное замечание. Рычажок защиты от несанкционированного извлечения находится сбоку на корпусе. Перед подключением питания электронной системы убедитесь в целостности шлейфа и правильности его подключения. Не активизируйте функцию защиты, если планируете использовать съёмные оповещатели: эта функция необратима без повреждения базы. Кстати, в базовом основании B501 AP также предусмотрена защита от несанкционированного извлечения устройства без специального инструмента. Данный метод подходит для всех устройств, использующих такое базовое основание. Устройство, установленное в базовом основании, не повернуть, что делает невозможным его снятие.

На рис. 4 показан вид на контакты и цоколёвку «терминала» основания пожарного оповещателя и место фиксатора защитного пластикового рычага. В табл. 2 представлена цоколёвка контактов терминала.

Установка адреса пожарного оповещателя

Поскольку все пожарные оповещатели в системе подключаются по параллельному принципу единым соединительным экранированным кабелем, то каждый оповещатель должен иметь уникальный адрес-код. Так соблюдается принцип адресности включения конкретного оповещателя в режиме «тревога». Соответственно, если установить на переключателях одинаковые «адреса», то именно такие пожарные оповещатели, вне зависимости от мест их уста-

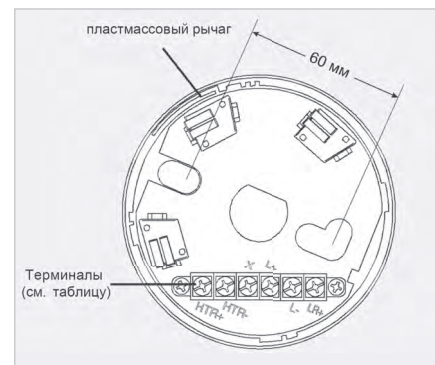


Рис. 4. Вид на контакты и цоколёвку «терминала» основания пожарного оповещателя, а также место фиксатора рычага для защиты от несанкционированного извлечения оповещателя

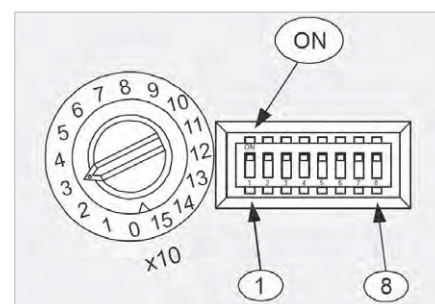


Рис. 5. Установка кода на DIP-переключателе

новки в системе, будут активны одновременно. Установка адреса в устройствах производится с помощью двух поворотных декадных переключателей, которые позволяют установить его в диапазоне от 1 до 159. Контрольная панель различает адреса оповещателей, модулей ввода-вывода и оповещателей. Так обеспечивается адресное пространство шлейфа от 001 до 159 и от 201 до 359, т.е. всего существует 318 адресов. Оба поворотных переключателя расположены на той же стороне, что и DIP-переключатель (см. рис. 5). На рис. 6 представлены примеры установки конкретного адреса на корпусе пожарного оповещателя с помощью двух поворотных переключателей. Так, например, установка кода 035 про-

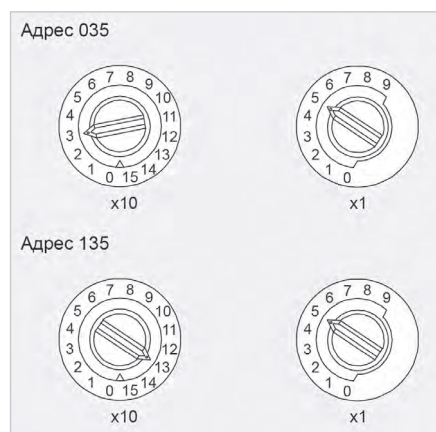


Рис. 6. Примеры установки конкретного кода для каждого пожарного оповещателя системы

Таблица 3. Зависимость формата сигнала, частоты, прерывания, стандарта и тона от положения DIP-переключателя

DIP-перекл., 0=Off/1=On SW 1,2,3,4,5	№	Сигнал	Номинальная частота, Гц	Частота переключения	Описание	Стандарт	Тон 2-й ступени
0,0,0,0,0	1	Двухтоновый	554/440	2 Гц (100 мс / 400 мс)	French Fire Sound AFNOR	NFS 32-001	7
1,0,0,0,0	2	Двухтоновый	800/970	1 Гц		BS5839 Pt1	8
0,1,0,0,0	3	Двухтоновый	800/970	2 Гц	Alternating tone telecoms	BS5839 Pt1 FP1063,1	8
1,1,0,0,0	4	Двухтоновый	2400/2900	3 Гц	Alternating High Frequency		10
0,0,1,0,0	5	Двухтоновый	2500/3100	2 Гц	Security Alarm		10
1,0,1,0,0	6	Двухтоновый	988/645	2 Гц			8
0,1,1,0,0	7	Непрерывный	660		All Clear		1
1,1,1,0,0	8	Непрерывный	970			BS5839 Pt1	2
0,0,0,1,0	9	Непрерывный	1200				2
1,0,0,1,0	10	Непрерывный	2850		HF Continuous		4
0,1,0,1,0	11	Качание	500...1000	Подъем от 150 Гц до 1000 Гц за 10 с; затем 40 с на 1000 Гц; затем падение с 1000 Гц до 150 Гц за 10 с; затем 20 с на 150 Гц; затем повтор. Всего период 80 с	«Gasalarm» Tone		22
1,1,0,1,0	12	Прерывистый	420	0,625 с вкл., 0,625 с выкл.	AS2220 alert tone	AS2220	13
0,0,1,1,0	13	Качание	500...1200	0,25 с вкл., 3,75 с выкл.	AS2220 evacuate tone	AS2220	12
1,0,1,1,0	14	Прерывистый	660	3,33 Гц 150 мс вкл., 150 мс выкл.	Swedish Alarm Tone		7
0,1,1,1,0	15	Прерывистый	970	0,8 Гц 0,25 с вкл., 1 с выкл.	Intermittent Tone	BS5839 Pt1	8
1,1,1,1,0	16	Прерывистый	970	0,5 Гц 1 с вкл., 1 с выкл.	Backup alarm LF & BS5839 Pt1	BS5839 Pt1	8
0,0,0,0,1	17	Прерывистый	2850	1 Гц	Backup alarm HF & BS5839 Pt1 2nd Tone	BS5839 Pt1	10
1,0,0,0,1	18	Прерывистый	970	1 Гц 500 мс вкл., 500 мс выкл.	BS5839 Pt1	BS5839 Pt1	8
0,1,0,0,1	19	Прерывистый	950	0,22 Гц (0,5 с вкл., 0,5 с выкл.)×3, 1,5 с выкл.		ISO8201	12
1,1,0,0,1	20	Непрерывный	800	4 Гц 150 мс вкл., 100 мс выкл.		BS5839 Pt1	22
0,0,1,0,1	21	Качание	400...1200	(0,5 с вкл., 0,5 с выкл.)×3, 1,5 с выкл.	Temporal 3 Evacuation tone	ISO8201 Temporal 3	12
1,0,1,0,1	22	Качание	1200...500	0,99 Гц 1 с вкл., 0,01 с выкл.	Evacuate, DIN tone & PFEER	DIN, PFEER	20
0,1,1,0,1	23	Качание	2400...2850	7 Гц	Fast Sweep Vds	Vds	10
1,1,1,0,1	24	Качание	500...1200	0,5 с выкл., 3,5 с вкл.	Slow whoop evacuate Netherlands	NEN 2575	8
0,0,0,1,1	25	Качание	800...970	50 Гц	LF buzz BS5839 Pt1	BS5839 Pt1	8
1,0,0,1,1	26	Качание	800...970	7 Гц	Fast sweep LF BS5839 Pt1	BS5839 Pt1	8
0,1,0,1,1	27	Качание	800...970	1 Гц	Medium sweep LF buzz BS5839 Pt1, Vds	BS5839 Pt1 Vds	8
1,1,0,1,1	28	Качание	2400...2850	50 Гц	High frequency buzz		10
0,0,1,1,1	29	Качание	500...1000	7 Гц	Fast whoop		8
1,0,1,1,1	30	Качание	500...1200	0,166 Гц подъем 1 с, стаб. 4 с, падение 1 с	Siren style tone		8
0,1,1,1,1	31	Качание	800...1000	2 Гц			8
1,1,1,1,1	32	Качание	2400...2850	1 Гц			10

изводится установкой направляющей стрелки левого переключателя в положение 3, а правого – в положение 5. В контроллере шлейфов FX-LC установка адреса 01...99 выполняется программно.

Таблица 2. Цоколёвка контактов терминала для подключения соединительного шлейфа (к рис. 4)

Терминал	Назначение	Обозначение контактов
1	HTR+	«+» нагревательного элемента
2	HTR–	«–» нагревательного элемента
3	X	Не используется (экран)
4	L+	Шлейф «+»
5	L–	Шлейф «–»
6	LR+	Выносной индикатор «+»

онном DIP-переключателе (см. рис. 5 и табл. 4). Необходимый тон выбирается переключателями SW1...5 на 8-позиционном DIP-переключателе (см. табл. 3). Тон второй ступени (в зависимости от тона первой ступени) задается с центральной пожарной панели через соответствующий протокол. В табл. 3 показана зависимость формата сигнала, частоты, прерывания, стандарта и тона от положения DIP-переключателя.

Базовые оповещатели

Высокопрофильные базовые основания BPW-E10 (IP44) и WPW-E10 (IP65) имеют свои особенности. В частности, отличаются механические размеры: диаметр 121 мм, полная (общая) высота установленного на плоском основании датчика – 55 мм. Базовые оповещатели BSO-PP-I33, BSO-PP-N33, BSS-PR-I33, BSS-PR-N33 по внешнему виду также имеют отличия. В табл. 5 представлены электрические характеристики наиболее популярных высокопрофильных базовых оснований BSO, BSS.

Стандартный цвет B501AP – белый, при обозначениях в документации: IV – цвет слоновой кости, BK – чёрный цвет. Базовое основание устанавливаются с использованием саморезов с максимальным диаметром 4 мм и шляпкой диаметром не более 8 мм. Стандартное расстояние между центрами крепёжных отверстий – 60 мм, однако для B501AP допускается расстояние от 50 мм до 60 мм, а для B524HTR допускается расстояние от 51 мм до 60 мм. Базовое основание B501AP на боковой стенке имеет выламываемые окна перфорации для поверхностного монтажа кабеля. Маркировка «окон» гарантирует перпендикулярное или прямое направление шлейфа (одни окна не маркируются, другие имеют метки I или II). При необходимости возможна установка соединительного адаптера BA501AP(-IV). Также на это устройство возможна установка адресной метки: для этого следует выломать адресную метку из основания базы и установить в слот, расположенный снаружи базы. Монтаж кольцевых шлейфов проводится в соответствии с требованиями действующих нормативных документов (ФЗ, СП, ГОСТ и т.д.). Для соединения панели с базами рекомендуется использовать проводники сечением от 0,75 мм² до 2,5 мм². Для определения типа и

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»
- Стартапы 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>

Таблица 4. Пример установки уровня звука переключателями SW6 и SW7

SW6	SW7	Уровень звука
OFF	OFF	Высокий
OFF	ON	Средний
ON	OFF	Низкий
ON	ON	Низкий

сечения кабеля следует обратиться к инструкции на приёмно-контрольный прибор (ПКП). На рис. 7 представлена иллюстрация для подключения адресного шлейфа системы пожарного оповещения FX SLC.

Нагревательный элемент для B524HTR

Базовое основание B524HTR имеет терминалы для подключения нагревательного элемента, который обеспечивает корректную работу при установке в холодных помещениях. В помещениях с круглосуточной средней температурой выше 0°C нагревательный элемент можно не подключать. Технические характеристики B524HTR:

- диаметр – 103 мм;
- высота – 36 мм;
- вес – 92 г;
- номинальное напряжение – 24 В;
- максимальное напряжение – 32 В (DC или AC);
- потребляемая мощность при номинальном напряжении 24 В – 1,9 Вт;
- максимальная потребляемая мощность – 4 Вт;
- сопротивление нагревательного элемента – 300 Ом;
- рабочая температура – –30 ... +60°C;
- влажность – от 10 до 93% (без образования конденсата).

Подключение и сборка

На рис. 8 представлена иллюстрация подключения пожарного извещателя с базовым основанием B501AP (IP21C), где видны контакты шлейфа и указана полярность. Сборка производится следующим образом. Базовое основание B501 AP прикрепляют к плоской стене или потолку. Подключают кабель к соответствующим клеммам. Для поверхностного монтажа в качестве ввода кабеля в B501 AP удобно использовать её вырезные отверстия. Следующим шагом выбирают необходимые тон и уровень звука с помощью DIP-переключателя. Затем следует поместить оповещатель на базовое основание и повернуть его до фиксации (см. рис. 3).

Таблица 5. Электрические характеристики наиболее популярных высокопрофильных базовых оснований BSO, BSS

Описание	BSO-PP-xxx	BSS-PR-xxx
	Звуковой	Комбинированный
Рабочее напряжение	15...29 В пост. тока (с изолятором) (обычно 24 В пост. тока) 15...32 В пост. тока (без изолятора) (обычно 24 В пост. тока)	
Ток покоя	450 мкА	
Макс. ток потребления (звук) (с изолятором) (высокий уровень, тон 8 при 24 В)	4,74 мА	8,02 мА
Макс. ток потребления (звук) (без изолятора) (высокий уровень, тон 8 при 24 В)	4,55 мА	7,83 мА
Выход звука по EN54-3 (высокий уровень, тон 8 при 24 В)	92dB(A) ± 3dB	
Частота строб вспышек	–	1 Гц
Рабочая температура	–25...70°C	
Относительная влажность	До 93% без конденсации	
Класс защиты	IP24C (с базой B501 AP) IP44 (с высокопрофильной базой BPW-E10) IP65 (с влагозащищённой базой WPW-E10)	
Цвет	Красный	
Вес	199 г	200 г
Цвет линзы	Красный	
Размер контакта	Макс. 2,5 мм ²	
Число тонов	32	
Уровни звука	Высокий, средний, низкий	

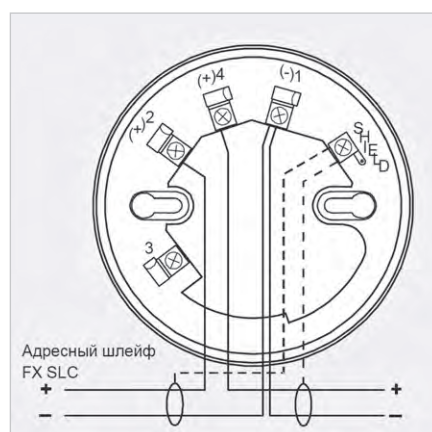


Рис. 7. Подключение адресного шлейфа системы пожарного оповещения FX SLC. Вывод 1 – (–) вход и выход, выносной индикатор (–); вывод 2 – (+) вход; вывод 3 – выносной индикатор (+); вывод 4 – (+) выход

Если требуется влагозащищённое исполнение, то сзади высокопрофильного базового основания устанавливают прокладку, а также используют кольцевое уплотнение после присоединения низкопрофильного базового основания.

Настройка с помощью выносного индикатора

Выносной индикатор RA400Z (RA100Z) приобретается дополнительно. Это устройство можно изготовить самостоятельно: оно состоит из светодиода и ограничительного резистора, подобранного так, чтобы

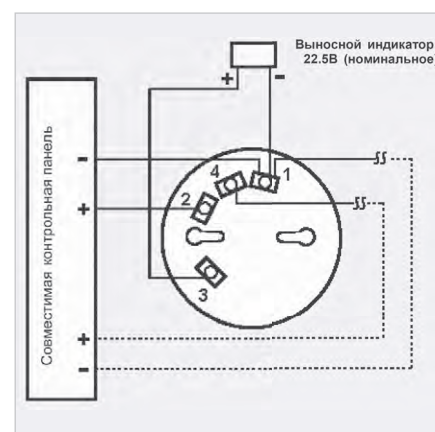


Рис. 8. Схема подключения с базовым основанием B501AP (IP21C) к совместимой контрольной панели и (при необходимости настройки) к выносному светодиодному индикатору

при напряжении питания 22,5 В ток через светодиод не превышал рекомендованное производителем значение. Таким образом, устройство представляет собой компактный блок со светодиодной индикацией, который подключают, как показано на рис. 8. Если используется другой выносной индикатор, перед началом работ необходимо убедиться в совместимости его с базовым основанием по электрическим характеристикам: минимальное напряжение питания – 22,5 В, средний ток потребления в режиме покоя – 10,8 мА, номинальное напряжение питания – 24 В.



POWER ELECTRONICS



18-я Международная выставка
компонентов и модулей
силовой электроники

26–28 октября 2021
Москва, Крокус Экспо

Силовая Электроника

Единственная в России
специализированная
выставка компонентов
и модулей силовой электроники
для различных отраслей
промышленности

Организатор — компания MVK
Офис в Санкт-Петербурге



Международная
Выставочная
Компания

+7 (812) 380 6000
power@mvk.ru

Запросите
условия участия:

powerelectronics.ru

12+

Библиотеки электронных компонентов АО «НПО «ЭРКОН»

Белков Игорь (belkov@erkon-nn.ru), **Еремеев Юрий** (remeev@erkon-nn.ru),
Малышев Илья (min@erkon-nn.ru)

При разработке радиоэлектронных средств (РЭС) используют системы автоматизированного проектирования, для которых необходимы различные электронные модели изделий. В статье описаны распространённые виды моделей, разрабатываемые на изделия, выпускаемые АО «НПО «ЭРКОН».

В настоящей статье использованы следующие термины и определения:

- электронный компонент (ЭК) – это законченное дискретное изделие, выполняющее в радиоэлектронных средствах определённый набор функций;
- электронная модель изделия – модель изделия, выполненная в компьютерной среде (введённое здесь определение распространяется на геометрические [1], электрические и иные параметры изделий);

поведенческая модель – имитационная модель изделия, описывающая функционирование (поведение) изделия;

- SPICE-модель – поведенческая модель, описывающая узлы, соединения и значения элементов схемы замещения электронного компонента;
- параметрическая модель – поведенческая модель электронных компонентов с характеристиками, зависимиыми от одного (или более) редактируемого параметра;
- общая модель – поведенческая модель в виде эквивалентной электрической схемы замещения или набора математических зависимостей, описывающих характеристики электронного компонента в схеме;
- поверхностная геометрическая модель (поверхностная модель) – трёхмерная геометрическая модель изделия, представленная множеством ограниченных поверхностей, определяющих в пространстве форму изделия [1];
- библиотека моделей – файл с набором электронных моделей, интегрируемый через интерфейс САПР;
- условное графическое обозначение (УГО) – образ электронного компонента или функциональной части изделия в среде проектирования, используемый в структурных, функциональных и принципиальных электрических схемах;
- контактная площадка – часть проводящего рисунка, обычно, но не исключительно, используемая для создания электрических соединений, прикрепления компонентов или и того и другого [2];
- стандартная контактная площадка – контактная площадка, размеры которой соответствуют стандартным

значениям для данного корпуса (типоразмера), указанным в соответствующих стандартах;

- оптимальная контактная площадка – контактная площадка, размеры которой учитывают конструктивные особенности компонента. Например, особенности подключения компонентов при выполнении определённых функций;
- посадочное место – комбинация контактных площадок, используемых для монтажа, соединения и контроля отдельных компонентов [2];
- посадочное место компонента – участок на печатной плате, который состоит из контактных площадок и проводников к дополнительным контактным площадкам для тестирования или к переходным отверстиям, которые ассоциируются с монтажом отдельного компонента [2].

В средах проектирования модели электронных компонентов для удобства применения объединены в библиотеки. Модели могут быть представлены символом на схеме (УГО), посадочным местом, трёхмерной визуализацией на плате (трёхмерной моделью) и SPICE-моделью для анализа. Один компонент – множество представлений и специальная модель для каждой области проектирования [3].

АО «НПО «ЭРКОН» выпускает пассивные электронные компоненты (резисторы, чип-индуктивности и специальные изделия) и разрабатывает их модели и библиотеки, включая УГО, посадочное место, трёхмерные и поведенческие модели. Библиотеки моделей адаптированы для применения в различных средах проектирования, таких как Delta Design.

В большинстве случаев в САПР УГО является связующим звеном, предоставляя доступ к основным свойствам и другим модельным реализациям. В зависимости от САПР с УГО могут быть связаны топологические посадочные места, Spice-модели, атрибуты.

Атрибуты – это набор параметров изделия (номинальные значения основных характеристик, допускаемые отклонения, параметры надёжности

Пример атрибутов для резисторов в САПР Delta Design

Наименование атрибута	Примечание
Доступность	«Да» «Нет»
ОКПД2	Классификатор
Категория качества	ОТК, ВП
Поверхностный монтаж	«Да» «Нет»
Максимальная температура эксплуатации	°C
Минимальная температура эксплуатации	°C
Рабочая (номинальная) температура эксплуатации	°C
Примечание	Дополнительная информация
Посадочное место	ПМ, созданное в этой библиотеке
Радиодеталь	Имя модели
Артикул	Артикул
ТУ	ТУ
Масса	Грамм
Рассеиваемая мощность	Ватт
Максимальное напряжение	Вольт
Токовый шум, мкВ/В	Число
ТКС	Число
Точность	Процент
Номинал	Ом
Максимальная частота диапазона для КСВН	Частота
КСВН	Число
Максимальная частота диапазона для КСВН2	Частота
КСВН2	Число
Гамма-процентная наработка до отказа	Число
Интенсивность отказов	Число
Доверительная вероятность	Число
Средний срок службы до списания (полный)	Число

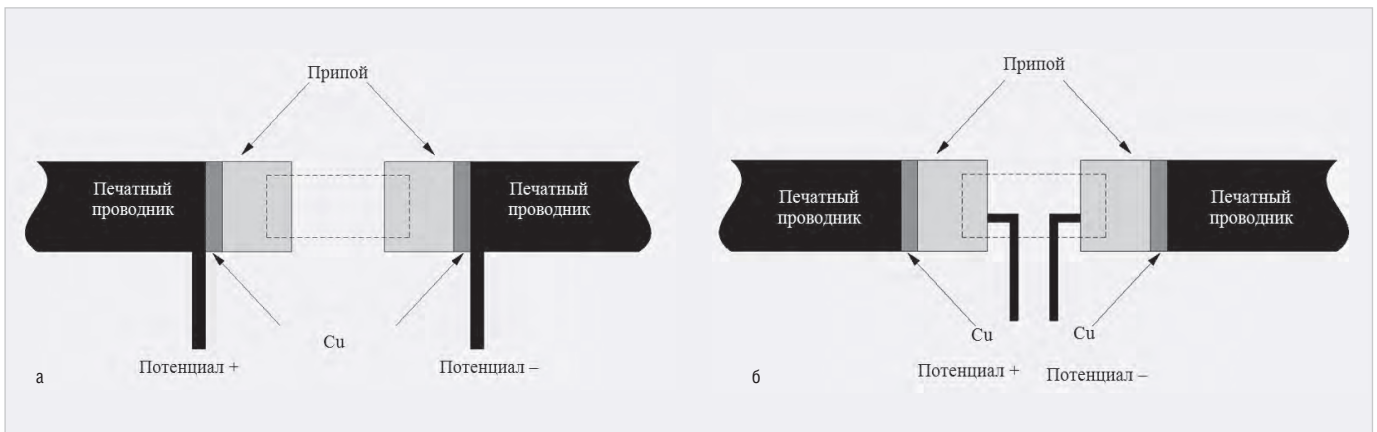


Рис. 1. Варианты топологического подключения сверхнизкоомного резистора: а) подключение потенциальных проводников с внешней стороны КП; б) подключение потенциальных проводников с внутренней стороны КП

и т.д. (см. таблицу)). Атрибуты являются справочными данными компонента.

В зависимости от типа компонента атрибуты могут содержать более 30 параметров, в том числе характеристики надёжности, массу, номинальную температуру, КСВН, максимальную частоту.

При проектировании печатных плат необходима информация о монтаже компонентов: посадочном месте, расположении относительно других ком-

понентов и вспомогательных элементов (3D-модель).

В современных САПР существует большое количество готовых посадочных мест и стандартных контактных площадок (КП) для компонентов. В них также интегрированы пользовательские инструменты для быстрой генерации КП. Однако при существующем разнообразии пассивных компонентов выделяются специализированные изделия, тре-

бующие КП специальной конфигурации.

Например, при использовании сверхнизкоомных резисторов типа P2-105 в цепях контроля тока важно учитывать конфигурацию топологии проводников печатной платы, так как она оказывает значительное влияние на возможность ошибки измерения. На рис. 1а и 1б приведены различные случаи постановки резисторов на плату. При подключении потенциальных проводни-



Акционерное общество
ЭРКОН
Научно-производственное объединение

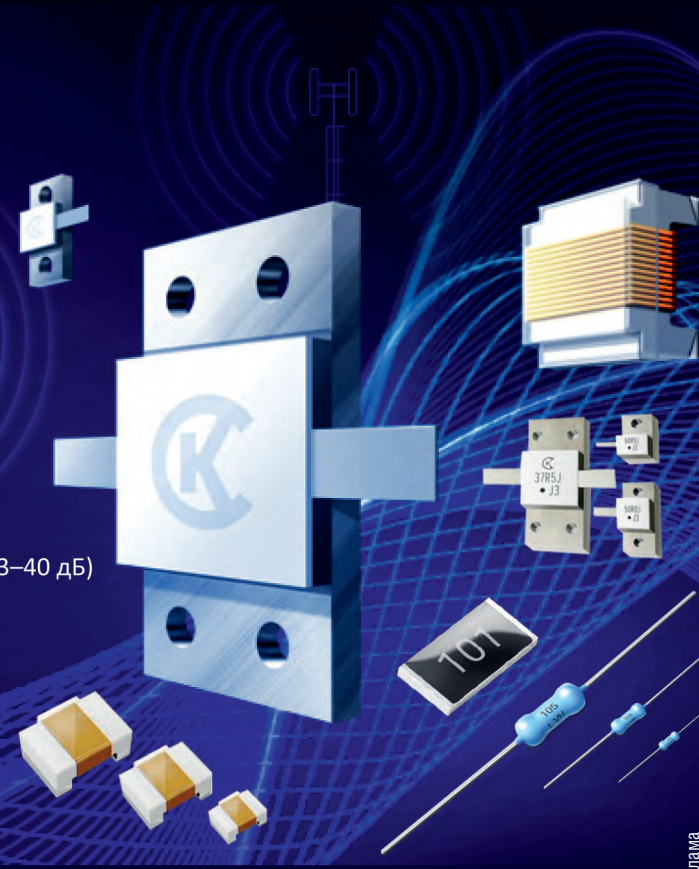
ПРОИЗВОДСТВО, РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА ПОСТОЯННЫХ РЕЗИСТОРОВ, АТТЕНУАТОРОВ И ЧИП-ИНДУКТИВНОСТЕЙ

- 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

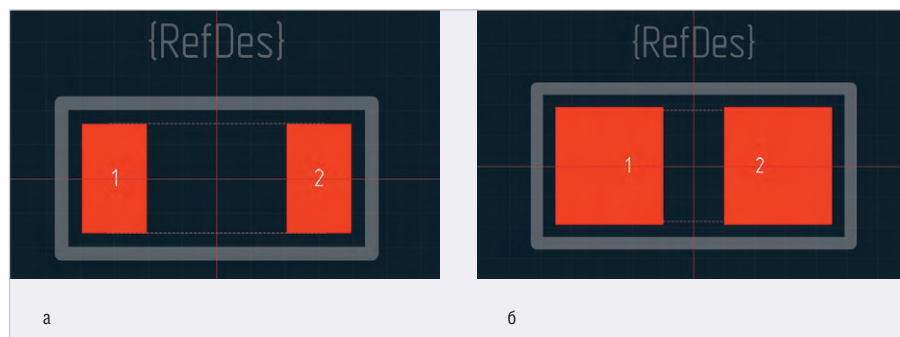


Рис. 2. Посадочное место: а) оптимальные КП; б) стандартные КП

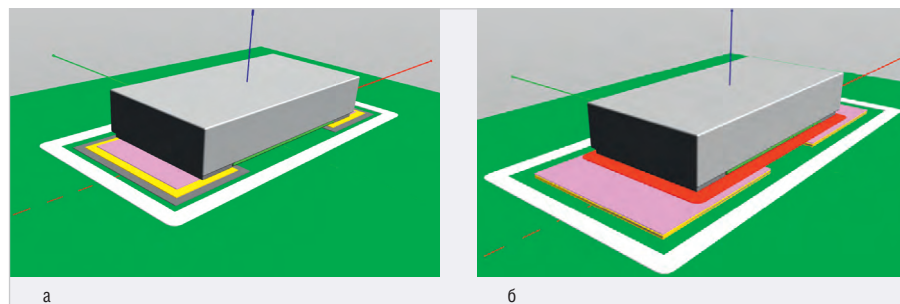


Рис. 3. 3D-модель установки резистора на различные контактные площадки: а) оптимальные КП; б) стандартные КП

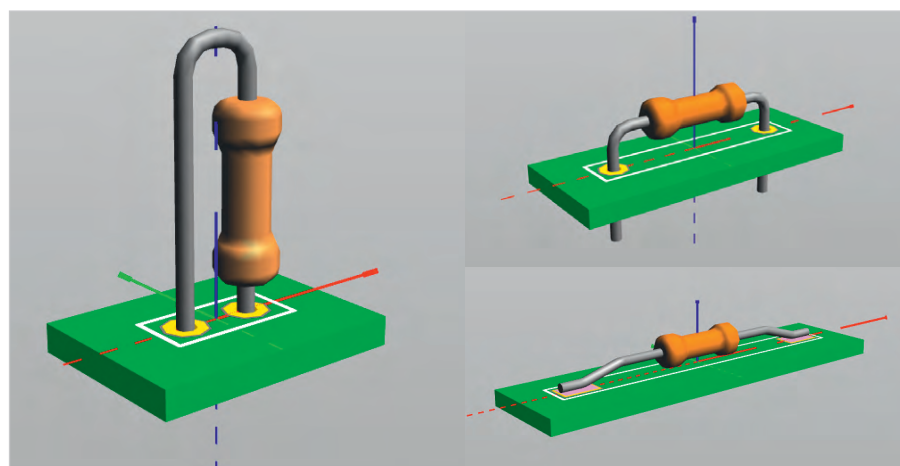


Рис. 4. Варианты установки на печатную плату резисторов С2-36-0,125

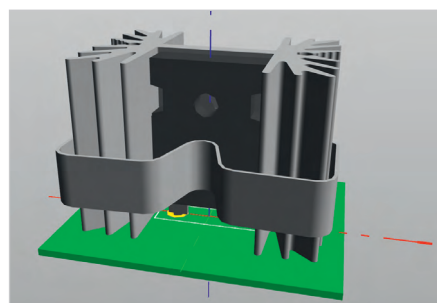


Рис. 5. 3D-визуализация резистора Р2-108А с радиатором

ков с внутренней стороны КП ошибка измерений минимальна.

На рис. 2 показаны примеры реализации КП для резистора Р2-105-0,75: оптимальные КП сформированы по топологическим размерам чип-

резистора с учётом того, что для минимизации ошибки измерений тока расстояние между КП должно соответствовать расстоянию между выводами резистора. Стандартные КП сгенерированы в соответствии с усреднёнными рекомендациями для компонентов данного типоразмера. На рис. 3 те же примеры представлены совместно с 3D-моделями резисторов. Такая визуализация позволяет наглядно верифицировать правильность монтажа компонента.

Размещение компонентов с использованием библиотеки посадочных мест позволяет выполнить предварительную компоновку. Чтобы учесть расположение компонента относительно соседних компонентов и эле-

ментов конструкции, необходимо использовать 3D-модели. При реализации моделей изделий АО «НПО «ЭРКОН» в библиотеках посадочных мест и соответствующих 3D-моделей учтены возможности различной установки (см. рис. 4). Размеры посадочных мест для компонентов разработаны с учётом рекомендаций соответствующих международных стандартов [2, 4, 5].

В качестве примера взаимодействия с соседними компонентами на рис. 5 представлена визуализация 3D-модели резистора Р2-108А, установленного на стандартный радиатор. Из визуализации следует, что в данном случае размещение других компонентов рядом ограничено не только резистором, но и, в большей степени, радиатором.

Для решения задач функционального проектирования РЭС необходимы поведенческие модели. В отличие от УГО, посадочных мест и трёхмерных моделей, разработка которых не представляет принципиальных сложностей, хотя и требует знания конструкции компонента и определённых трудозатрат, создание адекватной поведенческой модели – сложная техническая задача. Для резисторов и катушек индуктивности, в зависимости от типа и задач при моделировании схем, поведенческие модели могут включать различные свойства компонента: волновые параметры рассеяния, температурный коэффициент сопротивления (ТКС), зависимость индуктивности от тока и т.д. Некоторые параметры компонентов могут значительно изменяться от особенностей монтажа (например, частотные параметры). Для таких случаев разрабатывают общие модели, учитывающие различные влияющие факторы. Модель описывает компоненты одного типа с различными характеристиками (сопротивление, габариты и т.д.) без изменения общей структуры, используя набор значений параметров схемы замещения или коэффициентов математических зависимостей.

В большинстве современных САПР реализация поведенческих моделей выполняется с использованием SPICE-симулятора. В качестве примера на рис. 6 приведён вариант использования поведенческой модели резистора Р1-161-0,06 для расчёта изменения сопротивления от температуры.

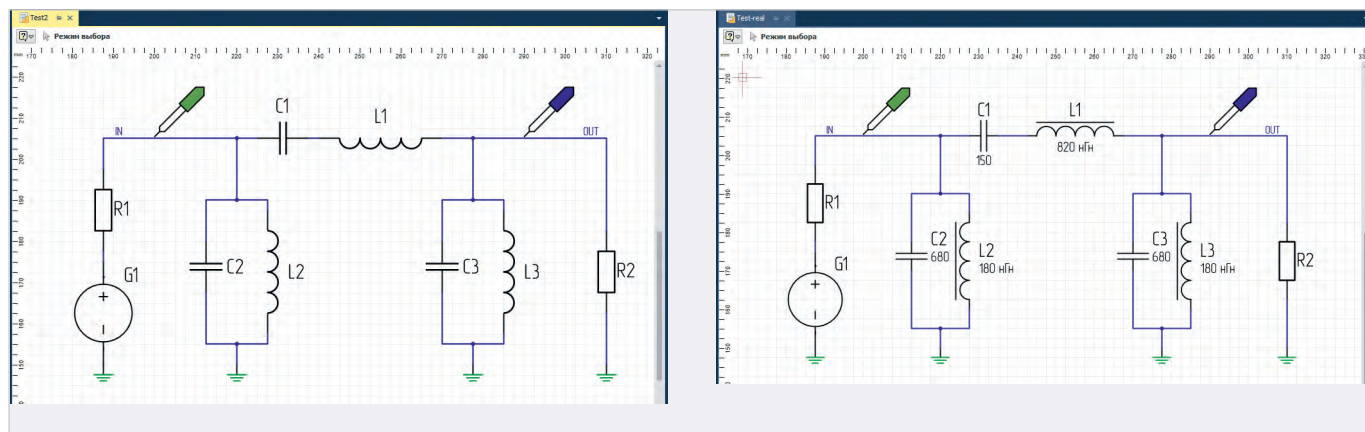


Рис. 6. Схема полосового фильтра: а) с идеализированными моделями индуктивностей; б) со SPICE-моделями чип-индуктивностей

При разработке поведенческих моделей в частотной области используют метод оптимизации, включающий в себя поиск коэффициентов – значений параметров элементов эквивалентной схемы, характеристики которой тождественны результатам измерений. Результаты измерений учитывают неидеальность компонента, которую модель учитывает в виде паразитных активных и реактивных элементов или прямых измерений.

На рис. 6 представлен пример проектирования схемы в частотной области с использованием программного продукта DeltaDesign [6]. В схеме использованы SPICE-модели идеализированной индуктивности, а также конденсаторов Murata и чип-индуктивностей КИК 2012 АО «НПО «ЭРКОН», учитывающие паразитные параметры компонентов. Сравнение результатов моделирования и измерений показано на рис. 8. Из сопоставления характеристик следует, что модели, учитывающие паразитные параметры, вносят существенную поправку при проектировании.

Формирование библиотек моделей является актуальной задачей. Это позволяет в удобной форме в рамках единой цифровой среды получить полное представление о компоненте: трёхмерной визуализации, посадочных местах и основных технических характеристиках в различных условиях применения.

Заключение

АО «НПО «ЭРКОН» разрабатывает различные виды моделей компонентов выпускаемых изделий, размещая их для использования в свободном доступе на официальном сайте www.erkon-nn.ru. Модели, в зависимости от типа ком-

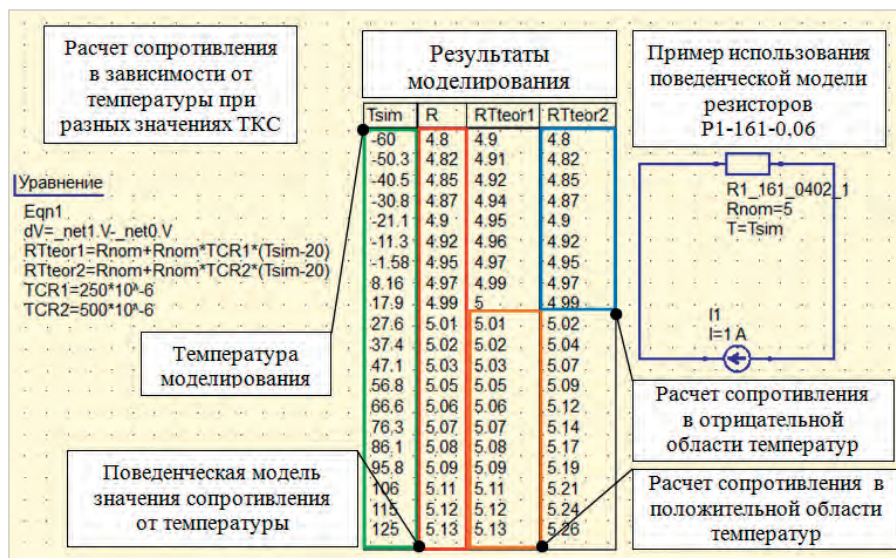


Рис. 7. Пример использования поведенческой модели в среде проектирования «QUCS»

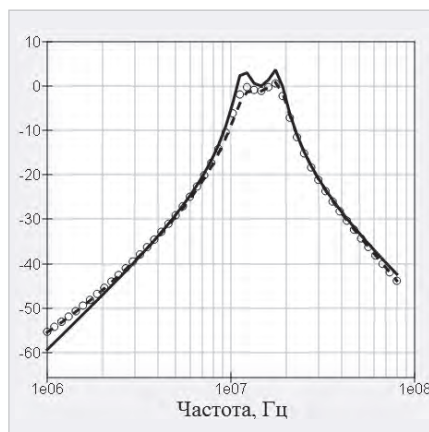


Рис. 8. Результаты моделирования и измерений амплитудно-частотной характеристики полосового фильтра:
 — — АЧХ фильтра с использованием идеализированных моделей индуктивностей;
 ---- — АЧХ фильтра с использованием SPICE-моделей чип-индуктивностей КИК 2012;
 o o o — измеренная АЧХ фильтра

понента, содержат библиотеки моделей для САПР Delta Design, 3D-модели и поведенческие модели.

Литература

- ГОСТ 2.052-2015. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.
- ГОСТ Р МЭК 61188-5-1-2012. Печатные платы и печатные узлы. Проектирование и применение. Часть 5-1. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов).
- Норенков И.П., Маничев В.Б. Основы теории и проектирования САПР. – М.: ВШ, 1990.
- ГОСТ IEC 61188-5-2-2013. Печатные платы и печатные узлы. Проектирование и применение.
- IPC-7351A. Общие требования по конструированию контактных площадок и печатных плат с применением технологии поверхностного монтажа.
- ЭРЕМЕКС. Система аналогового моделирования Delta Design SimOne // URL: <https://www.eremex.ru/products/delta-design/simone/> (дата обращения: 03.08.2021).



Радиочастотные соединители TMP повышенной мощности компании CarlisleIT, США. Действительно с лучшими параметрами, чем у аналогов?

К.Б. Джуринский, к.т.н. (kbd.istok@mail.ru)

Рассмотрены характеристики соединителей TMP американской компании CarlisleIT, имеющие интерфейс SMP и повышенную пропускаемую мощность, в сравнении с ранее разработанными аналогичными соединителями P-SMP компании Rosenberger, Германия и SMP-MAX компании Radiall, Франция. Установлено, что рекламируемое компанией CarlisleIT превосходство параметров соединителей TMP над аналогами по расширенному рабочему диапазону частот (0...23 ГГц вместо 0...10 ГГц) и допустимому количеству соединений и рассоединений (5000 вместо 1000) неочевидно и требует дополнительных доказательств. Показано, что к рекламным материалам о радиочастотных соединителях зарубежных компаний необходимо относиться критически. При выборе соединителя основным источником информации должна служить достоверная спецификация (datasheet) компании-производителя.

Соединители P-SMP и SMP-MAX с повышенной пропускаемой мощностью

Для ряда приложений (телеком, базовые станции, специальные усилители и фильтры) не требуются рабочие частоты более 10 ГГц, но необходимы миниатюрность, простота соединения вилки и розетки и повышенная допустимая пропускаемая мощность сигналов: 200...300 Вт на частотах 2...3 ГГц. Для таких применений оптимальными являются соединители, сочетающие преимущества SMP-соединителей (расположение на платах с минимальным шагом и удобство соединения способом защёлкивания) и стандартных соединителей SMA (повышенная мощность и высокий уровень электрических параметров). Начиная с 2010 года соединители P-SMP и

SMP-MAX были созданы соответственно компаниями Rosenberger, Германия и Radiall, Франция. Эти соединители обеспечили повышение допустимой пропускаемой мощности в соединителях SMP [1].

Допустимая пропускаемая мощность (P) ограничена явлениями электрического и теплового пробоя и зависит от размеров коаксиальной линии соединителя [1]:

$$P \sim E_{\max}^2 \times d \times \ln(D/d), \quad (1)$$

где $E_{\max}$ – максимальная напряжённость электромагнитного поля, d и D – диаметры внутреннего и наружного проводников коаксиальной линии соединителя.

Предельная частота соединителя также зависит от размеров его коаксиальной линии:

$$f_{\text{пред}} = 190,85 / \sqrt{\epsilon} (D+d), \quad (2)$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость изолятора линии.

Чтобы увеличить пропускаемую мощность, в соответствии с формулой (1) нужно увеличить размеры коаксиальной линии. Но при этом согласно формуле (2) уменьшается предельная частота соединителя. Поэтому в соединителях P-SMP и SMP-MAX увеличение размеров коаксиальной линии и их приближение к размерам коаксиальной линии соединителей SMA позволило повысить пропускаемую мощность, но при этом уменьшилась их предельная частота. Интерфейс соединителей P-SMP и SMP-MAX показан на рис. 1 [1].

Разработаны следующие типы соединителей P-SMP и SMP-MAX [1]:

- прямые и угловые вилки с ограниченным защёлкиванием и со скользящим соединением для поверхностного монтажа и для монтажа в отверстия печатной платы;
- приборные вилки (выводы энергии) с ограниченным защёлкиванием и со скользящим соединением;
- концевая вилка с ограниченным защёлкиванием для поверхностного монтажа;
- адаптеры розетка–розетка («bullets») с диаметром наружного проводника 4,5 мм и длиной от 10 до 38 мм;
- прямые и угловые кабельные розетки под полужёсткий и гибкий кабели;
- межканальные адаптеры P-SMP-SMA, P-SMP-N, P-SMP-SMP, P-SMP-MMBX с разным сочетанием вилка–розетка.

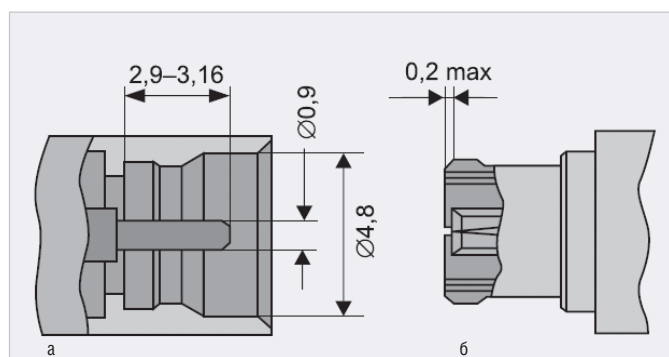


Рис. 1. Интерфейс соединителей P-SMP: а) вилка, б) розетка



Рис. 2. Соединители TMP

Основные параметры соединителей SMP, SMP-MAX и, для сравнения, соединителей TMP, анонсированных компанией CarlisleIT, приведены в табл. 1 [1, 3, 4].

Соединители TMP компании Carlisle Interconnect Technologies (CarlisleIT)

Компания CarlisleIT анонсировала новые защёлкивающиеся соединители серии SMP повышенной мощности в 2012 году [2...4]. TMP – это зарегистрированная торговая марка компании CarlisleIT. Соединители TMP¹ (по-видимому, Tensolite Miniature Push-On) соответствуют требованиям военного стандарта MIL-PRF-39012 и имеют следующие ключевые особенности:

- волновое сопротивление 50 Ом;
- рабочий диапазон частот 0...23 ГГц;
- Push-On-интерфейс для полного и ограниченного защёлкивания и скользящего соединения вилки и розетки;
- быстрое соединение даже при значительном осевом и радиальном смещении осей вилки и розетки в момент сочленения;
- количество соединений и разъединений вилки и розетки – более 5000.

Соединители TMP имеют повышенную допустимую пропускаемую мощность – более 200 Вт в диапазоне частот 2...3 ГГц и предназначены для применения в радарх, ракетных и спутниковых системах, а также для некоторых коммерческих приложений.

Основные параметры соединителей TMP по данным компании CarlisleIT [3, 4] приведены в табл. 1. На первый взгляд кажется, что соединители TMP созданы компанией CarlisleIT только для расширения номенклатуры выпускаемой продукции в дополнение к соединителям P-SMP и SMP-MAX. Но при внимательном изучении параметров этих трёх соединителей обнаруживаются два важных преимущества соединителей TMP.

- Верхняя частота рабочего диапазона соединителей TMP равна 23 ГГц, а у соединителей P-SMP и SMP-MAX соответственно 10 и 6 ГГц. При этом допустимая пропускаемая мощность у всех трёх соединителей 200...300 Вт на частотах 2...3 ГГц.
- Количество циклов соединений и разъединений вилки и розет-

Таблица 1. Основные параметры соединителей TMP, SMP и SMP-MAX

Значение параметров соединителей:	P-SMP	SMP-MAX	TMP
Волновое сопротивление, Ом	50	50	50
Рабочий диапазон частот, ГГц:	0...10	0...6	0...23
Напряжение пробоя, В	1000	1000	500
Максимальный КСВН (f – частота, ГГц)	1,1 (0...6)	–	1,2 + 0,005f
Прямые потери СВЧ, дБ, f – частота, ГГц	$0,03\sqrt{f}$ макс.	–	$0,05\sqrt{f}$ макс.
Допустимая пропускаемая мощность, Вт (на частотах, ГГц)	200 (2,2)	300 (2,7)	200 (2...4)
Экранное затухание, дБ (на частоте f , ГГц)	–70 (3)	–70 (3)	–(80...f)
Сопротивление изоляции, МОм, более	5000	5000	5000
Максимальное усилие соединения вилки и розетки, Н: – полное защёлкивание – ограниченное защёлкивание – скользящее соединение	68 45 10	– 45 14	26,7 20,0 13,4
Минимальное усилие разъединения вилки и розетки, Н: – полное защёлкивание – ограниченное защёлкивание – скользящее соединение	25 15 2,2	– 9...45 9	33,4 20,0 8,9
Допустимые смещения между осями вилки и розетки при соединении, мм: – радиальное – аксиальное, мм	3° ± 1	3° 2	± 0,5 0–0,5
Допустимое количество соединений и разъединений	1000 (скользящее соединение):	100 (полное защёлкивание)	5000 (скользящее соединение)
Рабочий диапазон температур, °C	–65...+165	–55...+165	–65...+125

ки соединителей TMP – более 5000 (по-видимому, для скользящего соединения), а для соединителей P-SMP – в 5 раз меньше.

Рабочий диапазон частот соединителей TMP

Чтобы повысить пропускаемую мощность, размеры коаксиальной линии соединителей TMP выполнили такими же, как у соединителей SMA, но сохранив при этом интерфейс соединителя SMP. Известно, что верхняя частота рабочего диапазона частот соединителей SMA равна 27 ГГц, но большинство компаний гарантируют рабочий диапазон частот 0...18 ГГц [6]. Однако учитывая сочетание коаксиальной линии SMA и интерфейса SMP, оптимальную рабочую частоту соединителей P-SMP компания Rosenberger установила равной 10 ГГц, а компания Radiall для соединителей SMP-MAX даже уменьшила её до 6 ГГц.

В отличие от этих компаний, у CarlisleIT рабочий диапазон частот соединителей TMP равен 0...23 ГГц [3, 4]. Объяснений, за счёт чего соединители TMP превосходят аналоги, в приведённых материалах компании CarlisleIT не удалось найти. Можно было бы предположить, что для расширения

рабочего диапазона частот в соединителях TMP были уменьшены размеры коаксиальной линии соединителя SMA. Так поступили американские компании Mega Phase и Amphenol при создании соединителей SMA с верхней частотой применения 32...34 ГГц [6]. Зарубежные компании нередко вставляют термин SMA в название соединителей даже других типов: SMA 3.5 mm, SMA 2.9 mm, хотя общее с соединителями SMA у них только резьба 0,250–36 UNS на корпусе и присоединительные размеры. Это сделано для обеспечения их механической совместимости между собой.

Но уменьшение размеров коаксиальной линии соединителя SMA повлекло бы за собой снижение допустимой пропускаемой мощности. Однако это не подтверждается данными таблицы 1: допустимая пропускаемая мощность всех трёх соединителей TMP, P-SMP и SMP-MAX практически одинаковая. Поэтому для прояснения ситуации потребовалось проанализировать datasheet на конкретные соединители TMP [7...9].

Типы соединителей TMP и их datasheet

Номенклатура выпускаемых компанией CarlisleIT соединителей TMP при-

¹Tensolite, подразделение Carlisle Companies Incorporated, объявила о смене названия на Carlisle Interconnect Technologies в 1998 году. Смена названия произошла после приобретения Tensolite компании Carlyle Inc., производителя нестандартных проводов и кабельных сборок для бортовых систем авионики. Объединив персонал и передовые технологии, Tensolite и Carlyle Inc. создали Carlisle Interconnect Technologies [5]. (прим. автора)

Таблица 2. Номенклатура соединителей TMP

Тип соединителя	Номер	Описание	Вид защёлкивания
Кабельные соединители	MP503-1CCSF	Розетка проходная, полужёсткий кабель 0,047"	
	MP503-2CCSF	Розетка проходная, полужёсткий кабель 0,086"	
	MP503-3CCSF	Розетка проходная, полужёсткий кабель 0,141"	
	MP504-1CCSF	Вилка панельная, гибкий кабель Carlisle TLL26-1190B	
	MP504-2CCSF	Вилка панельная, полужёсткий кабель 0,141"	
	MP505-1CC	Розетка панельная, гибкий кабель Carlisle TLL26-1190B	
	MP505-2CC	Розетка панельная, полужёсткий кабель 0,141"	
Вилки для монтажа на печатные платы	MP602-1CC	Концевые прямые для установки на платы толщиной 1,6 мм	Полное
	MP602-2CC		Ограниченное
	MP602-3CC		Скользящее соединение
	MP703-1CC	Угловые, для поверхностного монтажа на платы	Полное
	MP703-2CC		Ограниченное
	MP703-3CC		Скользящее соединение
Адаптеры «Bullets»	MP541-1CC	TMP розетка – TMP розетка, длина 11,2 мм	
Соединители, заменяемые в полевых условиях (составные)	MP531-1CC	Вилка фланцевая, диаметр центрального проводника 0,51 мм	
	MP532-1CCSF	Вилка фланцевая (фланец прямоугольный с двумя отверстиями), диаметр центрального проводника 0,51 мм	Полное
	MP532-2CCSF		Ограниченное
	MP532-3CCSF		Скользящее соединение
Адаптеры	MP544-1CCSF	TMP вилка – SMA розетка	Скользящее соединение
	MP543-1CC	TMP розетка – SMA розетка	

Примечание: соединители с названием, оканчивающимся на «CC», покрыты золотом, на «CCSF» – пассивированной нержавеющей сталью.

ведена в табл. 2, а внешний вид некоторых соединителей показан на рис. 2.

Рассмотрим конструкцию и параметры соединителей некоторых основных типов, акцентируя внимание на рабочем диапазоне частот, усилиях соединения и разъединения и допустимом количестве соединений и разъединений. Остальные параметры соединителей TMP приведены в табл. 1.

Панельная кабельная вилка MP504-1CCSF под гибкий кабель.

Компания CarlisleIT разработала две модификации кабельной вилки MP504: MP504-1CCSF – под гибкий кабель TLL26-1190B этой компании и MP504-2CCSF – под стандартный полужёсткий кабель 0,141". Для соединителя MP504-1CCSF (см. рис. 3) рабочий диа-

пазон частот 0...18 ГГц, усилие соединения вилки с розеткой 66,7 Н, усилие разъединения – 22,2 Н, допустимое количество соединений и разъединений – 5000.

Проходная панельная кабельная розетка MP503 под полужёсткий кабель

Компания CarlisleIT разработала проходную панельную кабельную розетку MP503 трёх модификаций: под полужёсткий кабель 0,047", 0,086" и 0,141" – рис. 4.

Корпус соединителя выполнен из нержавеющей стали марки 303, изолятор – из фторопласта. Рабочий диапазон частот – 0...18 ГГц, КСВН = 1,05+0,005f, потери 0,03√f дБ, допустимое количество соединений и разъединений – 5000.

Панельный фланцевый вывод энергии – вилка MP532

В сочетании с вводом СВЧ этот соединитель является «составным» коаксиально-микрополосковым переходом для вывода СВЧ-сигнала с микрополосковой платы на радиочастотный кабель – рис. 5.

Корпус вывода энергии выполнен из нержавеющей стали, пассивированной или с золотым покрытием, центральный проводник – из термоупрочнённой бериллиевой бронзы с золотым покрытием, изолятор – из фторопласта. Рабочий диапазон частот 0...18 ГГц, КСВН = 1,05+0,005f, потери 0,03√f дБ. Чтобы узнать усилия соединения и разъединения вилки с розеткой и допустимое количество соединений и разъединений, предлагается проконсультироваться с компанией CarlisleIT.

MP 541 адаптер розетка – розетка «bullet»

Корпус и центральный проводник адаптера изготовлены из термоупрочнённой бериллиевой бронзы и покрыт золотом, изолятор выполнен из фторопласта – рис. 6.

Рабочий диапазон частот равен 0...23 ГГц, величина потерь 0,23 дБ. Усилия соединения и разъединения вилки и розетки зависят от вида защёлкивания – полное защёлкивание, ограниченное защёлкивание или скользящее соединение. Допустимое количество соединений и разъединений – 5000.

MP 703 вилка для поверхностного монтажа

Компания CarlisleIT разработала вилки для полного и ограниченного защёлкивания и для скользящего соединения с ответной кабельной розеткой – рис. 7.

Согласно datasheet всех соединителей TMP, указанных в табл. 2 (за исклю-

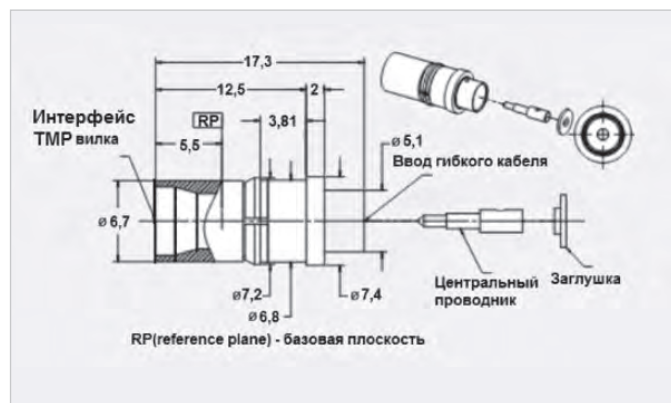


Рис. 3. Панельная кабельная вилка MP504-1CCSF под гибкий кабель

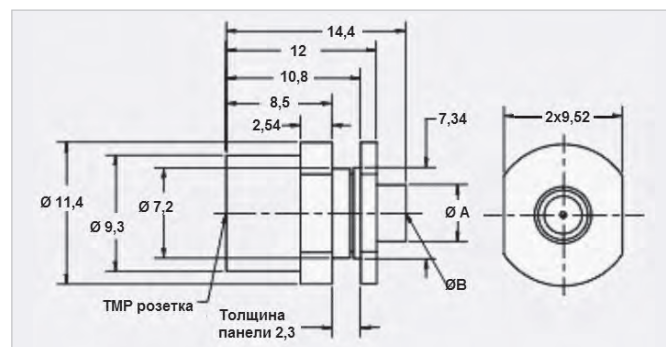


Рис. 4. Кабельная розетка MP503 под полужёсткий кабель марок 0,047", 0,086", 0,141". ØA равен 2,54 мм для кабеля 0,047", 3,05 мм для кабеля 0,086", 4,58 мм для кабеля 0,141"

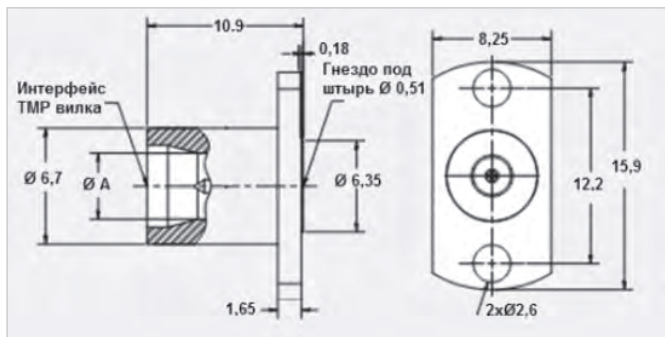


Рис. 5. Панельный фланцевый вывод энергии вилка MP532.
 $\varnothing A = 4,37$ мм (полное защёлкивание), $\varnothing A = 4,47$ мм (ограниченное защёлкивание), $\varnothing A = 4,57$ мм (скользящее соединение)

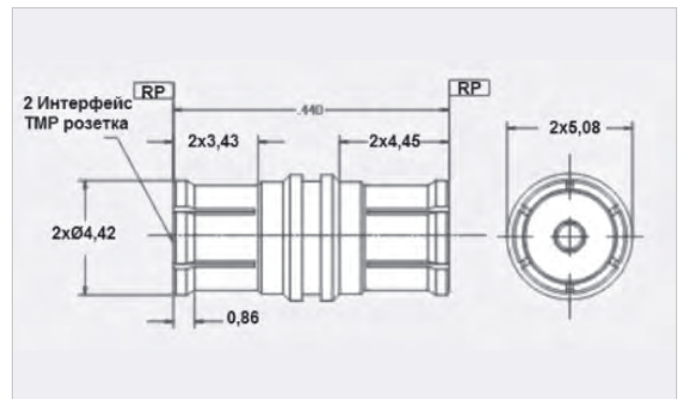


Рис. 6. MP 541 адаптер розетка – розетка «bullet»

чением адаптера «bullet»), их рабочий диапазон частот равен 0...18 ГГц. Поэтому рекламируемый рабочий диапазон частот 0...23 ГГц, приведённый во всех доступных рекламных материалах компании CarlisleIT, вызывает сомнение. К тому же хорошо известно, что предельная частота радиочастотных соединителей зависит от их конструкции и назначения [1]. Наибольшую верхнюю частоту применения имеют прямые соединители и адаптеры розетка – розетка «bullets», наименьшая верхняя частота характерна для угловых соединителей и соединителей, устанавливаемых на печатные платы. Это подтверждают также данные компании CarlisleIT: на предельной частоте 18 ГГц KCBH и величина потерь соединителей для поверхностного монтажа на плату соответственно равны 1,46 и 0,3 дБ, а у кабельных соединителей и выводов энергии – 1,14 и 0,13 дБ.

Кабельные соединители для гибкого и полужёсткого кабелей различаются гарантированной величиной верхней частоты применения. Для кабельных соединителей SMA, работающих с полужёстким кабелем, гарантируется верхняя частота 18 ГГц, а с гибким кабелем – только 12 ГГц [1]. Однако в приведённой информации компании CarlisleIT это различие параметров кабельных соединителей TMR не учитывается.

Таким образом, компания CarlisleIT, не считаясь с конструктивными особенностями, для всех типов соединителей TMR в datasheet приводит одну и ту же предельную частоту 18 ГГц. Нетрудно заметить, что 0...18 ГГц – это рабочий диапазон частот соединителей SMA по данным подавляющего большинства зарубежных производителей этих соединителей.

И, конечно же, возникает вопрос, почему известнейшие компании – производители аналогичных соединителей P-SMP и SMP-MAX гарантируют значительно более низкий рабочий диапазон

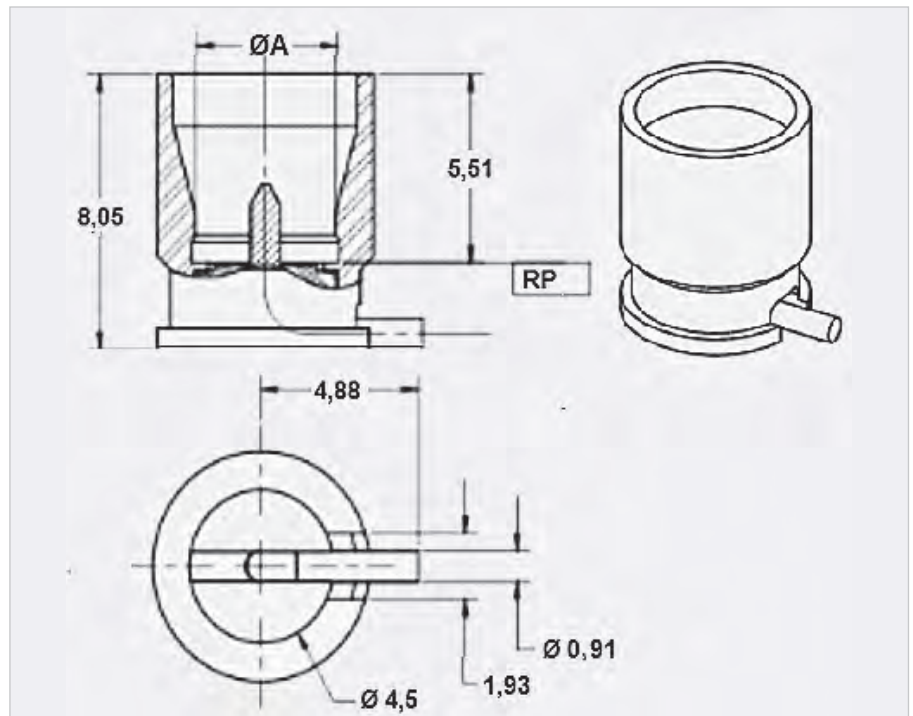


Рис. 7. MP703 вилка для поверхностного монтажа. $\varnothing A$ равен 4,37 мм – для полного защёлкивания, 4,47 мм – для ограниченного защёлкивания, 4,57 мм – для скользящего соединения. Рабочий диапазон частот 0...18 ГГц, KCBH = $1,1 + 0,02f$, потери $0,07\sqrt{f}$ дБ, экранированное затухание: $-(90...f)$ дБ.

частот: соответственно 0...10 ГГц и даже 0...6 ГГц? Хотя компания Rosenberger делает оговорку, что разработанные ею соединители P-SMP обеспечивают повышенную мощность даже на частотах до 15 ГГц [10]. Объясняется это тем, что компании хотят подстраховаться от возможных рисков. Это напоминает ситуацию с лекарствами. В инструкции на любое лекарство в разделе «Противопоказания» написано столько всего, что создаётся впечатление, что лекарство принесёт больше вреда, чем пользы. А это сделано исключительно для избежания судебных исков.

Разработчики радиочастотных устройств должны понимать, что информация о рекордно высокой верхней частоте применения и низком уровне KCBH и потеря СВЧ нередко имеет исклю-

чительно рекламный характер. Часто эта информация свидетельствует лишь о потенциальных возможностях коаксиальной линии соединителя. И только в редких случаях об этом сообщают компании-производители соединителей. Так, например, компании Huber+Suhner и Micro-Mode привели параметры разработанных ими соединителей SMPM со следующим примечанием: «for interface only» – только для интерфейса [1]. Поэтому необходимы тщательное изучение datasheet соединителей и консультация с компанией-изготовителем.

0 datasheet соединителей компании CarlisleIT

Хотя компания CarlisleIT хорошо известна в мире благодаря своим разработкам и производству радиочастот-

ных кабелей, соединителей и кабельных сборок, техническая информация компании о соединителях TMP оставляет желать лучшего. Отсутствуют datasheet многих конкретных типов этих соединителей, и предлагается проконсультироваться с менеджером этой компании. Найти требуемые datasheet удалось только в материалах посредников компании CarlisleIT [7...9]. Но в datasheet посредников много противоречивой и заведомо неверной информации. Так, например, указан рабочий диапазон частот адаптера MP-543-1CC (TMP розетка – SMA розетка) 0...40 ГГц [7], хотя хорошо известно [1], что предельная частота соединителя SMA не превышает 27 ГГц. Но при этом рабочий диапазон частот аналогичного адаптера MP-544-1CC (TMP вилка – SMA розетка) указан равным 0...18 ГГц.

Допустимое количество циклов соединений и разъединений

Срок службы или ресурс соединителей определяется допустимым количеством соединений и разъединений, после которых обеспечивается сохранение электрических и механических характеристик соединителей. Так, например, для соединителей SMA и его отечественных аналогов ресурс определен количеством соединений и разъединений 500. Для соединителей P-SMP количество соединений и разъединений зависит от вида защёлкивания и равно 100 для полного защёлкивания, 500 – для ограниченного защёлкивания и 1000 – для скользящего соединения.

Реальное количество соединений и разъединений зависит от многих причин: правильного соотношения диаметров центральных проводников соединителей, качества покрытия поверхностей

вилки и розетки и его износа, несоосности вилки и розетки в момент соединения, условий эксплуатации, хранения и чистки соединителей [1].

Важным параметром для характеристики ресурса соединителей являются величины усилий соединения и разъединения вилки и розетки – табл. 1. Сравнивая величины усилий для соединителей P-SMP и TMP, можно считать, что компания CarlisleIT привела величины усилий для скользящего соединения, хотя и не указала вид защёлкивания. Но если усилия соединения и разъединения соединителей P-SMP и TMP близки, то нет оснований считать, что ресурс соединителей TMP компании CarlisleIT равен 5000, что в 5 раз больше, чем у соединителей P-SMP. Количество соединений и разъединений 5000 характерно для прецизионных соединителей (APC-7, APC-N, 3,5 mm и др.) [1]. Для соединителей серии SMP все производители приводят гарантированное количество соединений и разъединений не более 1000 для случая скользящего соединения.

Заключение

Если бы компании CarlisleIT удалось создать соединители SMP повышенной мощности, превосходящие аналоги по таким важным параметрам, как верхняя частота применения и допустимое количество соединений и разъединений вилки и розетки, то это следовало бы признать выдающимся достижением. Однако эта компания не привела серьёзных доказательств достоверности рекламируемых параметров.

Пример соединителей TMP компании CarlisleIT показывает необходимость критически относиться к рекламной информации о параметрах радиочастотных соединителей, чтобы не допу-

скасть ошибок при выборе соединителя. Одним из примеров таких ошибок являлся выбор адаптера SMP-SMA зарубежной компании, который по названию считался герметичным. Однако при применении выяснилось, что герметичность обеспечивается только по наружному уплотнению с помощью резиновой прокладки, а по внутреннему каналу соединитель был негерметичен. В результате этого пришлось применять дополнительные меры по герметизации устройства, в котором был применён так называемый герметичный соединитель.

Литература

1. Джуринский К.Б. Современные радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры / под ред. д.т.н. А.А. Борисова – СПб.: Изд-во «Медиа Группа Файн-стрит», 2014. – 426 с.
2. Push-on RF connectors feature high power handling capability // URL: <https://www.eenewseurope.com>.
3. TMP® Interconnect Series – Carlisle Interconnect Technologies // URL: <https://www.carlisleit.com>.
4. Interconnect Capabilities – Carlisle Interconnect Technologies // URL: <https://www.carlisleit.com>.
5. Tensolite Changes Name to Carlisle Interconnect Technologies // Microwave Journal, 2008, June 9.
6. Джуринский К.Б. Соединители SMA с предельной частотой до 34 ГГц. Эволюция продолжается // Современная электроника. 2021. № 4. С. 32–35.
7. Connect Datasheet, PDF – Datasheets Search Engine // URL: <https://www.alldatasheet.com>.
8. URL: <https://www.sourcengine.com>.
9. URL: <https://www.richardsonrfd.com>.
10. High Power Connectors in Minimum Dimensions P-SMP Connectors // URL: www.rosenberger.com.



НОВОСТИ МИРА

Впереди планеты всей: в Китае уже почти миллион базовых станций 5G, к которым подключено 392 млн устройств

Недавно в Пекине прошла Всемирная конференция, посвящённая сетям пятого поколения. Министр промышленности и информационных технологий страны Сяо Яцин сообщил, что в Китае уже открыто 993 000 базовых станций 5G.

Базовыми станциями 5G покрыты более 95% округов и 35% городов по всей стране, а количество подключённых к терминалам мобильных телефонов с поддержкой 5G превысило 392 миллиона единиц.

Кроме того, Лю Юйлинь из Министерства промышленности и информационных технологий также заявил, что рынок устройств 5G продолжает расширяться. С января по июль этого года объём внутренних поставок мобильных телефонов

с поддержкой 5G составил 150 миллионов единиц, а стоимость соответствующих мобильных телефонов упала ниже 160 долларов.

Глава Китайского радио и телевидения Сун Цичжу также заявил на конференции, что радио и телевидение будут способствовать интеграции и расширению возможностей 5G и традиционного кабельного телевидения.

industry-hunter.com

НОВОСТИ МИРА

Легендарный производитель конденсаторов Murata остановил работу своей главной фабрики

Крупнейший в мире производитель многослойных керамических конденсаторов Murata Manufacturing принял решение приостановить работу своего ключевого предприятия в Японии до 31 августа 2021 г. Всеми виной массовое заражение сотрудников предприятия новым штаммом коронавируса.

Компания Murata Manufacturing временно закрывает одну из своих японских фабрик по производству многослойных керамических конденсаторов, которые широко применяются в современной электронике. Такое решение было принято руководством в связи со вспышкой коронавирусной инфекции Covid-19 на предприятии. Об это сообщило агентство Reuters со ссылкой на заявление компании.

Работа ключевой фабрики Murata, расположенной в городе Этидзен (Япония, префектура Фукаи), приостановлена по меньшей мере до 31 августа 2021 г. из-за того, что 98 работников из 7 тыс. человек персонала предприятия заболели новым штаммом Covid-19. По словам представителя Murata, карантин на фабрике впоследствии может быть продлён – решение будет принято на основании анализа динамики распространения инфекции среди сотрудников.

Murata, как отмечает информагентство, является крупнейшим в мире поставщиком керамических конденсаторов, занимающим примерно 40-процентную долю на глобальном рынке. Многослойные керамические конденсаторы (MLCC, Multilayer Ceramic Capacitor) используются, в частности, при производстве смартфонов, компьютеров и автомобильной электроники. Таким образом, любые простои фабрик, выпускающих данное изделие, грозят индустрии усугублением уже существующего дефицита электронных компонентов и полупроводников, который особенно тяжело переносят автопроизводители.

Murata заявила, что постарается компенсировать простой предприятия за счёт накопленных ранее складских запасов, поэтому клиенты вендора не должны остаться без продукции. В случае необходимости компания готова нарастить производство на принадлежащих ей площадках, расположенных как на территории Японии, так и за её пределами.

По данным Nikkei Asian Review, первый случай заболевания коронавирусом на предприятии был зафиксирован 3 августа 2021 г. – инфекцию «завёз» сотрудник компании-партнера. Он принимал пищу вместе с коллегами из Murata и участвовал в спор-

тивном мероприятии без использования защиты органов дыхания. Работники фабрики, которые могли находиться в контакте с инфицированным, прошли ПЦР-тестирование.

Теперь компания планирует протестировать всех сотрудников на коронавирус и начать массовую вакцинацию персонала в сентябре 2021 г.

Между тем в Murata утверждают, что компанией были предприняты все необходимые меры по предотвращению распространения инфекции. Так, работники фабрики в Этидзене обязаны носить защитные маски и соблюдать социальную дистанцию во время работы. В столовой предприятия используется шахматная рассадка.

Случаи кластерного (внутри социальной группы) заражения Covid-19 на промышленных предприятиях до настоящего момента не были широко распространены на территории Японии. Это, как отмечает Nikkei Asian Review, по всей видимости, связано с местоположением производственных площадок. Они, как правило, находятся вдали от крупных городов, где заболевших в целом не слишком много. Однако с распространением более заразного дельта-штамма коронавируса риски массового заражения для подобных предприятий возрастают.

Опрошенные Nikkei Asian Review аналитики настроены оптимистично. По их мнению, временная остановка завода Murata по производству конденсаторов вряд ли окажет столь же мощное негативное влияние на экономику, как нехватка полупроводников.

«Это не то же самое, что нехватка сырья или производственного оборудования. После принятия превентивных мер производство можно возобновить», – считает Юничи Макино (Junichi Makino), экономист SMBC Nikko Securities.

В начале августа 2021 г. аналитики TrendForce предупредили об угрозе нехватки керамических конденсаторов. Опасения экспертов были связаны с объявлением локального локдауна в столице Филиппин Маниле, который, по их мнению, мог распространиться на фабрики крупных компаний по выпуску компонентов данного типа. Неподалеку от Манилы расположены крупные производственные площадки Samsung и Murata.

Помимо Филиппин, в условиях введённого в июне 2021 г. карантина продолжает жить Малайзия – ещё одна страна Юго-Восточной Азии, на территории которой расположено множество предприятий, обеспечивающих мировые потребности в электронных компонентах. Закрытие большей части производственных площадок в стране в результате лок-

дауна стало одной из причин дефицита комплектующих в отрасли автомобилестроения.

russianelectronics.ru

Ростех разработал прибор для дальнего наблюдения при плохой видимости

Холдинг «Росэлектроника» Госкорпорации Ростех разработал гибридный телевизионный прибор нового поколения для наблюдения за дальними объектами в условиях плохой видимости: тумана, дождя, снегопада, пылевой бури или низкой освещённости. Оборудование пригодно к использованию в системах наблюдения летательных аппаратов, обзорно-следающих бортовых системах и не имеет отечественных аналогов.

Устройство предназначено для работы в ближнем инфракрасном диапазоне до 1,7 мкм. Такая чувствительность обеспечивает новой разработке свойства прибора ночного видения, но позволяет эффективно применять её и в любое другое время суток: обнаруживать объекты на фоне яркого неба или в сумеречной дымке и передавать их чёткое изображение с высоким разрешением.

Использование устройства в составе пассивных систем наблюдения позволяет повышать дальность их действия в 2-2,5 раза. При применении лазерной подсветки оборудование обеспечивает обнаружение и идентификацию объекта на расстоянии до 20 км. Компактные размеры делают прибор удобным для применения в составе малогабаритной телевизионной аппаратуры.

Устройство разработано дочерней структурой «Росэлектроники» Госкорпорации Ростех – ЦНИИ «Электрон».

«Новая разработка обладает высокой чувствительностью к сверхслабому излучению в инфракрасном спектре и предназначена для задач, решение которых невозможно без использования приборов с экстремальными характеристиками. Например, при работе в обстановке плохой видимости или в сложных погодных условиях наше гибридное телевизионное устройство неизменно даёт высококачественное изображение. Оно может применяться в аппаратуре как гражданского, так и специального назначения», – поделился генеральный директор ЦНИИ «Электрон» Алексей Вязников.

Разработка конструктивно представляет собой герметичный корпус, внутри которого в вакууме находится чувствительный к излучению фотокатод и электронно-чувствительная матрица.

rostec.ru

Синхронизация по радиоканалу на примере систем, передающих эталонное время

Андрей Кашкаров (ak35@yandex.ru)

Метеостанции, медицинское, специальное и военное оборудование, часы различного назначения оснащены системой синхронизации с сигналами точного времени, что обеспечивает стратегическую безопасность и позволяет автоматически настраивать устройства после включения. Представлен анализ систем дистанционной коррекции точного времени. Даны практические рекомендации для улучшения приёма радиосигналов электронной аппаратуры с функцией Radio Controlled Clock.

Функция синхронизации времени, реализованная в электронных устройствах специального и бытового назначения, обеспечивает не только точность «домашнего», сиречь бытового, электронного хронометра. Точность измеряемого времени важна в любых стратегических исследованиях, разработках, устройствах управления и безопасности. Невозможно преуменьшить важность определения точного значения времени и его синхронизации для электронных устройств бытового и особенно военного назначения. Сбой в таких системах может иметь очень серьёзные последствия. Именно поэтому синхронизация с эталоном времени очень важна. В данной статье мы разберём на примерах ситуацию, когда коррекция времени осуществляется не с помощью электронных систем Интернета вещей или Интернета вообще, а по радиоканалу. Как это происходит? Интеллектуальная технология, разработанная компанией RST, позволяет в автоматическом режиме произвести настройку часов и (или) метеостанции на точное время. Радиосигнал посылаётся на сверхдлинных волнах трижды

в час (повтор 2 раза) между 20-й и 32-й секундой 19-й, 39-й и 59-й минуты.

Системы синхронизации времени

Существуют различные системы синхронизации времени. Все известные системы корректируют ход цифровых часов как ординарного инструмента учёта времени для миллионов пользователей, не нуждающегося в «ручной» коррекции времени. Однако существует общая проблема: связь по радиоканалу возможна только в условиях гарантированного приёма сигнала на LF. Для синхронизации часов диапазон LF выбран не случайно, а в связи с особенностями прохождения радиосигналов в эфире. В Японии разработана система синхронизации JJY, в США – система WWVB, есть и другие примеры. Для жителей европейской части России удобна немецкая система передачи сигналов точного времени DCF-77, имеющая некоторые особенности. Существуют аналогичные системы передачи в эфир эталонного времени и в России.

Российская Федерация полностью отказалась от массового радиовещания

на длинных волнах примерно 10 лет назад, поэтому радиопередатчики высокой мощности уничтожены или законсервированы. Примеры законсервированного антенного хозяйства передатчиков можно найти на севере и юге Санкт-Петербурга (см. рис. 1). Такие антенные поля могут пригодиться при соответствующей чрезвычайной ситуации – для массового радиовещания и (или) глушения сигналов «вражеских голосов», как это было во времена позднего СССР. По состоянию на 2021 год они бездействуют.

На показанном антенном поле находится площадка № 2 Передающего цеха радиовещания филиала «РТПС – Санкт-Петербургский РЦ». Во второй половине XX века его технические возможности использовались для обеспечения магистральных и зонавых радиосвязей, а также для противодействия вещанию западных радиостанций на СССР с использованием средневолновых передатчиков. Технологический комплекс включает 8 ДВ-передатчиков мощностью 10 кВт. Антенное хозяйство площадки состоит из 4 антенн-мачт типа «вертикальный цилиндр» высотой 50 м каждая, включая одну резервную. Длина радиоволны в диапазоне LF при частоте 77,5 кГц достигает 3868,2 метра, при этом что эффективной является антенна в половину или четверть длины волны. Отсюда и размеры антенного поля: для мощного передатчика они расположены на площади в несколько гектаров (см. рис. 1).

Эталонный сигнал времени «отечественного производства» можно получить и в Москве. Это позволяет организовать производство в России собственного оборудования, включая бытовые электронные системы, на примере часов и метеостанций с радиокоррекцией времени. RWM – позывной группы КВ-передатчиков «Москва». Причём ординарный сигнал, взятый за эталон времени, находится во ВНИИФТРИ (Менделеево). Мощность передатчиков на частоте 4996 кГц составляет 5 кВт, на частотах 9996 кГц и 14 996 кГц – 8 кВт.

В данной системе используются типы модуляции NON и A1A. Между 0



Рис. 1. Антенные поля мощных передатчиков в административных границах Санкт-Петербурга

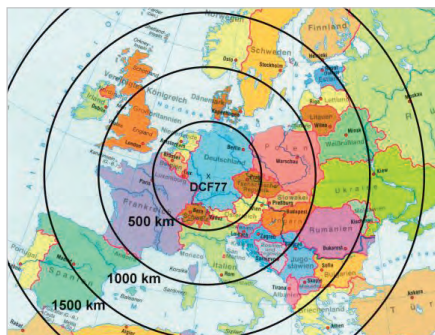


Рис. 2. Карта уверенного покрытия системы DCF-77 (Франкфурт, Германия) в Европе

и 8 минутами после начала часа RWM передаёт немодулированную несущую. На 9-й минуте RWM передаёт собственный позывной в коде азбуки Морзе. Между 10 и 20 минутами после начала часа RWM передаёт радиоимпульсы каждую секунду, удвоенные импульсы обозначают разность между астрономическим (UT1) и атомным координированным (UTC) временем: каждый удвоенный импульс в первой трети минуты обозначает 0,1 с (DUT), во второй – 0,02 с (dUT). Если серии удвоенных импульсов начинаются с 1-й и 21-й секунды, то они обозначают положительную разность, в противном случае – отрицательную. Между 20 и 30 минутами после начала часа RWM передаёт 10 радиоимпульсов в секунду. Цикл и структура передающего сигнала регламентированы ГОСТ 8.323-2016 и повторяются каждые полчаса. В табл. 1 представлена часовая программа работы радиостанции с позывным RWM.

Сигналы времени 56, 57, 58, 59-й секунд, следующие после 9, 14, 19, 24, 29, 39, 44, 49, 54 и 59-й минуты, пропускаются. Альтернативный вариант – позывной RBV – длинноволновый передатчик точного времени и частоты на территории Радиоцентра № 3 (Талдом) с эталоном в том же центре в Менделеево. Сигнал передаётся на частоте $66\frac{2}{3}$ кГц или 66,(6) кГц с излучаемой мощностью 50 кВт. Каждые 100 мс передаётся один бит информации. Структура сигнала представлена в табл. 2.

Сигналы с поднесущей частотой 312,5 Гц используются для маркирования единиц («1») в двоичном коде. Сигналы с поднесущей частотой 100 Гц используются для маркирования нулей («0») в двоичном коде. Каждая секунда состоит из 10 битов: 6 из них фиксированы, два используются для определения конца минуты, два — для передачи информации. Информация о формате секунды в передающем коде представ-

Таблица 1. Часовая программа работы радиостанции с позывным RWM

Время передачи сигналов. Начало	Время передачи сигналов. Конец	Вид сигнала
00 мин 00 с	07 мин 55 с	Сигналы NON
08 мин 00 с	09 мин 00 с	Передатчик выключен
09 мин 00 с	10 мин 00 с	Сигналы опознавания радиостанции
10 мин 00 с	19 мин 55 с	Сигналы A1X, содержащие секундные, минутные метки и информацию DUT1+dUT1
20 мин 00 с	29 мин 55 с	Сигналы A1N с частотой повторения 10 Гц
30 мин 00 с	37 мин 55 с	Сигналы NON
38 мин 00 с	39 мин 00 с	Передатчик выключен
39 мин 00 с	40 мин 00 с	Сигналы опознавания радиостанции
40 мин 00 с	49 мин 55 с	Сигналы A1X, содержащие секундные, минутные метки и информацию DUT1+dUT1
50 мин 00 с	59 мин 55 с	Сигналы A1N с частотой повторения 10 Гц

Таблица 2. Формат десятой доли секунды в передающем сигнале центра с позывным RBV

Начало	Длительность	Вид сигнала
+0 мс	10 мс	Немодулированная несущая
+10 мс	80 мс	Несущая, подвергнутая фазовой модуляции синусоидальными сигналами с поднесущими частотами 100 Гц или 312,5 Гц и индексом модуляции 0,698
+90 мс	5 мс	Немодулированная несущая
+95 мс	5 мс	Несущая отключена

Таблица 3. Формат секунды передающего кода

Начало	Значение
0 мс	Информационный бит № 1
100 мс	Информационный бит № 2
200 мс	Всегда «0»
300 мс	
400 мс	
500 мс	
600 мс	
700 мс	Минутные маркеры (перед началом новой минуты передаётся «1», во всех остальных случаях — «0»)
800 мс	
900 мс	Всегда «1»

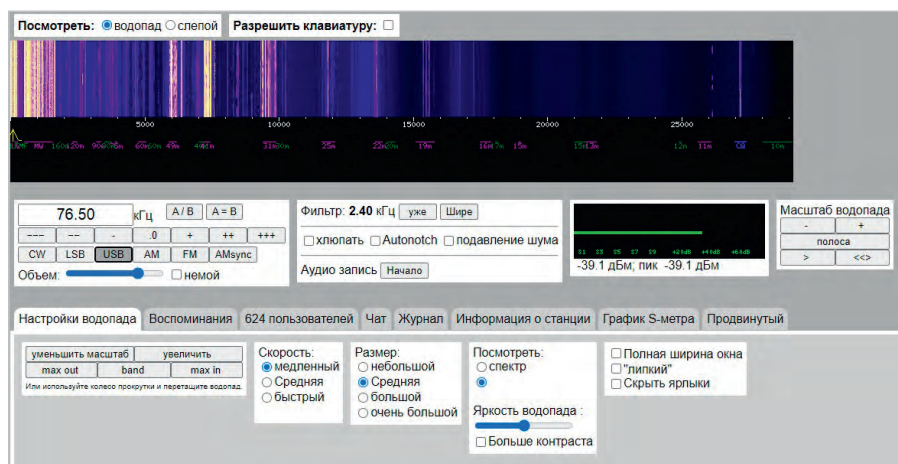


Рис. 3. Скриншот настройки виртуального радиоприёмника [1]

лена в табл. 3. В табл. 4 представлены сведения о формате временного кода.

Европейская система DCF-77

Для того чтобы послушать периодический сигнал точного времени «на слух», необходимо задать частоты 77,5 кГц при USB-модуляции. Есть возможность записать этот сигнал в память ПК, но это не главное. При наличии реального (не ПК) радиоприёмника, принимающего радиосигналы в диапазоне LF, получатся примерно те же результаты. Так можно понять структуру сигнала точного времени.

В России ориентируются на систему DCF-77 как наиболее доступную. Длинноволновая (LF) радиостанция мощностью радиоизлучения более 50 кВт

работает на частоте 77,5 кГц и передаёт сигналы в AM. Эта система известна с 50-х гг. XX века. О начале его круглосуточного вещания писали в 1959 году, в 1973-м к передаче по радиоканалу точного времени добавлена информация о текущей дате. А первые наручные часы «Аккутрон» с радиокоррекцией, с электромеханическим балансиrom и встроенным микрорадиоприёмником выпущены в США в 1962 году фирмой Hamilton Watch Company. На рис. 2 представлена карта покрытия системы DCF-77, на которой можно увидеть Россию и другие страны.

На веб-странице [1] в режиме онлайн организован настраиваемый приёмник HF, MF и LF. Это проект радиоклуба ETGD при университете Твен-

Таблица 4. Формат временного кода

Секунда	Информационный бит № 1		Информационный бит № 2	
	Вес бита	Значение	Вес бита	Значение
00	1	Всегда «1»	1	Всегда «1»
01	0	Не используется, всегда «0»	+0,1	DUT1 (+0,1...+0,8 с) Позиционно-единичный код
02	0		+0,2	
03	+0,02		+0,3	
04	+0,04	dUT1 (+0,02...+0,10 с) Позиционно-единичный код	+0,4	
05	+0,06		+0,5	
06	+0,08		+0,6	
07	+0,10		+0,7	
08	0	Не используется, всегда «0»	+0,8	DUT1 (−0,1...−0,8 с) Позиционно-единичный код
09	0		−0,1	
10	0		−0,2	
11	−0,02	dUT1 (−0,02...−0,10 с) Позиционно-единичный код	−0,3	
12	−0,04		−0,4	
13	−0,06		−0,5	
14	−0,08		−0,6	
15	−0,10		−0,7	
16	0	Не используется, всегда «0»	−0,8	
17	0		0	Не используется, всегда «0»
18	±	ΔUT Разность между московским временем и UTC, выраженная целым количеством часов. C 26.10.2016 ΔUT = +3	8000	Укороченная Юлианская дата TJD (последние 4 цифры модифицированной Юлианской даты) (0000–9999)
19	10		4000	
20	8		2000	
21	4		1000	
22	2		800	
23	1	400		
24	0	200		
25	80	Год (00–99)	100	
26	40		80	
27	20		40	
28	10		20	
29	8		10	

Секунда	Информационный бит № 1		Информационный бит № 1		
	Вес бита	Значение	Вес бита	Значение	
30	4	Год (00–99)	8	Укороченная Юлианская дата TJD (0000–9999)	
31	2		4		
32	1		2		
33	10	Месяц (01–12)	1	Не используется, всегда «0»	
34	8		0		
35	4		0		
36	2		0		
37	1		0		
38	4	День недели 1 = Понедельник 7 = Воскресенье	0		
39	2		0		
40	1		0		
41	20	День месяца (1–31)	0		
42	10		0		
43	8		0		
44	4		0		
45	2		0		
46	1		0		
47	20		0		
48	10	Час (00–23)	0		
49	8		P1	TJD (биты 18–25)	Биты проверки на чётность
50	4		P2	TJD (биты 26–33)	
51	2		0	Не используется, всегда «0»	
52	1	0			
53	40	Минута (00–59)	P3	ΔUT (биты 18–23)	
54	20		P4	Год (биты 25–32)	
55	10		P5	Месяц+день недели (биты 33–40)	
56	8		P6	День (биты 41–46)	
57	4		P7	Час (биты 47–52)	
58	2		P8	Минута (биты 53–59)	
59	1		0	Не используется, всегда «0»	

Примечание: закрашенные биты – фиксированные.

те. На рис. 3 представлен скриншот настройки онлайн радиоприёмника.

Интерпретация сигналов точного времени в электронных устройствах

Сигнал точного времени принимается в кодированном виде и декодируется аппаратными средствами. Если опустить детали декодирования сигнала типичной АМ с применением огибающей сигнала с помощью преобразования Гильберта и сглаживания после фильтрации на выходе, получим сигнал почти прямоугольной формы, который можно наглядно анализировать (см. рис. 4).

Упрощённо это выглядит как битовая последовательность с относительно простой структурой сигнала. Как видно из рис. 5, импульсы поделены на секундные интервалы. К примеру, когда расстояние между импульсами составляет 0,1 с (при длине импульса 0,9 с), к битовой последовательности добавляются «0», а если расстояние 0,2 с (длина импульса 0,8 с), то добавляют «1». Конец каждой минуты обозначается импульсом длиной 2 с, битовая последовательность обнуляется, и заполнение начи-

нается заново. В результате получаем последовательность бит, что в конкретном примере для двух минут выглядит таким образом:

```
0011110110111000001011000001010
000100110010101100010011000;
```

```
0001111100110110001010100001010
000100110010101100010011000.
```

В сигнале присутствует дополнительный «слой» данных, где последовательность бит закодирована с помощью FM. Эта дополнительная страховка делает передачу сигналов корректировки времени универсальной и обеспечивает устойчивое декодирование данных даже в зоне неуверенного приёма.

Биты передаются один раз в 1 с. Таким образом получается 59 бит информации. На рис. 5 представлена схема распределения информации.

Поясним данную схему. Первые 15 бит не используются, они зарезервированы на случай чрезвычайных ситуаций. Активный бит A1 указывает на то, что с наступлением следующего часового периода «хронометраж» переводится на летнее время. Бит A2 указывает, что в следующий час будет добавлена одна дополнительная секунда, которая используется для коррек-

ции времени в соответствии с вращением Земли. Остальные биты кодируют часы, минуты и дату. Видно, что декодирование может быть организовано совсем несложным способом с применением простых микроконтроллеров по системе электронного подсчёта длины импульсов, сравниваемых с 60 битами, и в конце каждой минуты получается точное время.

Варианты развития идеи

Синхронизировать время можно посредством GPS-модуля с интерфейсом RS-432, выдающего информацию о координатах в NMEA, но и в этом способе есть проблемные вопросы, например, необходимость располагать приёмник в условной видимости спутника (желательно нескольких), что не всегда приемлемо. В условиях ограниченного помещения можно создать инженерное решение в формате беспроводной синхронизации, когда устройство по радиоканалу «раздаёт» сигнал точного времени в пределах одного здания, помещения. В условиях ограниченного помещения это можно осуществить на частоте 433 МГц с помощью коммутатора Lightcom-S100-8 с интерфейсом

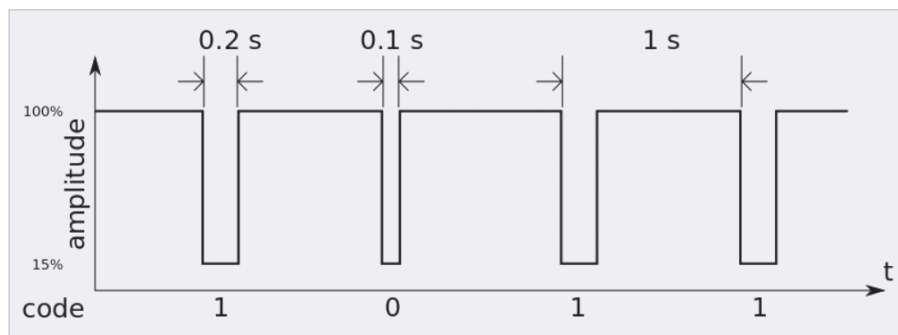


Рис. 4. Сигнал прямоугольной формы после декодирования



Рис. 6. Внешний вид часов-будильника Auriol IAN315165 с функцией Radio Controlled Clock

Ethernet 10/100. Коммутатор является узловым элементом сегмента сети и обеспечивает передачу пакетов между подключёнными к нему устройствами. Управление коммутатора построено на процессоре PIC18F452, что расширяет его возможности. А если применить микроконтроллер и RF-трансивер на 868 МГц или трансивер NRF24L01 (2,4 ГГц), то можно достичь результатов под задачи конкретного помещения для уверенной передачи сигналов в условиях уплотнённой застройки мегаполиса.

Практика улучшения приёма в бытовых условиях

В промышленных моделях устройств с функцией синхронизации времени тип синхронизации указан в названии модели (например, DCF или др.). Можно реализовать синхронизацию времени по радиоканалу на других частотах, к примеру, 433 МГц – от имитатора синхросигналов, расположенного неподалеку, или реализовать синхронизацию времени от GPS. Однако такие способы синхронизации времени (GPS, Интернет и др.) требуют больших затрат на оборудование и потребляемую электроэнергию, в то время как синхронизация времени по радио от источника в диапазоне LF может быть встроена дополнительной функцией (блоком) почти в любое бытовое электронное устройство – от наручных до вокзальных часов. Радиолюбители, работаю-

щие с конструкторами Arduino, давно освоили самоделки с громким названием «синхронизация с помощью атомных часов – “Atomic Clock”». Главное условие работоспособности системы синхронизации – позиционирование устройства в зоне уверенного приёма радиосигналов или принятие мер по улучшению уверенного приёма, к примеру, простыми способами, рассмотренными далее.

В диапазоне длинных волн LF (кодировка «ДВ» в России) из-за удалённости от европейских передатчиков приём не всегда будет уверенным. Случается, что часы, приобретённые в Финляндии, там работают хорошо, а в средней полосе России не могут поймать сигнал для синхронизации и, как следствие, «уходят» от точности. В зоне неуверенного приёма устройство функционирует лучше, если принять меры к удлинению штатной антенны. Это всего лишь мысль, но не лишённая практического обоснования. Вспомним, что старые радиоприёмники в диапазоне СВ и ДВ улучшали приём дальних станций, когда их устанавливали рядом с электропроводкой, выполняющей функцию дополнительной антенны.

На рис. 6 представлено электронное устройство – часы-будильник с синхронизацией по радиоканалу. Часы с функцией Radio Controlled Clock или Atomic Clock позиционируются как современное оборудование. Через несколько минут после включения устройство

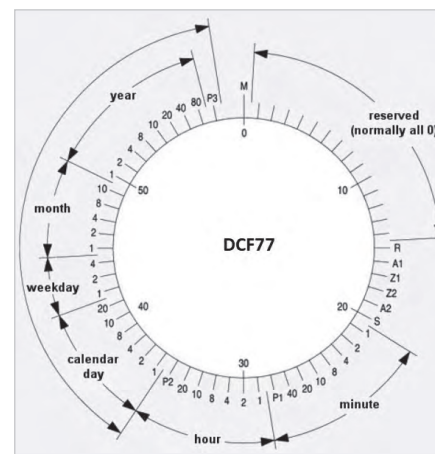


Рис. 5. Схема распределения информации по битам

автоматически настроится на точное время.

Штатная антенна внутри корпуса устройства представляет собой небольшую катушку на ферромагнитной основе, установленную на печатной плате. Вскрыв корпус устройства, необходимо припаять в месте соединения штатной антенны и печатной платы отрезок одножильного монтажного провода типа МГТФ-0.6 или аналогичного длиной 1,5...2 м. Диаметр дополнительного проводника в данном случае не принципиален, провод свёрнут в петлю окружностью 50–60 см. Параметры длины провода и окружности петли условны и подбираются опытным путём, однако таким способом удалось восстановить функцию электронной синхронизации времени по радиоволнам для финских часов в 300 км к юго-востоку от Москвы. Эксперимент проводился в Рязанской области весной 2021 года. Следовательно, проверенная практикой теория может быть обсуждена и усовершенствована. Другим простым и бесконтактным способом улучшения радиоприёма в диапазоне LF будет металлическая линейка или иной проводящий ток штырь длиной от 1 м, на который в горизонтальной плоскости установлен корпус приёмного устройства (см. рис. 6). Частным случаем дополнительной антенны является развёрнутое на 2...3 м полотно рулетки, на которое установлено приёмное устройство. В двух последних случаях направления линейки, штыря и полотна рулетки выбирают экспериментальным путём.

Литература

1. Онлайн-радиоприёмник // URL: <http://websdr.ewi.utwente.nl:8901/>.



Защита интеллектуальной собственности и программного обеспечения на базе микроконтроллеров с EEPROM

Сергей Шишкин (г. Саров)

В статье автор представляет способ защиты интеллектуальной собственности и программного обеспечения в устройствах с микроконтроллерами, которые имеют встроенную EEPROM. Приведён пример устройства, состоящего из трёх составных частей, в каждой из которых реализован механизм защиты.

В некоторых случаях разработчику, владельцу устройства, патентообладателю необходимо ограничить его эксплуатацию. Например, с такой проблемой можно столкнуться, отдавая устройство в чужие руки для демонстрации его функциональных возможностей потенциальным потребителям и заказчикам, или при работе устройства в отсутствие разработчика.

Ограничить эксплуатацию устройства можно, заранее определив число включений (включения питания) или

выключений. После определённого числа включений (заданного разработчиком) устройство превращается в «мёртвое железо», т.е. перестаёт работать по своему заданному рабочему алгоритму. Если устройство состоит из нескольких составных частей, то число включений задаётся для каждой части отдельно. При этом, конечно, разработчику нужно учесть вопрос безопасной эксплуатации всего устройства в целом. Вышеуказанный пример представляет собой лишь частный слу-

чай, где можно применить предлагаемую защиту.

Предлагаемый вариант защиты работает только в изделиях, разработанных на микроконтроллерах, где есть встроенная внутренняя энергонезависимая память (EEPROM). Микроконтроллеры семейства AVR со встроенной внутренней энергонезависимой памятью (EEPROM) предоставляют разработчику самый широкий спектр возможностей для создания подобных аппаратно-программных устройств. Для максимальной надёжности наиболее целесообразно, чтобы механизм защиты использовал имеющиеся в устройстве программные и аппаратные ресурсы. Целесообразно исключить функционирование алгоритма защиты (замена кодов доступа, установка и снятие

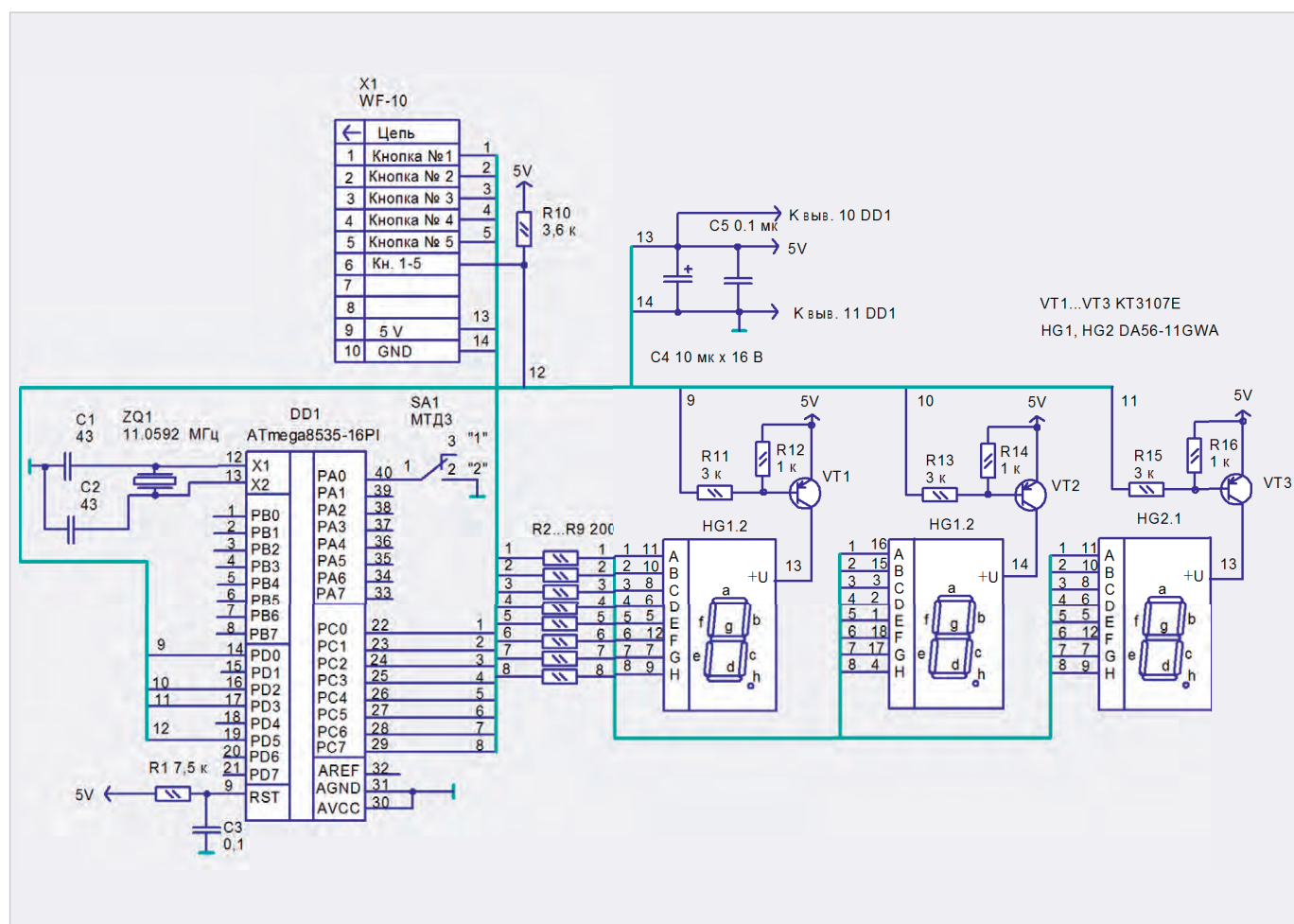


Рис. 1. Принципиальная схема аппаратной части контроллера № 1 с реализацией механизма защиты

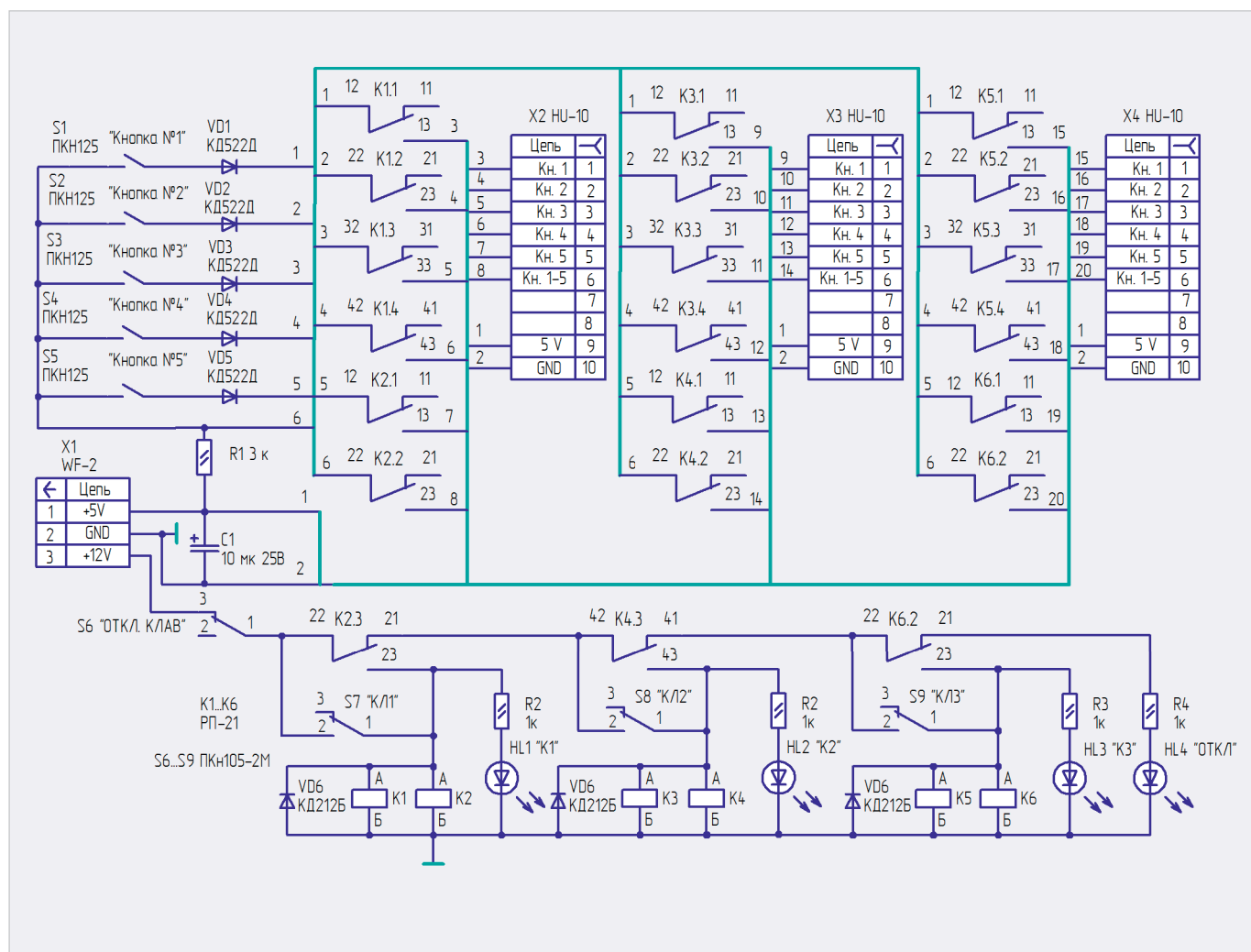


Рис. 2. Принципиальная схема платы клавиатуры с релейным подключением кнопок

защиты и т.д.) с помощью какого-либо внешнего интерфейса.

Сформируем общие технические требования к устройству, в котором можно применить предлагаемую защиту. Пусть оно состоит из четырёх составных частей трёх плат контроллеров, далее по тексту – контроллеры № 1...3, работающих по заранее заданному алгоритму, и платы клавиатуры. Аппаратная часть контроллеров № 1...3 в зависимости от решаемых задач может быть разной, но аппаратная и программная части механизма защиты – одинаковые.

В каждом контроллере имеется трёхразрядный семисегментный индикатор, две пользовательские кнопки, а также микроконтроллер семейства AVR, у которого имеется незадействованный вывод для подключения дополнительного «секретного» выключателя. Этих ресурсов более чем достаточно для реализации механизма защиты. Построение подобной защиты фактически сводится к незначительной доработке уже разработанного про-

граммного обеспечения изделия, при этом задействуются свободные программные ресурсы микроконтроллера. Принципиальная схема устройства контроллера № 1 на микроконтроллере ATMEGA8535, где реализован механизм защиты, приведена на рис. 1. Программные и аппаратные ресурсы вышеуказанного микроконтроллера позволяют разработать достаточно надёжный механизм защиты с простым и удобным интерфейсом.

Принципиальная схема платы клавиатуры с релейным подключением кнопок приведена на рис. 2.

Соединители платы клавиатуры X2...X4 подключаются к соединителям X1 контроллеров № 1...3. Кнопки S1...S5 платы клавиатуры – пользовательские кнопки, которые подключаются к контроллерам № 1...3 через группы контактов реле K1...K6. Кнопки S6...S9 управляют реле K1...K6. После подачи питания на устройство кнопки S1...S5 платы клавиатуры подключены к контроллеру № 1. При нажатии на кнопку S8 вышеуказанные кнопки подключаются к кон-

троллеру № 2, а при нажатии на кнопку S8 – подключаются к контроллеру № 3.

Так как аппаратная и программная части механизма защиты контроллеров № 1...3 одинаковы, то далее будем рассматривать его работу в контроллере № 1. Пусть кнопки S1...S5 платы клавиатуры подключены к контроллеру № 1. В интерфейс механизма защиты входят следующие элементы. SA1 – «секретный» выключатель на плате контроллера, S1, S2 – пользовательские кнопки, задействованные в алгоритме управления контроллера, в котором необходимо установить защиту. Кнопки S3...S5 – кнопки, которые могут быть задействованы в рабочем алгоритме контроллера. Данные кнопки не задействованы в алгоритме работы механизма защиты.

Блок индикации (дисплей) выполнен на цифровых семисегментных индикаторах HG1, HG2. В принципиальной схеме (см. рис. 1) применены сдвоенные семисегментные индикаторы DA56-11GWA. В связи с этим в трёхразрядном индикаторе в корпусе HG1

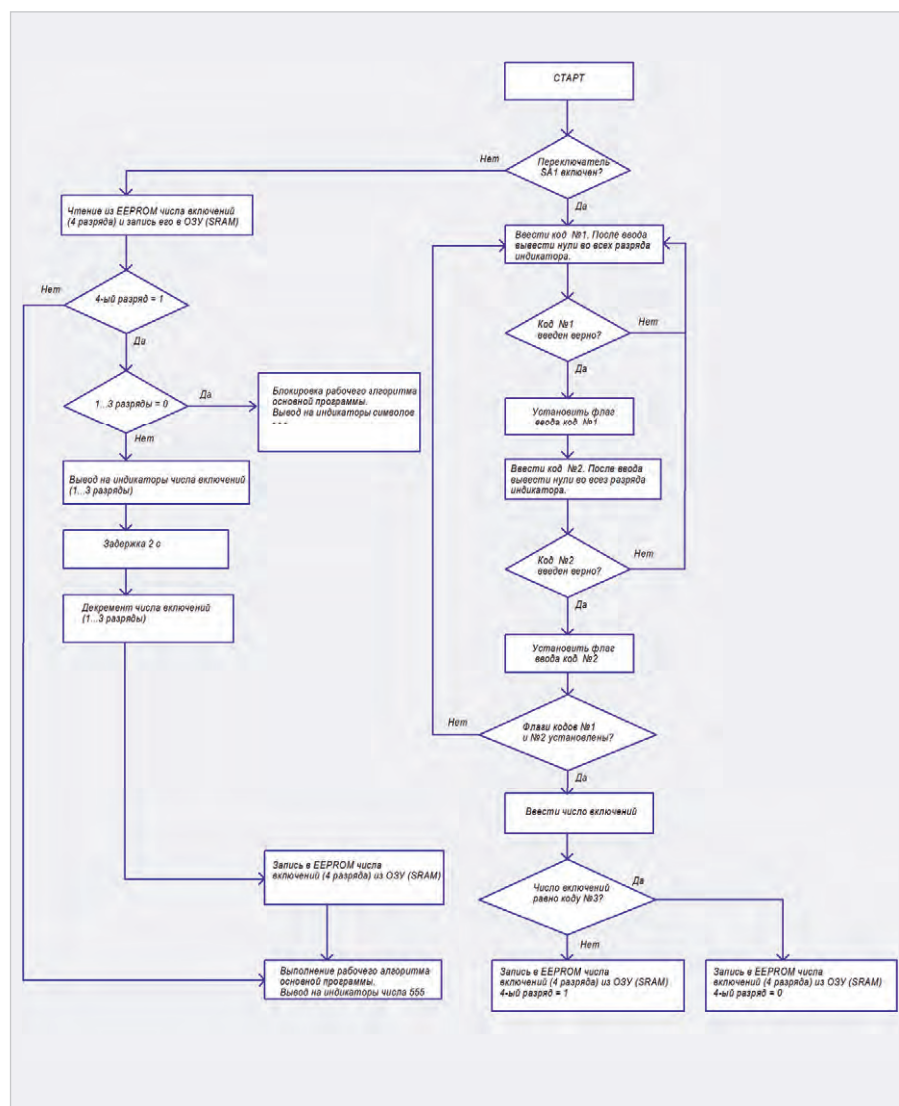


Рис. 3. Блок-схема устройства защиты

задействован один индикатор, а в корпусе HG2 – два. Устройство, представленное на рис. 1, является функционально законченным и для демонстрации алгоритма работы механизма защиты может работать самостоятельно.

Алгоритм работы механизма защиты достаточно прост. В нём можно выделить два режима, которые задаются переключателем SA1. Если переключатель SA1 находится в положении «1», то механизм защиты находится в рабочем режиме функционирования – режим № 1; если же переключатель находится в положении «2», то механизм защиты работает в режиме задания параметров – режим № 2.

При установленной защите в режиме № 1 сразу после включения устройства на трёхразрядном индикаторе в течение 2 с будет отображаться число, которое может быть задано любым в интервале от 1 до 999, кроме кода № 3 (см. далее). Данное число будет декrementироваться с каждым последующим

включением питания. И как только его значение станет равным нулю, устройство сразу после включения питания не будет обрабатывать заданный алгоритм работы. На дисплее устройства при этом (и последующих включениях) будут отображаться символы «----». Увеличить количество включений или вообще снять защиту может только разработчик. Начальное значение числа (от 1 до 999) также задаёт разработчик. Таким образом, у дилера (посредника) есть только ограниченная по числу включений возможность работы с изделием.

Далее, если число включений не равно нулю, устройство начинает работать в соответствии со своим рабочим алгоритмом, и на дисплее отображается число 555. Понятно, что индцирование символов «----» и числа 555 необходимо лишь для наглядной демонстрации алгоритма работы устройства защиты. Если программа устройства защиты встроена в программу какого-

либо изделия, то переход в программе устройства защиты на подпрограмму отображения символов «----» означает переход на блокировку алгоритма работы всего изделия. Соответственно переход на отображение числа 555 в программе изделия означает переход на выполнение рабочего алгоритма основной программы.

Снятие защиты организовано следующим образом. Перед включением питания необходимо установить выключатель SA1 в положение «2» (режим № 2). При этом пользовательские кнопки будут иметь следующие назначения:

- S1 – увеличение (инкремент) вводимого числа, которое при этом индцируется на дисплее;
- S2 – ввод (активация) набранного числа.

С помощью кнопок S1 и S2 необходимо набрать и ввести трёхразрядный код № 1. Затем совершенно аналогично с помощью этих кнопок необходимо набрать и ввести трёхразрядный код № 2 (фактически в два приёма вводится шестизначный код). После ввода каждого кода индикаторы отображают нули.

Если коды введены верно, то устройство перейдёт в режим работы, в котором можно задать число включений или снять защиту. Далее следует задать кнопками S1, S2 любое число, как уже отмечалось выше, от 1 до 999. Причём в этом диапазоне есть число, которое снимает защиту. Это число и есть код № 3. То есть набрав количество включений, равное коду № 3, мы снимаем защиту. Любое другое число задаёт количество допустимых включений. Таким образом, для того чтобы снять защиту, нужно знать 9-разрядный код, который «вычислить» практически нереально. Коды № 1...3 знает только разработчик.

Далее необходимо выключить устройство, установить выключатель SA1 в положение «1» и снова включить. Если защита не установлена или снята, то устройство будет сразу обрабатывать свой рабочий алгоритм (будет индцироваться число 555) без предварительного индцирования количества включений, т.е. без намёка на какую-либо установленную защиту. Кнопки S1 и S2 будут выполнять функции в соответствии с заданным алгоритмом функционирования изделия. Если защита установлена и задано

число включений, то, как отмечалось выше, сразу после включения устройства в течение 2 с будет индицироваться текущее число включений, которое декрементируется с каждым новым включением. Далее устройство будет отрабатывать свой рабочий алгоритм. Разработчик, используя только аппаратные ресурсы устройства, может бесконечное число раз записать необходимое число включений и снять защиту. В техническом описании на микроконтроллер ATMEGA8535 утверждается, что EEPROM выдерживает 100 000 циклов записи/стирания.

Целесообразно, чтобы доступ к выключателю SA1 был ограничен. Конструктивно это сделать не так уж и сложно. Все пересылки данных происходят внутри микроконтроллера. У злоумышленника нет никакой возможности их контролировать и отследить момент сравнения вводимого кода с хранящимися в памяти. Не поможет и знание рабочего алгоритма устройства. Вводимые коды находятся во внутренней памяти программ микроконтроллера, под битами защиты. Понятно, что нужно не забыть установить при программировании микроконтроллера биты защиты.

Даже если злоумышленник обнаружит выключатель SA1, то это не представляет большой опасности. Для того чтобы войти в режим задания числа включений, необходимо два раза ввести трёхразрядный код. А для того чтобы снять защиту – три раза трёхразрядный. Доработав программное обеспечение микроконтроллера, код доступа легко можно сделать и 12- или 15-разрядным. Понятно, что степень защиты можно ещё более увеличить, если в устройстве задействован четырёхразрядный индикатор. Таким образом, перебор всех возможных комбинаций даже при шестизначном коде просто невозможен. Конструктивно выключатель SA1 можно вообще исключить. Вместо него можно сделать, например, просто два штыря в разных местах платы, замыкать их проводником, подключая тем самым соответствующий вывод микроконтроллера к общему проводнику устройства. Алгоритм работы (блок-схема) представляемой защиты продемонстрирован на рис. 3.

Совсем коротко о программном обеспечении механизма защиты. Программное обеспечение микроконтроллера было разработано в среде

AVR Studio. В программе используются два прерывания: Reset и прерывание таймера T0, обработчик которого начинается с метки TIM0. При переходе на метку Reset инициализируются стек, таймер, порты, а также флаги и переменные, используемые в программе. Таймер T0 генерирует прерывания по переполнению (в регистре TIMSK установлен бит TOIE0). Коэффициент предварительного деления тактовой частоты таймера установлен равным 64 (в регистре TCCR0 записано число 3).

В обработке прерывания таймера T0 осуществляется: процедура опроса кнопок S1, S2, выключателя SA1, функционирование динамической индикации, запись числа включений в EEPROM микроконтроллера, чтение числа включений из EEPROM, перекодировка двоичного числа в код для отображения информации на семисегментных индикаторах устройства, а также временной интервал длительностью две секунды, необходимый для индицирования числа включений на дисплее устройства. Флаги, задействованные в программе, находятся в регистрах R19 (flo) и R25 (flo1). Число, отображаемое на дисплее устройства, имеет три разряда. Число, заносимое в EEPROM микроконтроллера, имеет четыре разряда. Каждый разряд занимает один байт в ОЗУ и соответственно в EEPROM. Первые три разряда задают количество включений. Четвёртый разряд не отображается на дисплее. Функциональное назначение данного разряда следующее. Если разряд содержит единицу, значит, защита установлена, если ноль – защита снята (см. рис. 2). При инициализации в четвёртый разряд заносится единица. Как видно из блок-схемы, блокировка рабочего алгоритма основной программы происходит при обнулении числа включений.

В ОЗУ микроконтроллера, начиная с адреса RAM = \$60, организованы четыре буфера отображения для динамической индикации. Буфер № 1 необходим для отображения чисел и кодов, которые необходимо инкрементировать (число включений, коды № 1...3). Число включений из буфера № 1 в режиме № 2 заносится в EEPROM микроконтроллера.

Функциональное назначение ячеек буфера отображения № 1 следующее:

- \$61 – ячейка, где хранятся сотни числа включений и кодов № 1...3 (1-й разряд индикатора, слева направо);

- \$62 – ячейка, где хранятся десятки числа включений и кодов № 1...3 (2-й разряд индикатора);
- \$63 – ячейка, где хранятся единицы числа включений и кодов № 1...3 (3-й разряд индикатора);
- \$64 – ячейка, где хранится число 0 или 1, определяющее установку или снятие защиты.

При инициализации в ячейку с адресом \$64 записывается число 1, в остальные ячейки буфера № 1 заносятся нули. С адреса RAM+6 начинается буфер отображения № 2 для динамической индикации. В данный буфер в режиме № 1 из EEPROM микроконтроллера заносится (читается) число включений, которое индицируется в течение 2 с и затем декрементируется и записывается в EEPROM микроконтроллера. При инициализации в буфер № 2 заносятся нули. С адреса RAM+12 начинается буфер отображения № 3. При инициализации в каждую ячейку буфера № 3 заносится число \$A, которое после перекодировки в каждом разряде индицируется как символ «<»». В итоге на дисплее выводятся символы «<--->». Данные символы отображаются только при блокировке рабочего алгоритма основной программы. С адреса RAM+17 начинается буфер отображения № 4. При инициализации в каждую ячейку буфера № 4 заносится число 5. В итоге на дисплее индицируется число 555. Данное число отображается при переходе на рабочий алгоритм основной программы. Коды № 1...3 в программе заданы как 010, 011, 012 соответственно. Метки перехода на отображение буферов № 3 и № 4 соответственно osn2 и osn3.

Информация, записанная в буферы отображения № 3 и 4, как уже отмечалось выше, нужна лишь для наглядности во время демонстрации работы устройства, часть принципиальной схемы которого приведена на рис. 1.

Написанная на ассемблере программа устройства защиты вместе с подпрограммой динамической индикации для вывода буферов отображения № 1...4 на дисплей занимает всего 1 кБ памяти программ. Представляемая защита достаточно универсальна, её можно адаптировать для любого устройства с микроконтроллером и/или доработать для увеличения степени защиты. Предлагаемую защиту можно встроить в различные приборы, меняя при этом только коды доступа.



Применение мощного аудио ОУ LM1875T в новых (не аудио) приложениях

Алексей Кузьминов (compmicrosys@mail.ru)

В статье описан двуполярный источник питания (ИП) с регулировкой выходного напряжения ($\pm 3 \text{ В} \dots \pm 15 \text{ В}$) и ограничения тока ($20 \text{ мА} \dots 1 \text{ А}$) с индикацией перегрузки на базе двух мощных аудио ОУ LM1875T, регулируемого стабилизатора L200 и ОУ MC33072. Рассмотрено самостоятельное применение устройств, входящих в состав ИП (стабилизатор +34 В и формирователь искусственной «земли») и сконструированных на ОУ LM1875T. Приведены принципиальные схемы, разводка плат и внешний вид устройств.

Введение

Аудио ОУ LM1875T, разработанный компанией National Semiconductor, выпускается на протяжении уже более 20 лет (см., например, справочный листок (datasheet), датированный 1999 г.). Сейчас эта микросхема выпускается уже под маркой Texas Instruments, в которую в свое время вошла компания National Semiconductor. В связи с тем, что интерес, а значит, и спрос на LM1875T уже давно упал, а также с тем, что за такое большое время выпущено огромное их количество ещё под брендом компании National Semiconductor, стоимость этой микросхемы уникально низка: сейчас LM1875T можно приобрести за смехотворную цену – менее 60 руб/шт, а в партии из 5 штук – ещё дешевле. Хотя ОУ LM1875T в основном предназначен для аудиоприменений (обычно на их основе конструируют УМЗЧ небольшой мощности: до 20 Вт), его свойств как ОУ никто не отменял. А свойства эти достаточно интересны: его выходной ток может достигать

4 А, а напряжение питания – до 60 В. Микросхема имеет защиту от превышения тока (4 А) и от перегрева. Кроме того, она достаточно широкополосна (200 кГц и выше). Коэффициент подавления пульсаций напряжения источника питания (Power Supply Rejection Ratio – PSRR) у LM1875T достигает 80 дБ, или, другими словами, она подавляет такие пульсации в 10 000 раз и более. Стандартные мощные ОУ, например, L165 и LM675 с максимальным током в 3 А стоят в несколько раз дороже LM1875T, а стоимость ОРА544 (4 А) может достигать 1,5–2 тыс. руб.

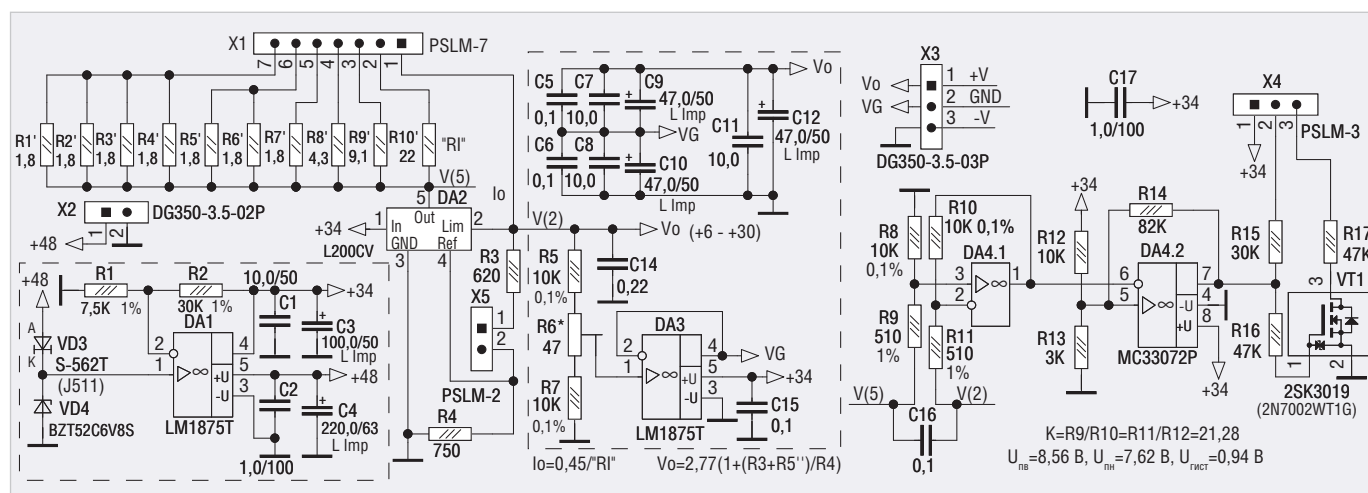
Высокие технические показатели ОУ LM1875T и его уникально низкая цена натолкнули автора на идею: а нельзя ли использовать эту микросхему в других, не связанных с аудио, приложениях?

Первое, что приходит в голову, – это простейший и достаточно мощный стабилизатор, например, выпрямленного напряжения. Если на неинвертирующий вход ОУ подать напряжение от источника образцового напряжения

(ИОН), а к инвертирующему – напряжение, снятое с делителя выходного напряжения, то получим стабилизатор, который будет подавлять пульсации выпрямленного напряжения как минимум в 10 000 раз.

Второе применение – мощный преобразователь однополярного напряжения в двуполярное, или, другими словами, – формирователь искусственной «земли». Такой преобразователь может быть получен, если ОУ используется как повторитель напряжения, т.е. выходное напряжение подключается к инвертирующему входу, а на неинвертирующий вход подаётся половина напряжения питания, снятая с делителя, состоящего из двух равных высокоомных резисторов, подключённых к напряжениям питания.

Оба этих применения LM1875T автор использовал в описанном далее двуполярном ИП с плавно регулируемым выходным напряжением (от $\pm 3 \text{ В}$ до $\pm 15 \text{ В}$) и ступенчатой регулировкой ограничения выходного тока (от 20 мА до 1 А), при превышении которого ток больше не увеличивается (несмотря на, например, снижение сопротивления нагрузки вплоть до короткого замыкания). Кроме того, сам факт наступления события ограничения тока индицируется с помощью светодиода. Такой ИП существенно превосходит по возможностям, удобству работы, мощности и простоте схем сконструированный автором ИП, описанный в статье [1].



Помимо этого, в статье автора [2] приводится схема преобразователя однополярного напряжения в двухполярное (или формирователь искусственной «земли») на основе микросхемы ОУ LA6500 (и в несколько усовершенствованном варианте – в книге [3]). Подобный преобразователь на основе ОУ LM1875 имеет существенное преимущество перед преобразователем на LA6500 благодаря своей мощности (см. далее).

Таким образом, дальнейшее изложение будет построено следующим образом: вначале будут приведены принципиальные схемы описываемых устройств, затем будет дана разводка их плат и показан их внешний вид, и далее будет представлен общий вид готовых устройств.

Принципиальные схемы

Принципиальную схему платы двухполярного ИП с регулировкой выходного напряжения и тока (см. рис. 1) условно можно разделить на 4 части.

Первая часть – это стабилизатор +34 В (в левом нижнем пунктирном прямоугольнике), построенный на ОУ LM1875Т (DA1). В качестве ИОН использован диодный стабилизатор тока (номиналом 5,6 мА) S-562Т (VD3), включённый последовательно со стабилитроном BZT52C6V8S (VD4) на 6,8 В. Здесь следует напомнить, что такой диодный стабилизатор тока в зарубежной литературе именуется как Constant-Current Diode (CCD) и представляет собой n-канальный полевой транзистор с управляющим p-n-переходом (JFET), у которого затвор соединён с истоком. При напряжении между стоком и истоком, превышающим 10 В, такой транзистор входит в насыщение, и при дальнейшем росте напряжения ток сток-исток практически не меняется, т.е. этот транзистор является источником стабильного тока. Стабилизация тока приводит к существенной стабильности выходного напряжения стабилитрона, независимо от пульсаций входного напряжения. Как видно из схемы, точка соединения VD3 и VD4 подключена к неинвертирующему входу ОУ, а точка соединения двух резисторов R1 и R2 делителя выходного напряжения – к его инвертирующему входу. При выходном напряжении ОУ 34 В, как нетрудно подсчитать, напряжение в этой точке составляет 6,8 В, и, таким образом, оба входа ОУ находятся под одним и тем же напряжением 6,8 В. Справедливо и обратное: при указанных

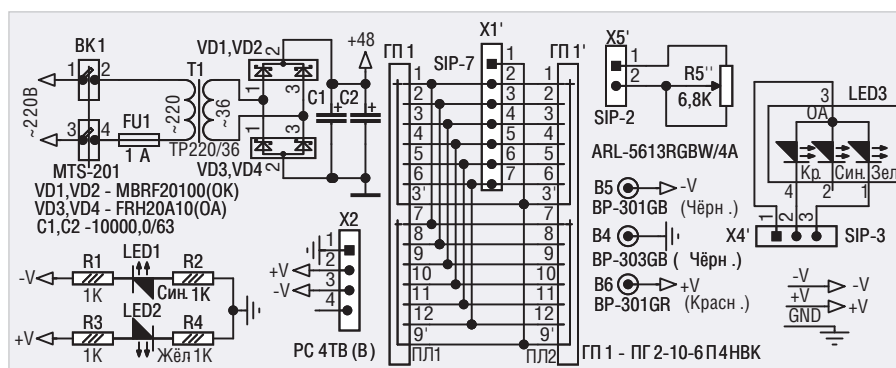


Рис. 2. Схема дополнительных устройств ИП

на схеме номиналах VD3, VD4, R1 и R2 выходное напряжение ОУ установится равным 34 В и будет стабильным, независимо от нагрузки, по следующей причине: при подключении нагрузки к выходу ОУ его выходное напряжение в первый момент упадёт, что приведёт к снижению напряжения делителя, а поскольку оно подключено к инвертирующему входу ОУ, то к повышению выходного напряжения, которое установится на прежний уровень. При отключении нагрузки всё произойдёт с точностью до наоборот. Относительно высокая стабильность ИОН, а также высокий коэффициент подавления пульсаций напряжения питания ОУ (PSRR), о чём говорилось выше, приводят к тому, что пульсация выходного напряжения всего стабилизатора при максимальном токе составляет не более 1 мВ (это проверено автором). Конденсаторы C1...C4 дополнительно снижают пульсации выходного напряжения стабилизатора. Входное напряжение поступает на плату с разъёма X2. Его условное значение указано как +48 В, но в зависимости от тока нагрузки ИП это напряжение, естественно, будет меняться. При максимальном токе 1 А его минимальное значение не должно опускаться ниже +38 В с учётом размаха пульсаций (приблизительно 1 В).

Вторая часть схемы – стабилизатор с регулируемым напряжением и током, построенный на микросхеме L200 (DA2). Схема его включения стандартная, рекомендуемая производителем и приведённая в справочном листке (datasheet). Выходное напряжение V_o регулируется делителем R3, R4 (см. рис. 1) и R5'' (см. рис. 2) в диапазоне 6...30 В. Переменный резистор R5'' (см. рис. 2) подключается к двухконтактному штыревому разъёму PSLM-2 (X5) платы 2-проводным кабелем, на одном конце которого установлено ответное 2-контактное гнездо SIP-2 (X5' на рис. 2), а второй его конец припа-

ян к резистору R5''. Это потенциометр марки СП5-35А с высокой разрешающей способностью благодаря груботочной схеме, построенной на двух соосных резистивных элементах.

Выходной ток (I_o) регулируется ступенчато путём подключения к выводам 5 и 2 DA2 резисторов R1'...R10'. Эти резисторы подключены к 7-контактному штыревому разъёму X1 (PSLM-7). К этому разъёму ответной розеткой SIP-7 (X1' на рис. 2) подключён 7-проводной кабель, вторая сторона которого припаяна к контактам галетного переключателя ПГ2-10-6П4НВК (ГП1 на рис. 2) на 6 положений и 4 направления. Максимальный ток через контакт ГП1 составляет 0,5 А, что в 2 раза меньше максимального тока ИП. Поэтому все четыре направления объединены, в связи с чем максимальный ток через ГП1 составляет 2 А, что в 2 раза больше требуемого или, другими словами, имеем двукратный запас по току.

В первом положении ГП1 к контактам 2...5 DA1 оказывается подключён резистор R10' (22 Ом), и максимальный выходной ток DA2 будет около 20 мА (0,45 В / 22 Ом – см. справочный листок). Во втором положении подключается резистор R9' (9,1 Ом, ток около 50 мА). В 3-м положении подключается резистор R8' (4,3 Ом, ток около 100 мА). В 4-м положении – резистор R7' (1,8 Ом, ток 250 мА), в 5-м положении – параллельно 2 резистора R5' || R6' (0,9 Ом, 0,5 А), в 6-м положении – параллельно 4 резистора R1' || R2' || R3' || R4' (0,45 Ом, 1 А). Таким образом, диапазон регулировки тока составляет от 20 мА до 1 А.

Третья часть схемы – формирователь искусственной «земли» или преобразователь однополярного напряжения 6...30 В в двухполярное $\pm 3... \pm 15$ В. Он построен на втором ОУ LM1875Т (DA3) – схема в правом пунктирном прямоугольнике рис. 1. Как видно из схемы, ОУ DA3 – обычный повторитель напряжения, снятого с движка R6' делителя R5-R6'-R7 напряжения V_o , полу-

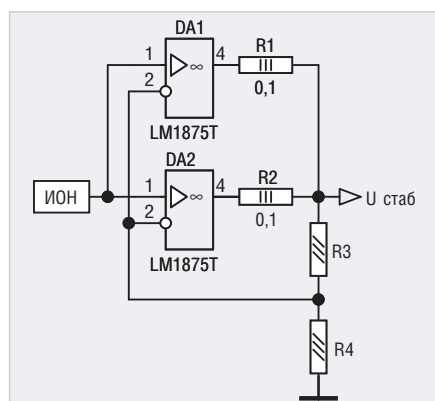


Рис. 3. Схема параллельного включения двух ОУ в стабилизаторе повышенной мощности

ченного с выхода DA2 (6–30 В). Поскольку номиналы R5 и R6 равны (с соответствующей точностью), с помощью R6* можно настроить напряжение на его движке VG, равное половине напряжения V_o или, другими словами, получить искусственную «землю», относительно которой выходное напряжение ИП изменяется в диапазоне $\pm 3... \pm 15$ В. Конденсаторы C5...C10 предназначены для исключения самовозбуждения DA3 и, кроме того, в некоторой степени подавляют пульсацию выходного напряжения ОУ DA3, как и конденсаторы C11 и C12. Конденсатор C15 – блокировочный.

Номинал подстроечного резистора R6* существенно зависит от точности резисторов R5 и R7. При точности этих резисторов 0,1% (как на схеме) номинал R6* равен 47 Ом (и его вообще можно исключить из схемы, существенно не теряя равенства выходных напряжений). Если же точность R5 и R7 на порядок хуже (например, 1%), то и номинал R6* необходимо увеличить на порядок (до 470 Ом).

Здесь следует заметить, что перед тем, как стать функциональными блоками ИП (рис. 1), обе схемы в пунктирных прямоугольниках (стабилизатор и формирователь) были разведены, изготовлены на отдельных платах и тщательно проверены в работе. Эта проверка показала идеальную работу схем при максимальном токе до 1,2 А.

Поскольку применение стабилизатора +34 В, кроме как в составе схемы рис. 1, автор пока не нашёл, разводка платы этого устройства в статье не приводится (она приведена в дополнительных материалах к статье в файле разводки – см. далее). На взгляд автора, необходимо добавить по поводу стабилизатора следующее.

Хотя максимальный выходной ток LM1875T и составляет 4 А, в некоторых случаях от стабилизатора требуется существенно больший ток (например, 10 А). В таких случаях

два ОУ можно включать параллельно (см. рис. 3), а для исключения небольшой разницы выходных напряжений двух экземпляров ОУ к их выходам (перед объединением) необходимо подключить резисторы небольшого номинала, например, 0,1 Ом (R1 и R2 на рис. 3). Такое включение двух мощных ОУ является широко распространённой практикой (например, параллельное включение двух мощных ОУ в составе LM4780, описанное в его справочном листке – datasheet). Но где можно параллелить два ОУ LM1875T, там можно параллелить и три, и получить выходной ток, например, 10 А.

А вот формирователь искусственной «земли» автор применил в УМЗЧ при питании его однополярным ИП с напряжением 28 В для получения двухполярного питания ± 14 В [2]. Здесь следует напомнить, что такой формирователь в [2] был сконструирован на базе ОУ LA6500. Хотя этот ОУ в пиковом режиме работы и допускает значение выходного тока 1 А, в постоянном режиме работы его ток не может превышать 0,2 А (см. справочный листок на LA6500). В связи с этим для исключения перекоса напряжений этого формирователя (из-за разницы потребления тока мощными ОУ LM3886 в УМЗЧ по положительному и отрицательному напряжениям) к выходу ОУ LA6500 (и к «земле») были подключены довольно мощные подтягивающие резисторы, которые были установлены на дополнительном радиаторе (см. [2]). Однако относительно высокий выходной ток LM1875T (4 А) позволил исключить эти подтягивающие резисторы, поскольку LM1875T «играючи» справляется с таким перекосом. Итоговая разводка отдельной платы формирователя и внешний вид самого устройства на радиаторе приведены далее в статье.

В правой части схемы на рис. 1 (четвёртая часть схемы) показано устройство индикации перегрузки по току. Оно сконструировано на двоярном ОУ MC33072 (DA4). На первом ОУ (DA4.1) и 4 резисторах R8...R11 собран классический дифференциальный усилитель (ДУ) сигнала, снятого со 2 и 5 выводов DA2 (V_{s-2}). При максимальном токе, как следует из справочного листка на L200 (DA2), напряжение $V_{s-2} = 0,45$ В. Однако это типовое значение. На самом деле V_{s-2} может варьироваться от 0,38 В до 0,52 В в зависимости от экземпляра микросхемы L200. Коэффициент усиления ДУ равен отношению $R8/R9 = R10/R11$ и при их номиналах, указанных на схеме,

составляет около 20 (что нетрудно подсчитать). Кроме того, в связи с тем, что вход опорного напряжения ДУ заземлён (это верхний по схеме вывод R8), выходное напряжение ДУ изменяется относительно «земли» независимо от абсолютных значений напряжений V_5 и V_2 . Таким образом, если $V_{s-2} = 0,45$ В, то выходное напряжение ДУ будет составлять около 9 В ($0,45 \times 20$). Но напряжение V_{s-2} изменяется плавно практически от нуля (при отсутствии нагрузки) до максимального 0,45 В (при максимальном токе нагрузки), поэтому, если подключить к этому напряжению, например, светодиод (разумеется, с ограничивающим ток резистором) для индикации, то он также плавно будет изменять свою яркость, и факт перегрузки по току ни идентифицировать, ни индигировать не получится. Поэтому на DA4.2 и трёх резисторах R12...R14 для такой идентификации собран триггер Шмидта, а для индикации использован транзистор VT1 и три резистора R15...R17.

Триггер Шмидта представляет собой обычный компаратор на ОУ с положительной обратной связью (ПОС). В качестве опорного напряжения используется напряжение, снятое с точки соединения резисторов R12, R13 делителя напряжения питания (+34 В). К этой же точке подключён резистор обратной связи R14. Если выходное напряжение ОУ DA4.2 находится в высоком уровне (т.е. почти равно напряжению питания), то R14 оказывается подключён параллельно R12. В этом случае опорное напряжение или напряжение верхнего порога (как нетрудно подсчитать) будет равно $U_{\text{нв}} = 8,56$ В. Если же выходное напряжение ОУ находится в низком уровне (т.е. почти под потенциалом «земли»), то R14 будет подключён параллельно R13, и в этом случае напряжение нижнего порога $U_{\text{ни}} = 7,62$ В. Гистерезис триггера Шмидта составит $U_{\text{нст}} = U_{\text{нв}} - U_{\text{ни}} = 0,94$ В (т.е. около 1 В). Этого вполне достаточно для идентификации факта перегрузки по току или, другими словами, достижению напряжения $V_{s-2} = 0,45$ В, при котором L200 входит в режим ограничения тока. Поскольку триггер Шмидта инвертирующий, так как выходное напряжение ДУ подключено к его инвертирующему входу (6-й вывод DA4.2), то в исходном состоянии (сброса – reset), когда $V_{s-2} < 0,45$ В и соответственно выходное напряжение ДУ меньше верхнего порога переключения $U_{\text{нв}}$, выход триггера Шмидта (7-й вывод DA4.2) находит-

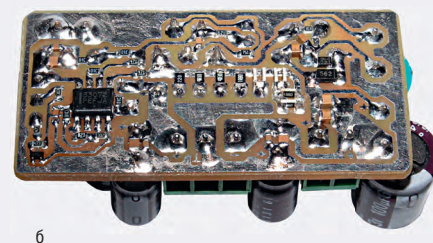
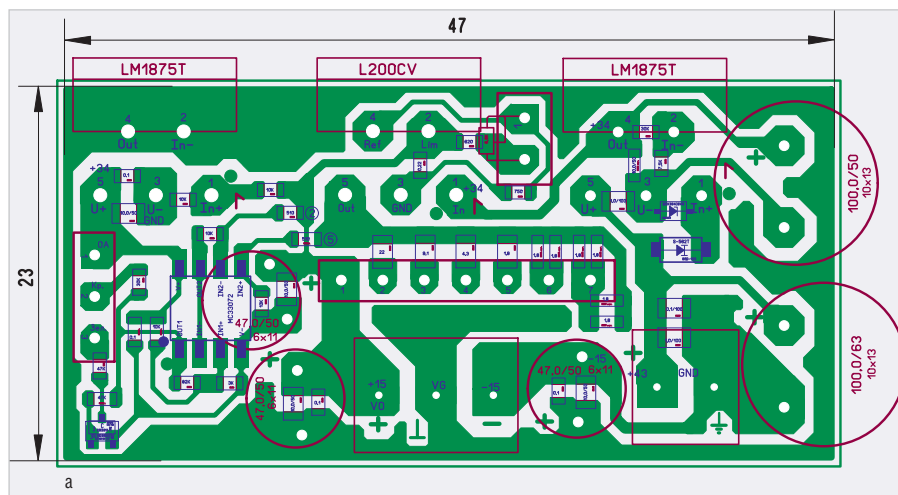


Рис. 4. Разводка (а) и общий вид (б) платы ИП со стороны СМД-компонентов

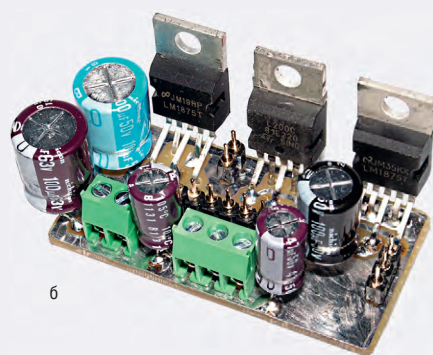
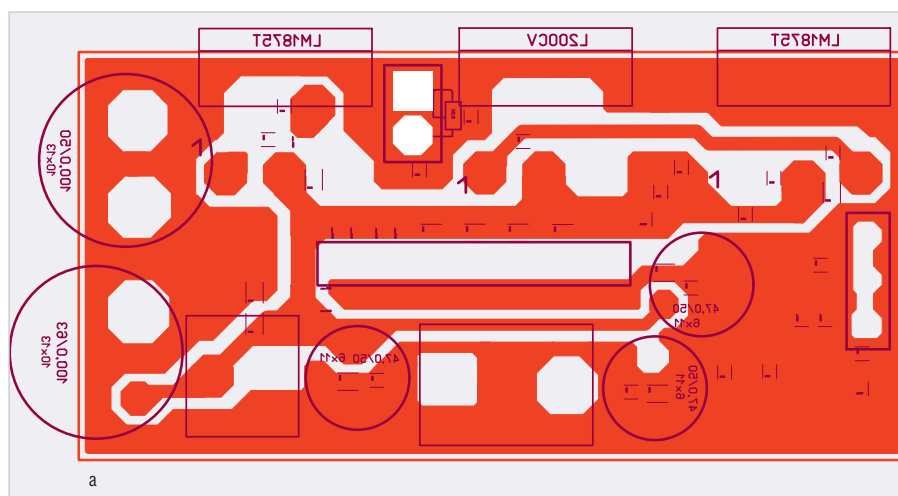


Рис. 5. Разводка (а) и общий вид (б) платы ИП со стороны навесных компонентов

ся в высоком уровне. При достижении выходного напряжения ДУ верхнего порога $U_{\text{пв}}$ триггер Шмидта переключится в состояние установки (set), и на его выходе установится низкий уровень, сигнализируя о том, что микросхема L200 перешла в режим ограничения тока, или, другими словами, о наступлении события перегрузки по току.

Для индикации этих двух состояний триггера Шмидта используется 3-цветный красно-зелёно-синий (RGB) светодиод ARL-5613RGBW/4A с общим анодом и матовой линзой диаметром 5 мм (LED3 на рис. 2). В нём используются два светодиода – красный и зелёный (синий не используется). К выводам (3, 4 и 1) этого светодиода припаян 3-проводный кабель, на втором конце которого расположен 3-контактный цанговый разъём SIP-3 (X4' на рис. 2), подключаемый к 3-контактному цанговому штыревому разъёму PSLM-3 (X4 на рис. 1), расположенному на плате. Резисторы R15 и R17 ограничивают токи светодиодов (красного и зелёного соответственно), а резистор R16 ограни-

чивает выходной ток триггера Шмидта и одновременно напряжение затвора транзистора 2SK3019 (VT1).

В исходном состоянии триггера Шмидта (reset) низкий уровень его выходного напряжения включает зелёный светодиод (сигнализируя о штатном режиме работы), подключая к «земле» его катод (через резистор R15), и одновременно запирает транзистор, подключая его затвор к истоку («земле») через резистор R16. В результате этого красный светодиод не горит. В установленном состоянии (set) триггера Шмидта высокий уровень его выходного напряжения гасит зелёный светодиод и одновременно открывает транзистор, в результате чего загорается красный светодиод, сигнализируя о наступлении факта перегрузки по току.

Несмотря на такое «пространное» объяснение функционирования, устройство индикации перегрузки по току занимает достаточно мало места на плате (см. далее).

Подключение ИП к сетевому напряжению ~220 В осуществляется двухпо-

зиционным тумблером MTS-201 (BK1) через предохранитель на 1 А (FU1) – рис. 2. В ИП используется тороидальный трансформатор (T1) мощностью 50 Вт, с вторичной обмотки которого снимается напряжение ~36 В. Это напряжение выпрямляется диодами VD1–VD4 и сглаживается электролитическими конденсаторами C1, C2. Выпрямленное напряжение (+48 В) двумя проводами подключается к 2-контактному разъёму платы DG350-3.5-02P (X2, рис. 1). Выходные напряжения (–V, +V, GND) снимаются с 3-контактного разъёма платы DG350-3.5-03P (X3, рис. 1), к которому подключается 3-проводный кабель, ко второму концу которого подключаются выходные приборные клеммы B4–B6, дублирующие выходные напряжения 4-контактный разъём PC4TB(B) (X2) и светодиоды LED1, LED2 со своими токоограничительными резисторами R1...R4.

Разводка и внешний вид плат

Разводка всех плат сделана автором с помощью программы Sprint LayOut 6.0,

НОВОСТИ МИРА

В России утверждена концепция по развитию электромобилей

Правительство РФ утвердило концепцию по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта на ближайшие десять лет. Об этом сегодня на совещании со своими заместителями объявил премьер-министр РФ Михаил Мишустин.

По его словам, «документ касается практически всех категорий автомобилей – от легковых и автобусов до больших тягачей».

Как указал глава кабмина, концепция «определяет ключевые задачи в этой сфере, среди которых – стимулирование спроса, в том числе через льготное кредитование и разработку комплексных городских программ».

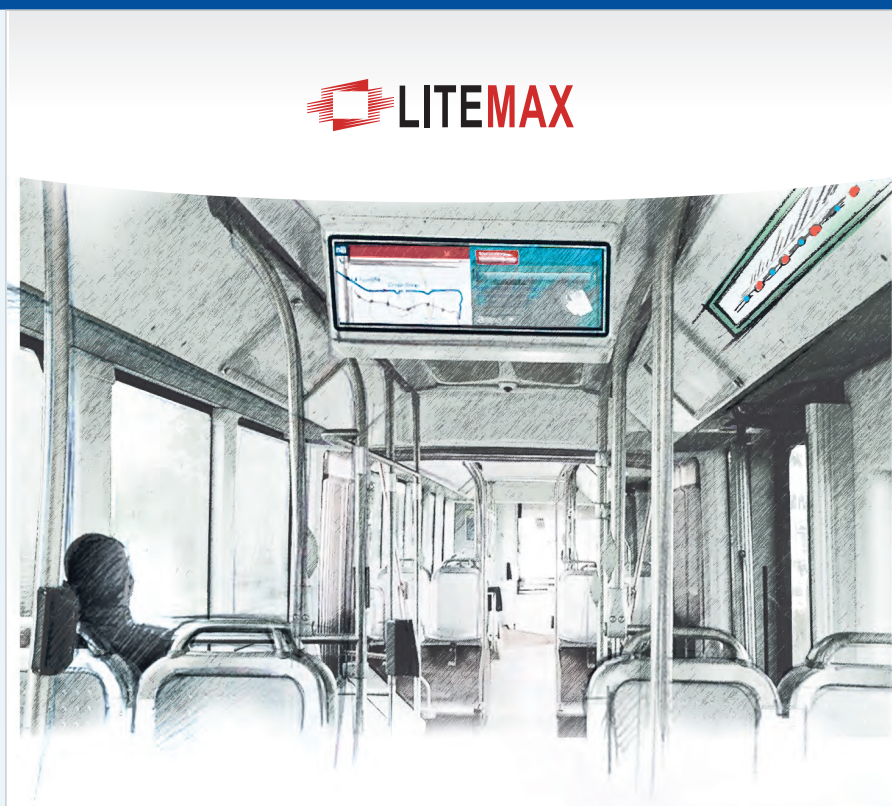
«Необходимо сформировать и развитую инфраструктуру зарядных станций, прежде всего – так называемых быстрых. Создать индустрию по выпуску больших тяговых батарей и всех необходимых к ним элементов», – призвал премьер.

Причем, констатировал он, «ряд государств уже заявили о стремлении отказаться от транспорта с двигателями внутреннего сгорания». «Очевидно, что за электромобилями или машинами, которые работают на более экологичных силовых агрегатах, – будущее. И нам нужно также активно развивать это направление. Тем более что целый ряд компетенций в стране уже есть», – подчеркнул Мишустин.

Он рассчитывает, что «реализация заложенных в концепцию идей и решений позволит сформировать собственную индустрию по выпуску электромобилей», а также «привлечь частные инвестиции и создать около 40 тыс. высокопроизводительных рабочих мест по всей технологической цепочке – от электрохимии до производства автотранспорта на электротяге».

В целом, добавил глава правительства, это развитие этого направления «позитивно скажется на нескольких сферах», и «в первую очередь — на автопроме и его смежниках», а также «будет содействовать формированию современной и комфортной городской среды, что очень важно для достижения национальных целей развития» России.

Напомним, еще в середине июля Мишустин говорил на заседании Совета по стратегическому развитию и национальным проектам, что в РФ планируется соз-



ВАШ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОПУТЧИК!

Полосковые дисплеи для транспорта

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

ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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



Реклама

дать собственную линейку электромобилей, в том числе на водородных топливных элементах.

«По направлению технологического развития хочу отметить проект создания собственной линейки электромобилей. В том числе на водородных топливных элементах», – отметил премьер.

Кроме того, сообщил он, предполагается «создавать и выводить на рынок сервисы беспилотного вождения судов», будут продвигаться высокотехнологичные проекты в таких сферах, как микроэлектрони-

ка, беспроводная связь, разработка новых материалов.

Ранее, 18 июня, вице-премьер РФ Александр Новак заявил, что перед Россией стоит задача к 2024 году создать 11 тыс. электрозаправок, к 2030 году таких объектов по всей стране должно появиться 50 тыс. В настоящее время, по его словам, разрабатывается инициатива по поддержке развития электротранспорта и мобильной зарядной инфраструктуры для него.

echemistry.ru

Автоматизация начинается с разъёма

Алексей Асабин

Мы живём в интересное время. Это целая эпоха цифровизации множества отраслей современного мира. Промышленность, сельское хозяйство, экономика и транспорт стремятся к автоматизации процессов. В электронике чётко соблюдаются основные принципы концепции «Индустрия 4.0». Именно скорость передачи данных, надёжность и безопасность являются основными маячками в электронных решениях современности.

Все вычисления, производственные циклы, да и всё, что работает от электричества, начинается с разъёмов (коннекторов, соединителей), будь то подача питания или передача данных. И только после качественных соединений оборудование сможет выполнять свою работу.

С 1996 года компания Weipu Electrical Appliance Co, Ltd занимается разработками и массовым производством разъёмов для различных сфер применения. Постоянное совершенствование продукции компании и широкое применение в промышленности показывают: разъёмы Weipu полностью соответствуют требованиям Индустрии 4.0. Weipu Connectors предлагает различные интерфейсы, выполненные с высоким качеством и абсолютной надёжностью, гарантирующие подключение к технологическим областям, где безопасность является важнейшим условием.

Очередным обновлением модельного ряда стала серия цилиндрических разъёмов – SA, которая является преемником серии SF. Серия SA, как и серия SF, имеет Push-pull (защёлкива-

ющееся) соединение. Такой тип соединения, по сравнению с резьбовым, позволяет сократить временные затраты на включение/отключение до 10 раз (предусматривается более 500 циклов

соединения). Простота эксплуатации облегчает работу на высоте и в узких пространствах.

Защищённость от внешних факторов является крайне важным критерием при подключении. Степень защиты IP67 и температурный диапазон от –40°C до +85°C позволяют создать надёжное и гарантированное соединение кабель-кабель (линейное подключение) или кабель-блок в жёстких погодных условиях.

Разъёмы выполнены из анодированного алюминиевого сплава с различным цветовым покрытием. Базовым покрытием в данной серии является чёрный или серебристый цвет. Также можно заказать разъёмы в других цветовых гаммах: синий, зелёный, красный. Поскольку разъёмы могут использоваться как для передачи энергии, так и для передачи сигналов и данных, цветовое решение позволяет исключить ошибочное подключение разъёмов на оборудовании.

Разъёмы серии SA широко используются во многих высокотехнологических областях, таких как медицинские приборы, высокока-

Серия SA6

Количество контактов	2	3	4	5
Рабочий ток (А)	3	3	3	3
Диаметр контакта (мм)	0,6	0,6	0,6	0,6
Рабочее напряжение (AC, V)	30	30	30	30
Импульсное напряжение (AC, V) 1 мин	500	500	500	500
Сопротивление контактов, МОм	10	10	10	10
Сечение провода (мм ² /AWG)	≤0,5/20	≤0,5/20	≤0,5/20	≤0,5/20
Монтаж	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка

Серия SA8

Количество контактов	2	3	4	6	8
Рабочий ток (А)	5	5	3	3	3
Диаметр контакта (мм)	1	1	0,6	0,6	0,6
Рабочее напряжение (AC, V)	125	125	30	30	30
Импульсное напряжение (AC, V) 1 мин	1000	1000	500	500	500
Сопротивление контактов, МОм	5	5	10	10	10
Сечение провода (мм ² /AWG)	≤0,75/18	≤0,75/18	≤0,5/20	≤0,5/20	≤0,5/20
Монтаж	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка

Серия SA20

Количество контактов	2	3	4	5	6	6B	7	8	9	12	15
Рабочий ток (А)	25	25	25	10	25×4 5×2	30/5	10	10	5	5	5
Диаметр контакта (мм)	2,5	2,5	2,5	1,5	2,5×4 1×2	3×2 1×4	1,5	1,5	1	1	1
Рабочее напряжение (AC, V)	500	500	500	500	500	500	500	500	400	400	400
Импульсное напряжение (AC, V) 1 мин	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1200	1200	1200
Сопротивление контактов, МОм	1	1	1	2,5	1×4 5×2	1×2 5×4	2,5	2,5	5	5	5
Сечение провода (мм ² /AWG)	≤4/11	≤4/11	≤4/11	≤2/14	≤4/11×4 ≤0,75/18×2	≤4/11×2 ≤0,75/18×4	≤2/14	≤2/14	≤0,75/18	≤0,75/18	≤0,75/18
Монтаж	Пайка/ обжим	Пайка/ обжим	Пайка/ обжим	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	пайка

Серия SA28

Количество контактов	2	3	4	7	8	9	10	10B	12	16	17	20	24	26
Рабочий ток (А)	50	50	25	25	25	25×4 5×5	25	10	10	10	10	5	5	5
Диаметр контакта (мм)	3,5	3,5	2,5	2,5	2,5	2,5×4 1×5	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1
Рабочее напряжение (АС, V)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	400	400	400
Импульсное напряжение (АС, V) 1 мин	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	15100	1500	1200	1200	1200
Сопротивление контактов, МОм	0,5	0,5	1	1	1	1×4 5×5	1	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5	5
Сечение провода (мм ² /AWG)	≤10/7	≤10/7	≤4/11	≤4/11	≤4/11	≤4/11×4 ≤0,75/18×5	≤4/11	≤2/14	≤2/14	≤2/14	≤2/14	≤0,75/18	≤0,75/18	≤0,75/18
Монтаж	Пайка/ обжим	Пайка/ обжим	Пайка/ обжим	Пайка/ обжим	Пайка/ обжим	Пайка	Пайка/ обжим	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка

чественное оборудование, испытательное и измерительное оборудование. Серия SA, в отличие от серии SF, выполнена из алюминиевого сплава, что позволило значительно уменьшить массу (примерно на 50%) и расширить область применения данных разъёмов в сферах, где масса играет огромную роль, например, в переносном или летательном оборудовании.

Серия SA10

Количество контактов	2	3	4	5
Рабочий ток (А)	5	5	3	3
Диаметр контакта (мм)	1	1	0,7	0,7
Рабочее напряжение (АС, V)	180	180	125	125
Импульсное напряжение (АС, V) 1 мин	1000	1000	1000	1000
Сопротивление контактов, МОм	5	5	10	10
Сечение провода (мм ² /AWG)	≤0,75/18	≤0,75/18	≤0,5/20	≤0,5/20
Монтаж	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка



АО «Компонента» — официальный дистрибутор Weipu предлагает разъёмы в наличии и под заказ.

Цилиндрические влагозащищенные разъёмы WEIPU

Серия:

SP

SY

Соединение:

Резьбовое

Bayonet

Степень защиты:

IP68

IP67

Монтаж:

Пайка, обжим, винт



На правах рекламы

☎ 8 495 150 2 150

🌐 www.komponenta.ru

✉ info@komponenta.ru

Корпуса различных диаметров и с различным количеством контактов, позволяющие подобрать разъёмы для различных задач, представлены в соответствующих таблицах.

Решения Weipu используются в самых различных проектах и областях применения:

- возобновляемые источники энергии;
- хранение энергии;
- осветительные технологии;
- безопасность;
- транспортная техника;
- железнодорожная техника;
- монтажная техника;
- автоматизация в промышленности;
- геофизика;
- испытания и измерения;
- медицинские технологии;
- развлечения;

Серия SA12

Количество контактов	2	3	4	5	6	7	9
Рабочий ток (А)	13	13	5	5	5	5	3
Диаметр контакта (мм)	1,6	1,6	1	1	1	1	0,7
Рабочее напряжение (AC, V)	250	250	200	180	125	125	125
Импульсное напряжение (AC, V) 1 мин	1500	1500	1500	1000	1000	1000	1000
Сопротивление контактов, МОм	2,5	2,55	5	5	5	5	10
Сечение провода (мм ² /AWG)	≤2/14	≤2/14	≤0,75/18	≤0,75/18	≤0,75/18	≤0,75/18	≤0,5/20
Монтаж	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка	Пайка

- машиностроение;
- электронная мобильность;
- тяжёлая техника;
- БПЛА/дроны;
- сельское хозяйство;
- потребитель.

АО «Компонента» является авторизованным дистрибьютором Weipu Electrical Appliance Co, Ltd. Инженеры АО «Компонента» готовы ответить на технические и коммерческие вопросы относительно продукции Weipu.



НОВОСТИ МИРА

Ростех поставит МЧС России новейшие DMR-радиостанции

Концерн «Созвездие» холдинга «Росэлектроника» Госкорпорации Ростех заключил контракт с МЧС России на поставку цифровых гражданских DMR-радиостанций на сумму 95,8 млн рублей. Устройства защищены от прямого прослушивания, обладают повышенной помехозащищённостью, устойчивы к воздействию внешних факторов – вибрациям, ударам, экстремальным температурам и попаданию влаги.

Контракт на поставку новых DMR-радиостанций (Digital Mobile Radio), разработанных концерном «Созвездие», заключён с МЧС России по результатам конкурсных процедур. В поставку войдет оборудование двух модификаций – 365 стационарных автомобильных радиостанций и 1190 носимых портативных устройств.

«Это первая крупная поставка новых DMR-радиостанций «Созвездия», предназначенных для организации профессиональной подвижной радиосвязи. Мы готовы обеспечить МЧС России высокотехнологичной радиосвязью, уровень которой соответствует мировым стандартам. Кроме того, специалисты «Созвездия» будут осуществлять техническое сопровождение изделий на протяжении всего их жизненного цикла. Оборудование прошло функциональное тестирование, апробацию и опытно-промышленные испытания, подтвердив свою надёжность и эффективность», – сказал генеральный



директор объединенной приборостроительной корпорации, управляющей компании холдинга «Росэлектроника», Сергей Сахненко.

DMR-радиостанции «Созвездия» имеют статус телекоммуникационного оборудования российского происхождения и включены в Единый реестр российской радиоэлектронной продукции.

Как отметили в МЧС России, «DMR-радиостанции «Созвездия» полностью совместимы с уже имеющимся и используемым на сегодняшний день в ведомстве радиооборудованием. Это позволяет эффективно интегрировать новые устройства в существующий комплекс технических

средств. Кроме того, наши специалисты в любой момент могут обратиться к разработчикам с предложениями о внесении необходимых изменений с учётом особенностей эксплуатации поставляемой техники».

Устройства имеют возможность сопряжения со всеми существующими отечественными и зарубежными гражданскими системами профессиональной мобильной радиосвязи стандарта DMR и могут применяться на железнодорожном транспорте, в аграрном секторе, Росгвардии, МЧС, МВД, скорой помощи, логистических и транспортных компаниях, а также на предприятиях добывающих отраслей.

rostec.ru



ПАТРОНАЖ ТПП РФ

21-24

СЕНТЯБРЯ 2021

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

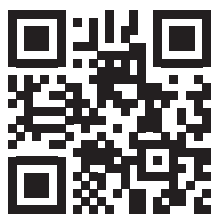
КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»



XXI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА РАДИОЭЛЕКТРОНИКА & ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
- ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И ДРУГИЕ НОСИТЕЛИ СХЕМ
- СВЕТОДИОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ
- РОБОТОТЕХНИКА
- КОНСТРУКТИВЫ
- МАТЕРИАЛЫ
- ТЕХНОЛОГИИ
- ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ
- КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Реклама



radelexpo.ru (812) 718-35-37

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:



Бортовые коммуникационные сети автомобиля – Ethernet, SERDES или сразу обе? Это непростой вопрос

Алан А. Варгезе (Alan A. Varghese)

В автомобилях 1960-х годов, таких как "Хиллман-Хантер", выпускавшийся фирмой Hillman Motor Car Company из Ковентри, было всего около 50 проводов, общая длина которых в жгутах составляла примерно 30 метров. Сравните это с современными машинами, имеющими более 1500 проводов общей длиной около 2400 метров и массой более 45 килограммов. Но это тоже не предел, так как автопроизводители заявляют, что при внедрении технологий беспилотного вождения масса проводки подскакивает примерно на 30% по сравнению с исходной моделью. Итак, нужно сосредоточиться на том, чтобы внутри автомобиля была только одна коммуникационная сеть, верно? Ответить на этот вопрос непросто.

Требования к полосе пропускания будущей БКС

К бортовой коммуникационной сети (БКС) предъявляют следующие требования: широкая полоса пропускания, малые задержки и высокая надёжность при работе в неблагоприятных условиях внутри автомобиля. На протяжении многих лет существовало несколько технологий, которые использовались в БКС (рис. 1). К ним относятся аналоговая сеть, Controller Area Network (CAN), FlexRay, Local Interconnect Network (LIN), низковольтная дифференциальная передача сигналов (LVDS) и система передачи мультимедийных данных (MOST).

Но, глядя на приложения следующего поколения, мы понимаем, что эти устаревающие технологии не могут поддерживать требования к пропускной способности. Кроме того, некоторые из них являются проприетарными и очень дорогими.

Чтобы лучше понять требования к пропускной способности, запомните, что приблизительную скорость передачи видеопотока можно рассчитать по следующим формулам:

- Размер кадра = Разрешение $\times$ Глубина цвета
- Скорость передачи данных = Размер кадра $\times$ Частота кадров

Таким образом, для камеры передовой системы помощи водителю (ADAS), снимающей изображение 1080p с глубиной цвета 24 бита и частотой кадров 30 кадров в секунду, поддерживаемая скорость передачи данных равна:

- Размер кадра = $1920 \times 1080 \times 24 = 49\,766\,400$ бит
- Скорость передачи данных = $49\,766\,400 \times 30 = 1\,493$ Мбит/с

В таблице приведены типичные требования к пропускной способности канала связи для данных от различ-

ных датчиков, задействованных в беспилотном вождении.

Многочисленные конкурирующие стандарты для БКС

- Автомобильный Ethernet. Автомобильный Ethernet считается заменой устаревших технологий БКС. Большинство автомобилей сегодня оборудовано Ethernet 100BASE-T (100 Мбит/с). Различные производители применяют его в разных целях, например, Hyundai – для информационно-развлекательных систем, а Volkswagen – для подключения ADAS. В 2019 и 2020 гг. стандарт был дополнен более низкими (10 Мбит/с) и более высокими (гигабитными) скоростями передачи данных. Разработанная в начале 2020 г. новейшая версия стандарта с названием 802.3ch предусматривает скорости передачи данных 2,5, 5 и 10 Гбит/с. Кроме того, в 2020 году новая рабочая группа IEEE 802.3су начала разработку физического уровня автомобильных БКС на 25, 50 и 100 Гбит/с.
- SERDES (ASA). Другой стандарт для БКС основан на протоколе последовательно-параллельного интерфейса (SERDES). Организация Automotive SerDes Alliance была основана в 2019 г. компаниями BMW, Broadcom, Continental, Fraunhofer, Marvell и NXP с целью стандартизации SERDES. В настоящее время в неё входят 36 участников. Организация была создана для расширения экосистемы за пределы доступных тогда проприетарных решений SERDES, таких как FPD-Link от Texas Instruments, GMSL от Maxim Integrated и Apix от Inova Semiconductor. Новый стандарт обеспечивает передачу данных со ско-

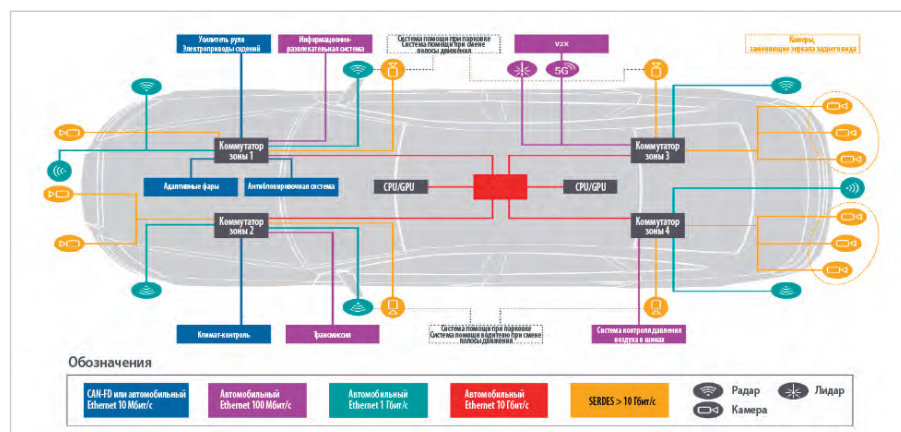


Рис. 1. Бортовые коммуникационные сети в автомобиле

Датчик	Скорость передачи
Видеокамера	500...3500 Мбит/с
Лидар	20...100 Мбит/с
Радар	0,1...15 Мбит/с
Ультразвуковой датчик	0,01 Мбит/с



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



ростью от 3,6 до 13 Гбит/с при длине линии до 15 метров.

- SERDES (MIPI A-PHY). В ноябре 2020 г. организация MIPI Alliance выпустила спецификацию A-PHY v1.0 для физического уровня автомобильного SERDES. Спецификация разрешает асимметричную передачу данных в соединениях типа «точка-точка» или «шлейф» с дополнительной возможностью подачи питания. Скорость передачи данных равна 16 Гбит/с. Планируется увеличение до 48 Гбит/с по нисходящему каналу и до 200 Гбит/с по восходящему. Задержка низкая – 6 мкс, длина линии достигает 15 м. Основное назначение – соединение датчиков с процессором сигналов изображения в электронном блоке управления (ЭБУ) и графического процессора сигналов в ЭБУ с дисплеями.

Сеть на основе Ethernet, SERDES или обоих сразу?

Некоторые автопроизводители и поставщики решений с уровнем надёжности Tier 1 считают, что первые несколько лет они могут использовать оба стандарта. Однако после этого автомобильный Ethernet со скоростью передачи данных до 100 Гбит/с вытеснит все остальные решения.

Но Кирстен Матеус (Kirsten Matheus), инженер BMW, имеет несколько иную точку зрения. Она предположила, что SERDES является необходимой и оптимальной технологией для соединений «точка-точка» датчиков ADAS, которые передают асимметричные данные, в то время как сетевая технология Ethernet подходит для других автомобильных

приложений. Учитывая, что Кирстен сыграла ключевую роль в стандартизации автомобильного Ethernet, с её мнением нельзя не считаться. (Источник: Automotive SerDes Alliance kick-off, май 2019, Salt Lake City.)

Производители автокомплектующих, стремящиеся оптимизировать свои планы совершенствования БКС, могут принять одну из двух стратегий:

1. стратегия хеджирования, то есть внедрение обоих стандартов для БКС до тех пор, пока требования ADAS для беспилотного вождения уровней 3–5 не станут намного яснее. Недостатком такого подхода является то, что для перевода данных между различными доменами/зонами могут потребоваться шлюзы, а это увеличивает как стоимость, так и массу;
2. техническая стратегия, т.е. проектирование с учётом потребности в создании высокоскоростных каналов связи «точка-точка» путём увеличения степени обработки и сжатия данных на каждом датчике. Недостатком такого подхода является то, что стоимость комплекта датчиков возрастет, а более глубокая обработка потребует отвода тепла.

Тестирование БКС

При тестировании БКС важно проверить производительность передатчика, приёмника и канала. Поскольку необходимо проводить сотни тестов, программное обеспечение для автоматизированного тестирования на соответствие требованиям спецификаций с их интерпретацией, воспроизводимыми результатами, мастерами настройки с удобными графическими интерфей-

сами и генерацией отчётов так же важно для специалистов по автомобильной электронике, как и высокие технические характеристики, такие как полосу пропускания, частота выборки и разрешение сигнала.

Тестирование передатчика выполняют в основном с помощью осциллографа, чтобы убедиться, что передаваемые сигналы не являются причиной помех, в то время как тестирование приёмника выполняют для проверки точности обнаружения входных сигналов. Для этого используют источники испытательных сигналов, такие как генераторы сигналов произвольной формы. Измерения импеданса и обратных потерь важно выполнять во временной и частотной областях, чтобы обеспечить надёжную работу системы и диагностику нарушений целостности сигнала.

Заключение

Со времён Хиллман Хантер автомобильная промышленность прошла долгий путь. Переход на беспилотные и «подключённые» автомобили создаёт проблемы, которые необходимо решать с помощью бортовой коммуникационной сети. Множество датчиков, элементов управления и интерфейсов, необходимых для ADAS и новых информационно-развлекательных функций, требуют высокоскоростных соединений, и ресурсов традиционных сетей, таких как CAN, MOST и FlexRay, будет недостаточно. С появлением новых стандартов, таких как автомобильный Ethernet и SERDES, появилась возможность более быстрой передачи данных и удовлетворения потребностей будущих «подключённых» автомобилей. ☺

НОВОСТИ МИРА

Мишустин пообещал в 2021 году не меньше 10 «сквозных кросс-отраслевых проектов» в области электронной промышленности

До конца года в России будет запущено не меньше 10 межотраслевых проектов, направленных на развитие электронной промышленности и внедрение отечественных решений во всех секторах экономики, сообщил председатель правительства Михаил Мишустин на совещании, посвящённом формированию спроса на российскую радиоэлектронную продукцию.

По словам премьер-министра, важно грамотно выстроить цепочку между разработчиками

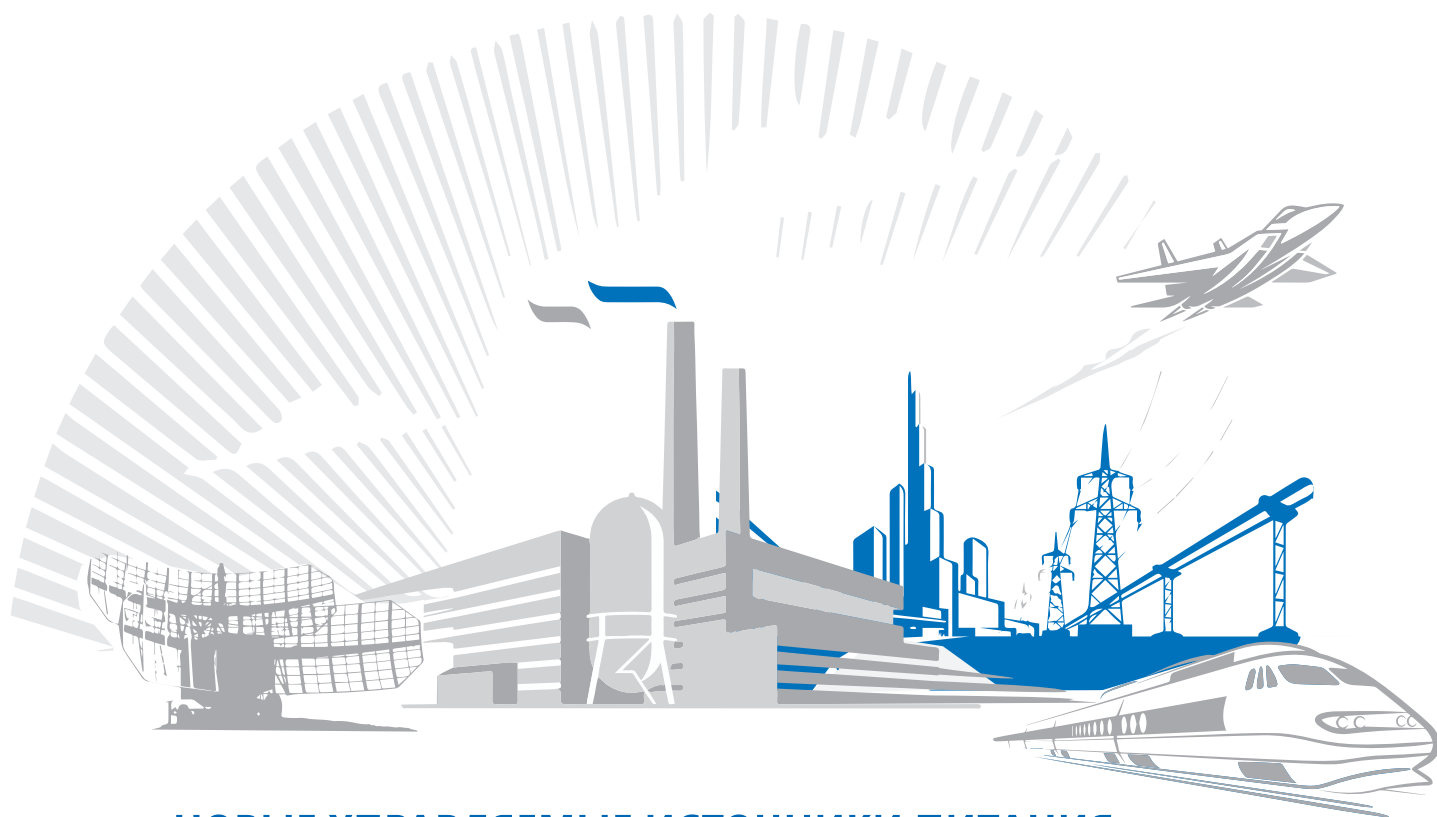
и потребителями, которая позволила бы ухватить потребности рынка, возможности производителей и организаций-интеграторов, а также создать правильные инструменты формирования спроса на радиоэлектронную продукцию. Такая система в России уже отработывается.

«На уровне Правительственной комиссии по цифровому развитию с этого года запущена модель реализации сквозных кросс-отраслевых проектов, направленных на развитие производства радиоэлектронной продукции в формате полного цикла. По каждому такому проекту будет якорный потребитель со своим массовым спросом», – отметил Михаил Мишустин.

Председатель правительства уточнил, что на сегодняшний день определено уже пять проектов, где заказчиками выступают государственные компании. В их числе «Ростелеком» (магистральное оборудование сетей связи), а также ВТБ и «Росатом» (аппаратно-программные и вычислительные комплексы для корпоративных информационных платформ).

«Мы будем масштабировать этот подход, поскольку он позволяет сформировать устойчивый спрос на продукцию наших микроэлектронных производств», – подчеркнул Михаил Мишустин.

industry-hunter.com



НОВЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Серия GXE

- Входное напряжение
85–265 В AC или 120–370 В DC
 - Выходная мощность 600 Вт
 - Выходные напряжения
24 или 48 В DC
 - КПД до 95%
 - Высота 1U
 - Запуск при –40°C
 - Гарантия 7 лет
-
- Конвективное охлаждение
 - Режим стабилизации напряжения
или стабилизация тока
 - Аналоговый порт: сигналы on/off, DC-OK,
AC-Fail, Power-Fail, 0–100% выходной ток,
20–120% выходное напряжение
 - Цифровой порт (Modbus RTU, на RS-485):
установки выходных параметров +
регулировка фронта нарастания, настройки
защит. Считывание температуры,
времени наработки прибора
 - Варианты исполнения: в кожухе или без,
с конформным покрытием платы или без



Проектирование схем микроэлектронных устройств в Proteus с использованием внешней памяти.

Часть 2

Татьяна Колесникова (beluikluk@gmail.com)

В настоящее время большинство электронных устройств проектируют с применением микроконтроллеров. Однако зачастую для реализации задуманного устройства памяти микроконтроллера может не хватить. В таких случаях выполняют её расширение, например, за счёт карты памяти. Для проверки работоспособности схемы удобно применить программу-эмулятор Proteus, чья библиотека содержит микроконтроллеры с возможностью их программирования, карту MMC, а также другие цифровые компоненты и устройства вывода информации.

В устройствах на микроконтроллерах для хранения больших объёмов информации применяют внешнюю память. Если требуется хранить единицы мегабайт, то подойдут микросхемы последовательной Flash-памяти. Для больших объёмов (десятки и сотни мегабайт) используют карты памяти. В этой статье речь пойдёт о подключении внешней памяти MMC (карты MultiMedia Card) к микроконтроллеру и её управлении программным способом. Сначала мы соберём схему на основе микроконтроллера ATmega32, подключим к нему периферийные устройства (графический и алфавитно-цифровой дисплей, виртуальный терминал) для вывода считанной с карты информации, создадим интерфейс обмена данными через шину SPI. Затем разберём функции для рабо-

ты с файлами и функции графической библиотеки CodeVisionAVR. Применим их для управления файловой структурой карты (переименования, создания, удаления файлов и папок на карте), записи и чтения фиксированного числа байт или всей текстовой или графической информации из размещённого во внешней памяти файла и их вывода на дисплей или терминал в эмуляторе электронных схем Proteus.

Проектирование схемы электрической принципиальной в Proteus

Рассмотрим работу с картой памяти в Proteus на примере устройства обмена информацией, работающего под управлением микроконтроллера AVR, написание программы инициализа-

ции которого выполнено с помощью CodeVisionAVR. В спроектированном устройстве карту применяют для расширения памяти и создания интерфейса обмена информацией через шину SPI, которая присутствует во многих микроконтроллерах, в частности, и в микроконтроллерах AVR семейства Mega. Вывод считанной с карты памяти информации выполним на экран терминала, алфавитно-цифрового и графического дисплеев. Создание схемы в редакторе ISIS (см. рис. 1а) было рассмотрено в [1], поэтому подробно остановимся только на подключении к микроконтроллеру ATmega32 графического дисплея (см. рис. 1б), в качестве которого применим микросхему AMPIRE128X64 с разрешением экрана 128×64 пикселя. Микросхема работает под управлением контроллера KS0108, который принимает и обрабатывает команды управления и выводит соответствующую графику на дисплей. Контроллер KS0108 не имеет своего знакогенератора. В нашем примере его функции (вывод текста и графики), а также управление микросхемой выполнит программа микроконтроллера.

Выбор компонентов из базы данных для последующего их размеще-

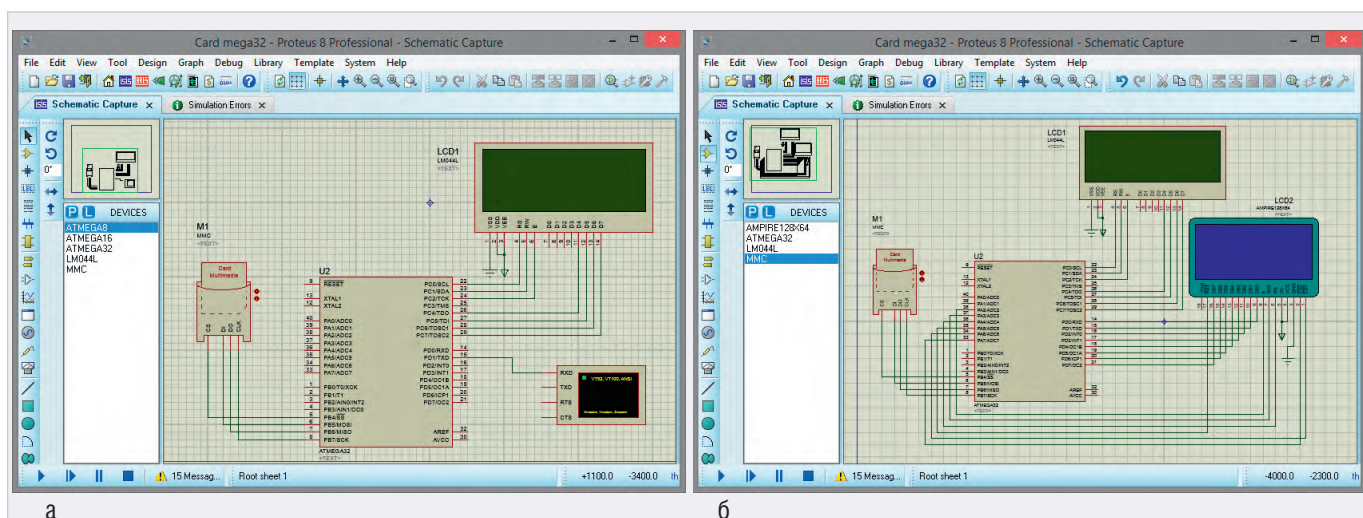


Рис. 1. Сопряжение в рабочей области редактора ISIS программы Proteus микроконтроллера ATmega32 с картой памяти и устройствами вывода информации: алфавитно-цифровым дисплеем LM044L и терминалом (а), алфавитно-цифровым дисплеем LM044L и графическим дисплеем AMPIRE128×64 (б)

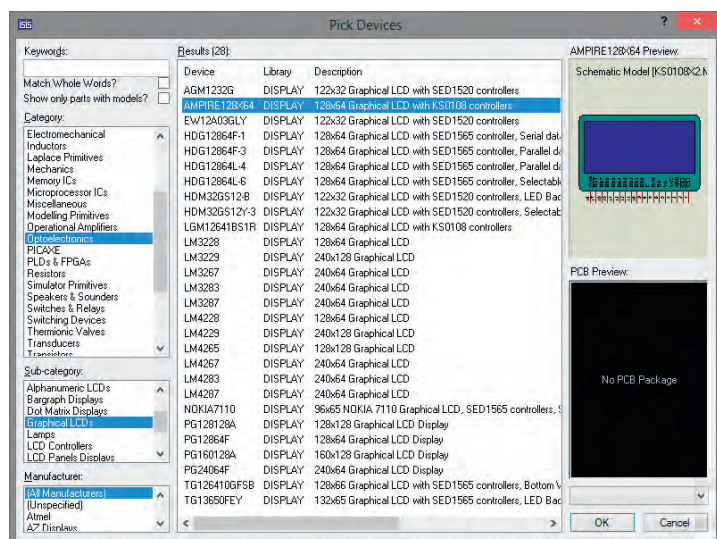


Рис. 2. Раздел Graphical LCDs библиотеки Optoelectronics

ния в рабочей области редактора ISIS 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.

Микросхема графического дисплея AMPIRE128×64 находится в разделе Graphical LCDs библиотеки Optoelectronics (см. рис. 2). Графические дисплеи обеспечивают создание на своём экране матрицы точек, высвечивающих изображения и тексты, и обладают большей гибкостью в отличие от алфавитно-цифровых модулей, жёстко фиксирующих размеры и положение символов. Графические модули не накладывают сколько-либо серьёзных ограничений на отображаемую информацию, причём это могут быть не только символы алфавита, но и специальные символы, графики, диаграммы, элементы оформления.

Использование графического дисплея расширяет область применения устройства, повышает уровень его информативности, предоставляет большие возможности при отображении данных относительно применения алфавитно-цифрового дисплея. Информация отображается на экране модуля дисплея поточно, что позволяет получить любое необходимое изображение. На каждую точку экрана приходится один информационный бит, который управляет свечением пикселя.

Каких-либо стандартных правил сопряжения микроконтроллеров с дисплеями не существует, и в каждом конкретном случае сопряжение может выполняться по-разному.

Микросхема AMPIRE128X64 имеет 18 контактов, назначение которых следующее:

- GND – «земля»;
- V_{cc} – напряжение питания +5 В;
- V0 – напряжение контрастности от 0 до +5 В (настройка контрастности экрана);
- RS – установка режима приёма информации (RS = 1 – данные, RS = 0 – команды);
- R/W – выбор операции чтения (R/W = 1) или записи (R/W = 0);
- E – линия синхронизации;
- DB0...DB7 – шина данных/команд;
- $-V_{out}$ – выход отрицательного напряжения;
- $\overline{CS} 1$ – активация левого сегмента дисплея ($\overline{CS} 1 = 0$ – сегмент активный, $\overline{CS} 1 = 1$ – сегмент не активный);
- $\overline{CS} 2$ – активация правого сегмента дисплея ($\overline{CS} 2 = 0$ – сегмент активный, $\overline{CS} 2 = 1$ – сегмент не активный);
- $\overline{RST}$ – сигнал сброса контроллера дисплея.

Для подключения микросхемы AMPIRE128×64 к схеме управления используются параллельная синхронная шина данных/команд (DB0...DB7), вывод выбора операции чтения/записи (R/W), вывод выбора регистра данных/команд (RS), вывод синхронизации (E), выходы активизации сегментов дисплея ($\overline{CS} 1$ и $\overline{CS} 2$) и вывод $\overline{RST}$, на который подаётся сигнал сброса контроллера дисплея. Подсоединим выводы модуля дисплея DB0...DB7 к выводам

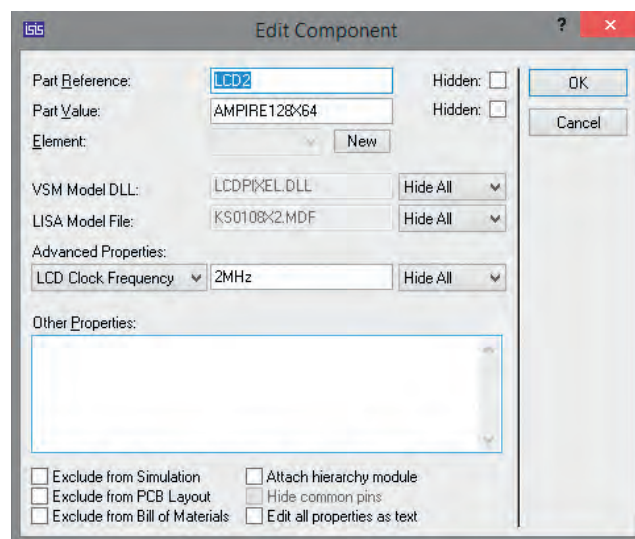


Рис. 3. Окно свойств графического дисплея AMPIRE128×64

PD0...PD7, выводы E, R/W и RS к выводам PA2...PA4, а выводы $\overline{RST}$, $\overline{RS} 1$ и $\overline{RS} 2$ к выводам PA5...PA7 микроконтроллера ATmega32 так, как показано на рис. 16.

Выводы PA0, PA1 микроконтроллера не рекомендуется использовать для подключения дисплея из-за возникновения внутреннего конфликта с картой памяти, о чём в CodeVisionAVR при подключении к проекту дисплея выводится предупреждающее сообщение.

Выводы GND и V_{cc} подключим к «земле» и напряжению +5 В соответственно. На вывод V0 подаётся напряжение контрастности (от 0 до +5 В). На практике этот вывод подключают к питанию через подстроечный резистор, который позволяет плавно регулировать контрастность отображения символов на дисплее. Символы «земли» и питания добавляют в схему, выбрав на панели TERMINALS 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 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 LCD Clock Frequency – тактовая частота (см. рис. 3), значение которой должно совпадать с частотой работы микроконтроллера (в нашем примере – 2 МГц).

Приём информации микросхемой AMPIRE128×64 осуществляется по 8-разрядной шине данных/команд. Подача управляющих сигналов через подключённые к портам микроконтролле-

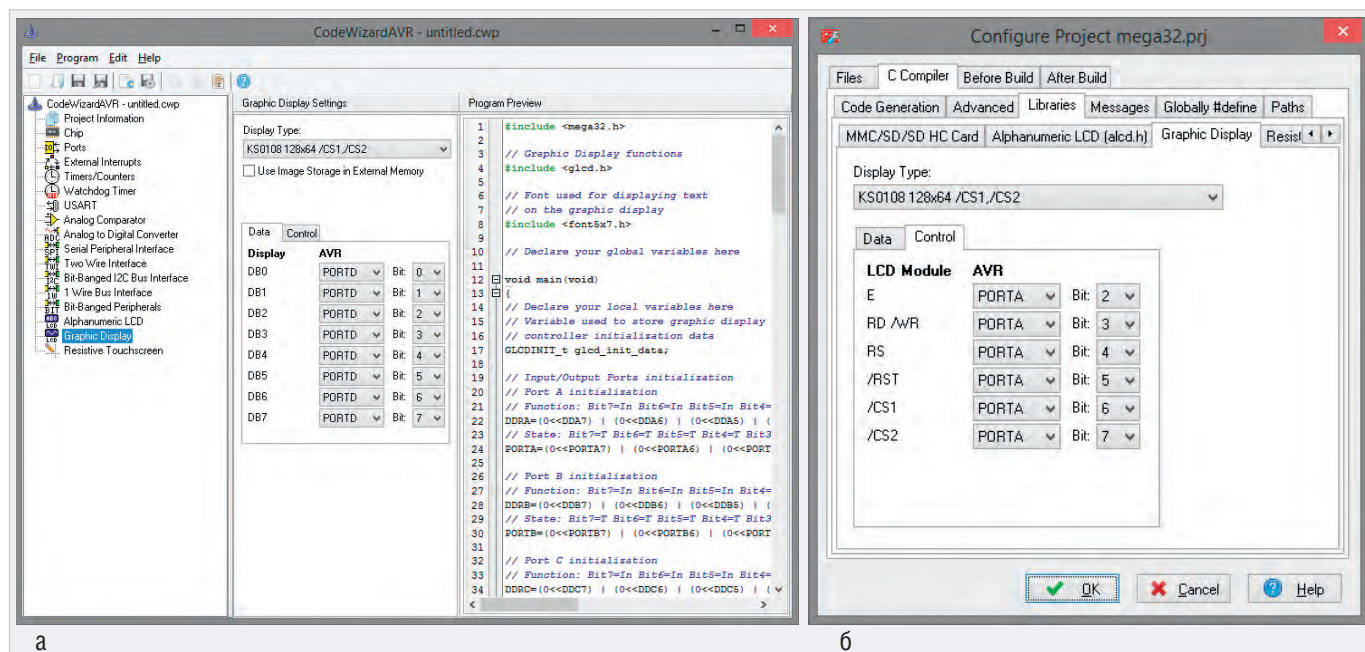


Рис. 4. Настройка параметров графического дисплея: в окне CodeWizardAVR (а), на вкладке Graphic Display окна Configure Project (б)

ра ATmega32 линии выполняется программно.

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 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.

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, аналогового компаратора, таймеров/счётчиков, интерфейса UART и SPI, алфавитно-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, что уже было рассмотрено в [1], поэтому подробно остановимся на определении свойств графического дисплея. В окне генератора кода (см. рис. 4а) перейдём на вкладку Graphic Display Settings и укажем тип контроллера, разрешение дисплея и инверсию выводов активации сегментов дисплея (поле Display Type, в нашем примере – KS0108 128×64 /CS1,/CS2), применение внешней памяти для хранения изображения (Use Image Storage in External Memory, в нашем примере флажок в чекбоксе снят). На вкладках Data и Control настраивают параметры подключения микроконтроллера (порт и номер вывода) к микросхеме дисплея – в нашем примере биты 2...7 порта PA микроконтроллера подключены к выводам E, R/W, RS, RST, CS1 и CS2 дисплея соответственно, биты 0...7 порта PD микроконтроллера подключены к выводам DB0...DB7 дисплея.

Также настройку параметров дисплея можно выполнить на базе уже существующего проекта CodeVisionAVR, для чего с помощью команды Project/Configure основного меню открывают окно Configure Project. В этом окне следует перейти на вкладку C Compiler и затем – на вкладку Libraries, где открыва-

ют вкладку Graphic Display (см. рис. 4б) и устанавливают в поле Display Type тип контроллера, разрешение дисплея и инверсию выводов активации сегментов дисплея. Подключение управляющих сигналов и сигналов данных/команд определяют на вкладках Control и Data.

Прежде чем приступить к написанию программного кода в CodeVisionAVR, подключим поддержку карты памяти MMC и увеличим размер стека, для чего на вкладке Libraries окна Configure Project 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. 5а. На вкладке C Compiler откроем вкладку Code Generation (см. рис. 5б) и в поле Data Stack Size укажем размер стека в байтах – для компиляции кода в нашем примере значения 1920 будет достаточно.

Применение функций библиотеки ff.h для записи данных во внешнюю память, их чтения и отображения на экране терминала и алфавитно-цифрового дисплея

Для работы с картами памяти MMC/SD/SD HC, отформатированными в FAT12, FAT16 или FAT32, в CodeVisionAVR предусмотрены библиотеки функций sdcard.h и ff.h, описание которых было рассмотрено в [1]. Продемонстрируем на конкретном примере работу с функциями создания фай-

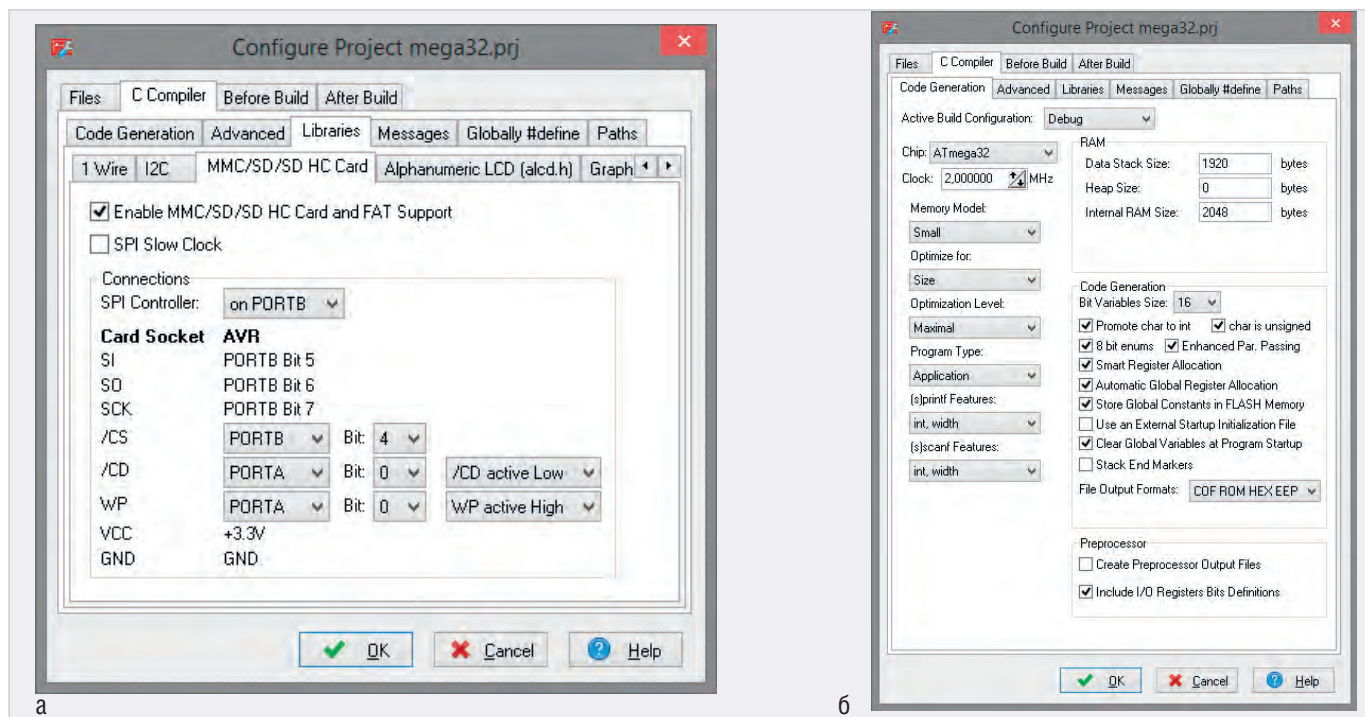


Рис. 5. Окно Configure Project: вкладка MMC/SD/SD HC Card (а), вкладка Code Generation (б)

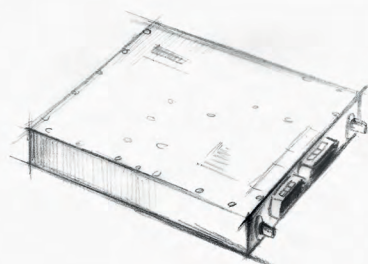
лов, записи и чтения данных из внешней памяти библиотеки ff.h. Для этого создадим с помощью программы WinImage образ карты памяти (создание образа подробно рассмотрено в [1]), доба-

вим в образ файл с расширением *.txt, который содержит блок текстовых данных, сохраним образ с расширением .ima в папке FAT16 в каталоге с проектом Proteus. Введём путь к файлу обра-

за и его имя с расширением в поле Card Image File в окне свойств карты памяти (см. рис. 6). На языке C с применением функций библиотеки ff.h CodeVisionAVR напишем программу инициализации

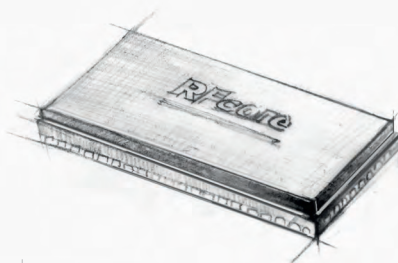


НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



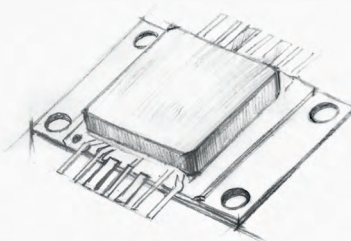
СВЧ-усилители мощности

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



Многофункциональные CMOS MMIC

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



GaN и GaAs MMIC

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

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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

Реклама

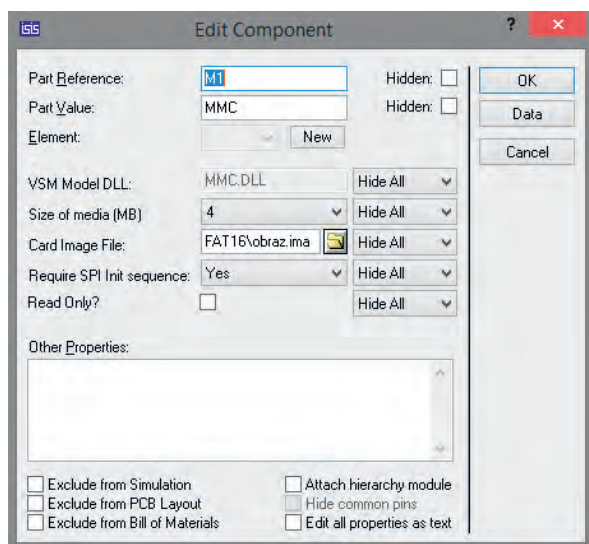


Рис. 6. Окно свойств карты памяти

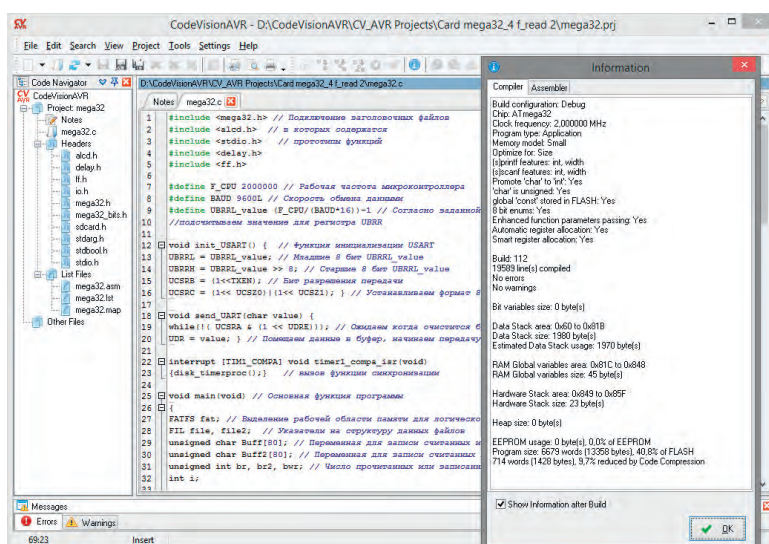


Рис. 7. Результат компиляции программного кода в CodeVisionAVR

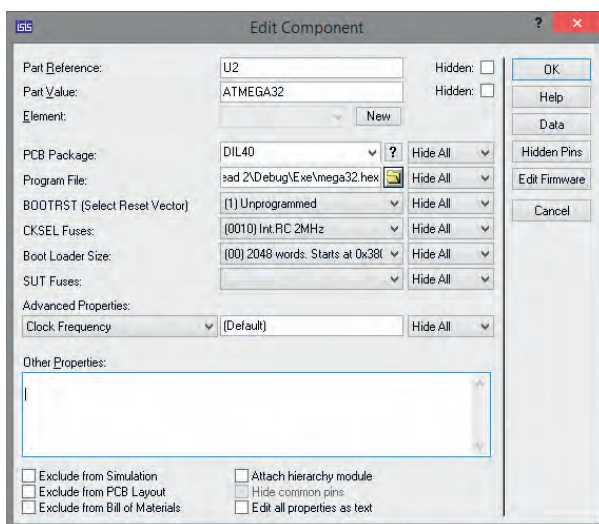


Рис. 8. Окно свойств микроконтроллера ATmega32

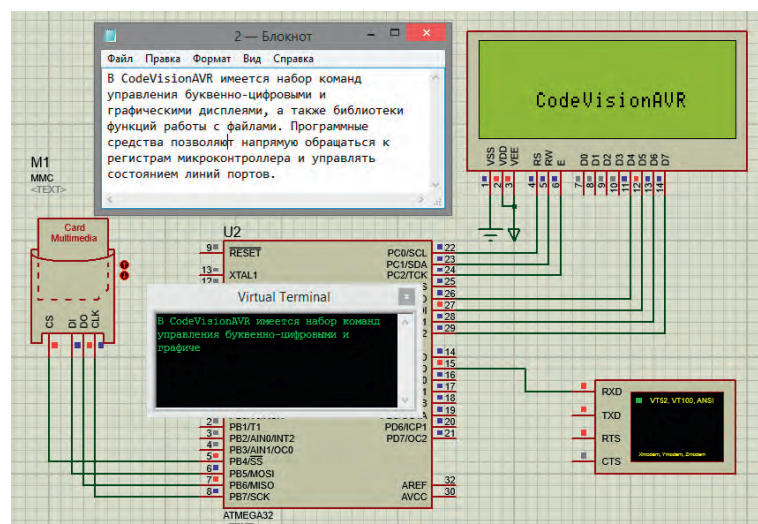


Рис. 9. Результат работы программы записи и чтения данных из внешней памяти, образ которой создан с помощью WinImage и сохранен в формате .ima

микроконтроллера. Текст программы приведён на листинге 1.

Введём текст программы в окне кода CodeVisionAVR и запустим компиляцию (см. рис. 7), по окончании которой будет создан .hex-файл для записи в микроконтроллер. Перейдём в Proteus и в окне свойств микросхемы ATmega32 укажем путь к файлу прошивки на диске компьютера (см. рис. 8). Результат симуляции схемы в Proteus представлен на рис. 9.

После запуска моделирования выполняется функция `f_mount(0, &fat)`, которая выделяет область памяти нужного объёма для работы с картой памяти. Функция `f_open(&file, «0:/1.txt», FA_OPEN_EXISTING | FA_READ)` открывает уже размещённый на карте файл `1.txt` для чтения из него с помощью функции `f_read(&file, Buff, 80, &br)` фрагмента данных размером 80 байт. После закрытия файла `1.txt` и па-

зы длительностью 50 мс с помощью функции `f_open(&file2, «0:/2.txt», FA_CREATE_ALWAYS | FA_WRITE)` происходит создание на карте памяти ещё одного текстового файла 2.txt для записи в него функцией `f_write(&file2, Buff, 80, &bwr)` 80 байт данных, считанных из уже имеющегося на карте файла 1.txt (см. рис. 10). После закрытия и паузы функцией `f_open(&file2, «0:/2.txt», FA_READ)` файл 2.txt открывается повторно для

чтения из него с помощью функции `f_read(&file2, Buff2, 80, &br2)` 80 байт данных и их вывода посимвольно в цикле `for` на экран терминала. Затем на экран дисплея выполняется посимвольный вывод в цикле `for` 13 символов из файла `2.txt`.

Обмен информацией между микроконтроллером и картой памяти выполняется через линии PB4...PB7 микроконтроллера. Для работы с алфавитно-цифровым дисплеем задейство-

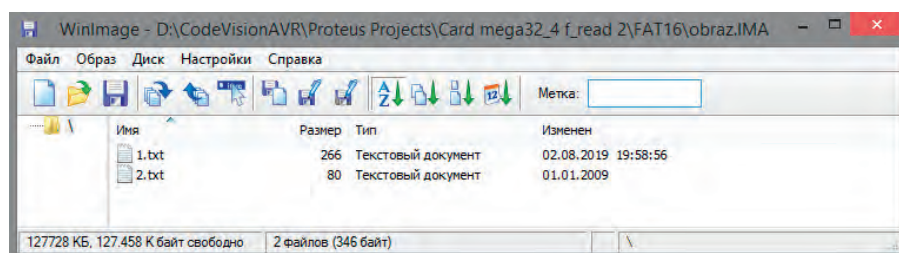


Рис. 10. Образ .ima, открытый в программе WinImage после добавления ещё одного файла с расширением *.txt

Листинг 1

```
#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); // Бит разрешения передачи
    UCSRC = (1<< UCSZ0)|(1<< UCSZ1); } // Устанавливаем формат 8 бит данных

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)
{
    FATFS fat; // Выделение рабочей области памяти для логического диска
    FIL file, file2; // Указатели на структуру данных файлов
    unsigned char Buff[80]; // Переменная для записи считанных из файла 1.txt данных
    unsigned char Buff2[80]; // Переменная для записи считанных из файла 2.txt данных
    unsigned int br, br2, bwr; // Число прочитанных или записанных байтов
    int i;

    // Инициализация портов микроконтроллера

    // 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 D, Port C
    DDRD=DDRC=0xff;
    PORTD=PORTC=0x00;

    // Инициализация таймера
    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x0D;
    TCNT1H=0x00;
    TCNT1L=0x00;
    OCR1AH=0x00;
    OCR1AL=0x4E;
    TMSK=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, 80, &br); // Читаем в переменную Buff 80 символов с начала файла
    f_close(&file); // Закрываем файл 1.txt
    delay_ms(50); // Пауза длительностью 50 мс

    f_open(&file2, "0:/2.txt", FA_CREATE_ALWAYS | FA_WRITE ); // Создаем на карте памяти
    // файл 2.txt для записи
    f_write(&file2, Buff, 80, &bwr); // Записываем в файл 2.txt данные из файла 1.txt
    f_close(&file2); // Закрываем файл
    delay_ms(50); // Пауза длительностью 50 мс

    f_open(&file2, "0:/2.txt", FA_READ); // Открываем файл 2.txt для чтения
    f_read(&file2, Buff2, 80, &br2); // Читаем в переменную Buff2 80 символов с начала файла
    f_close(&file2); // Закрываем файл

    for (i=0;i<br2;i++)
    {send_UART(Buff2[i]);} // Вывод считанной информации из созданного
    // на карте памяти файла на экран терминала

    lcd_gotoxy(4,2); // Установка курсора в четвертую позицию второй строки дисплея
    for (i=2;i<15;i++)
    {lcd_putchar(Buff2[i]);} // Вывод на экран дисплея 13 символов, считанных из файла 2.txt карты памяти
```

ваны линии PC0...PC2 и PC4...PC7, линия PD1 микроконтроллера используется для последовательного вывода информации на экран терминала.

В представленном примере было выполнено чтение фиксированного числа байт информации из размещённого на карте памяти текстового файла. Для чтения всего файла удобно при-

менить функцию `feof(FIL *fp)`, которая во время доступа к файлу определяет, был ли достигнут его конец, и в этом случае возвращает ненулевое значение (1). В противном случае функция возвращает ноль (0). Параметр функции `fp` – это указатель на структуру данных файла. Размер файла в байтах определяют с помощью функции `f_size(FIL`

`*fp)`, реализованной в виде макроса `#define f_size(fp) ((fp)->fsize)`, который определяют вместе с заголовочными файлами в начале кода программы:

```
#include <mega32.h>
#include <alcd.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
#include <ff.h>
```

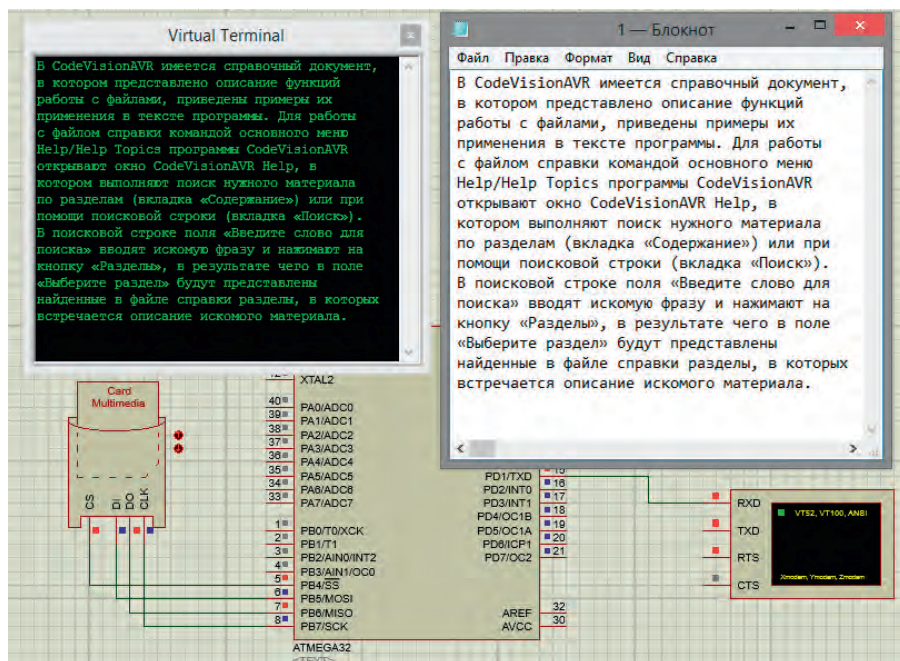


Рис. 11. Вывод на экран терминала всей записанной в файл 1.txt текстовой информации

```
#define f_size(fp) ((fp)->fsize)
```

Ниже представлен фрагмент основной функции программы инициализации, в котором даны указания микроконтроллеру смонтировать карту памяти и открыть для чтения размещенный на ней файл 1.txt. Функция (!feof(&file)) используется для определения достижения конца файла. Если символ завершения файла прочитан, то функция возвращает ненулевое значение, и цикл while завершается. После чего происходит закрытие файла и вывод в цикле for считанной из него информации на экран терминала.

Фрагмент основной функции программы инициализации микроконтроллера:

```
f_mount(0, &fat); // Выделение
рабочей области памяти для логиче-
ского раздела
f_open(&file, "0:/1.txt", FA_OPEN_
EXISTING | FA_READ); // Открываем
файл 1.txt
// только для чтения
while(!feof(&file)) { // Пока не
достигнут конец файла
f_read(&file, Buff, f_size(&file),
&br); // Считываем информацию
// и записываем в переменную Buff
}
f_close(&file); // Закрываем файл
1.txt
delay_ms(50); // Пауза длительно-
стью 50 мс
for (i=0; i<br; i++)
{send_UART(Buff[i]);} // Вывод
считанной информации на экран тер-
минала
```

В результате выполнения программы в Proteus на экран терминала выводит-ся вся записанная в файле 1.txt тексто-вая информация (см. рис. 11).

Полезной при чтении/запи-си файла может быть функция f_lseek(FIL* fp, unsigned long ofs), которая перемещает указатель чтения/записи внутри файла, ранее открытого функци-ей f_open. Параметр fp функции указы-вает на структуру данных файла, которая должна быть предварительно инициа-лизирована вызовом функции f_open. Параметр ofs задает смещение указате-ля чтения/записи файла на число бай-тов с начала файла. В режиме записи эта функция может использоваться для рас-ширения размера файла путём переме-щения указателя чтения/записи файла за конец имеющихся данных. При успеш-ном выполнении значение элемента fptr структуры FIL, на которое указывает fp, должно быть проверено, чтобы убедиться в том, что указатель чтения/записи продвинулся в правильное положение и не произошло переполнение диска. В режиме чтения попытка продвинуть указатель чтения/записи файла за конец имеющихся данных ограничится уста-новкой его в положение конца файла. В этом случае элемент fptr структуры FIL, на который указывает fp, будет содер-жать размер файла в байтах.

Ниже представлен фрагмент основ-ной функции программы инициа-лизации, в котором даны указания микро-контроллеру смонтировать карту памяти и открыть для чтения размещен-ный на ней файл 1.txt, затем с помощью

функции f_lseek(&file, 120) сместить указатель чтения файла на 120 байтов с начала файла и с помощью функции f_read(&file, Buff, f_size(&file), &br) выполнить чтение оставшегося фраг-мента файла. После чего происходит закрытие файла и вывод в цикле for счи-танной из него информации на экран терминала. Для определения достижения конца файла, как и в предыдущем приме-ре, используется функция (!feof(&file)). Фрагмент основной функции програм-мы инициализации микроконтроллера:

```
f_mount(0, &fat); // Выделение
рабочей области памяти для логиче-
ского раздела
f_open(&file, "0:/1.txt", FA_OPEN_
EXISTING | FA_READ); // Открываем
файл 1.txt
// только для чтения
f_lseek(&file, 120); // Смещение
указателя чтения файла на 120 бай-
тов с начала файла
while(!feof(&file)) { // Пока не
достигнут конец файла
f_read(&file, Buff, f_size(&file),
&br); // Считываем информацию
// и записываем в переменную Buff
}
f_close(&file); // Закрываем файл
1.txt
delay_ms(50); // Пауза длительно-
стью 50 мс
for (i=0; i<br; i++)
{send_UART(Buff[i]);} // Вывод
считанной информации на экран тер-
минала
```

В результате выполнения програм-мы в Proteus происходит чтение из файла 1.txt карты памяти текстовых данных, начиная со 120 байта с начала файла, и их вывод на экран терминала (см. рис. 12).

Применение функций библиотек ff.h и glcd.h для чтения данных из внешней памяти и их отображения на экране графического дисплея

Используя микроконтроллер ATmega32, можно организовать одновременный вывод текстовых данных с карты памяти на экран алфавитно-цифрового и графиче-ского дисплеев. Для работы с графиче-ским дисплеем в CodeVisionAVR имеют-ся утилита формирования программного кода изображения – LCD Vision и библи-отека glcd.h, которая содержит функции вывода текстовой и графической инфор-мации на экран дисплея, среди которых:

- glcd_outtext(char *str) – функция вы-вода текстовой строки в текущую

позицию графического экрана. Параметр `str` – это указатель на переменную, в которой хранятся текстовые данные;

- `glcd_outtextxy(GLCDX_t x, GLCDY_t y, char *str)` – функция вывода текстовой строки `str`, начиная с точки экрана с координатами `x, y`;
- `glcd_putchar(char c)` – функция вывода одиночного символа `c` в текущую позицию экрана;
- `glcd_putcharxy(GLCDX_t x, GLCDY_t y, char c)` – функция вывода одиночного символа `c`, начиная с точки экрана с координатами `x, y`;
- `glcd_clear()` – функция очистки экрана и установки курсора в позицию 0, 0;
- `glcd_putimage(GLCDX_t left, GLCDY_t top, unsigned char *pimg, GLCDBLOCKMODE_t mode)` – функция вывода на экран изображения, верхний левый угол которого будет размещён в точке с координатами `left, top`, где `*pimg` – указатель на переменную, в которой хранятся графические данные, `mode` – режим отображения изображения на экране. Значения аргумента `mode`: `GLCD_PUTCOPY` – перезапись отображаемого на экране изображения, `GLCD_PUTTP` – перезапись

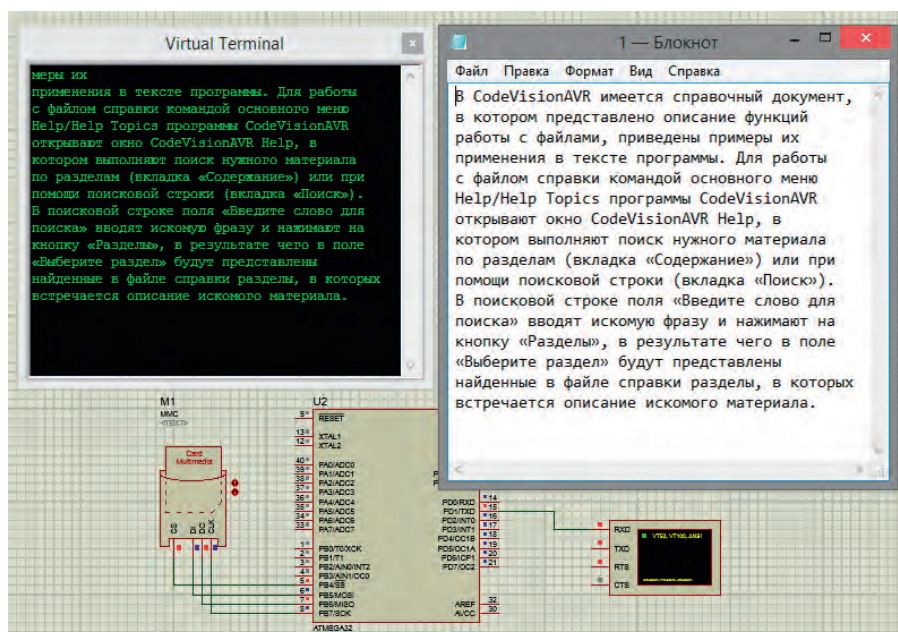


Рис. 12. Результат применения функции `f_lseek(&file, 120)` – чтение из файла 1.txt карты памяти текстовых данных, начиная со 120 байта с начала файла, и их вывод на экран терминала

отображаемого на экране изображения в прозрачном режиме, когда для отображения используется цвет фона, `GLCD_PUTXOR` – исключающее ИЛИ с уже имеющимся на экране изображением, `GLCD_PUTOR` – объединяющее ИЛИ с уже

имеющимся на экране изображением, `GLCD_PUTNOT` – вывод изображения с инверсией, `GLCD_PUTAND` – логическое И с уже имеющимся на экране изображением;

- `glcd_getimage(GLCDX_t left, GLCDY_t top, GLCDX_t width, GLCDY_t height,`

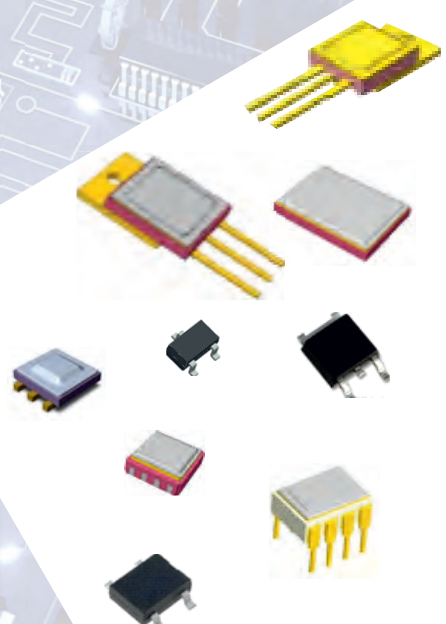


АО «ВЗПП-С»

НОВЫЕ СЕРИЙНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Тел/Факс: (473) 223-69-51
E-mail: market@vzpp-s.ru
www.vzpp-s.ru

1. Быстровосстанавливающиеся диоды и диодные сборки серии 2ДВ102, 103, 104, 105 (13 типонаименований) (200 ÷ 600 В, 1 ÷ 35 А, 25 ÷ 60 нс)
2. Однофазные мосты серии 2МД147, 148, 149 (8 типонаименований) (200 ÷ 600 В, 0,5 ÷ 25 А, 1 ÷ 1,1 В)
3. Диоды Шоттки и диодные сборки (23 типонаименования) (5 ÷ 200 В, 0,001 ÷ 70 (2×35) А, 0,25 ÷ 1,18 В)
4. Двухканальные драйверы серии 1347 (6 типонаименований) (6 ÷ 20 В, 1,5 А/-1,5 А, 70/75 нс)
5. ШИМ-контроллеры серии 5319 (4 типонаименования) (28 В, ± 0,9 А, 500 кГц)
6. МКМ серии 3005 (4 типонаименования):
 - Двухполярный источник тока;
 - Преобразователь напряжения на датчике тока;
 - Преобразователи входных дискретных сигналов;
 - МКМ управления источником питания.



Изделия выпускаются в 20 различных корпусах

Реклама

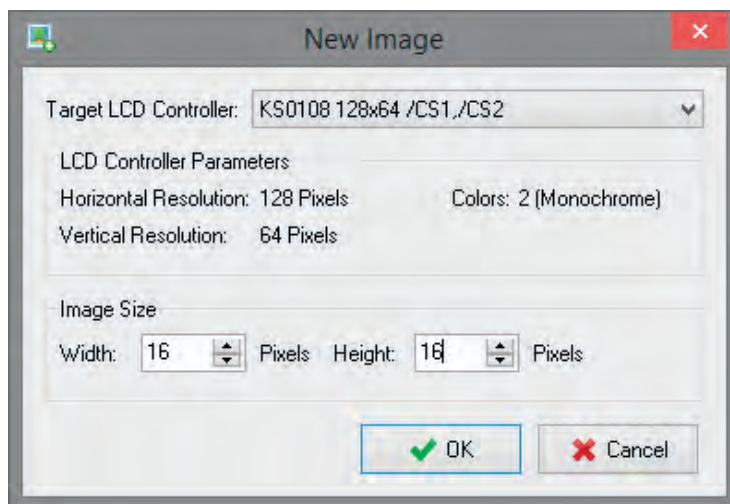
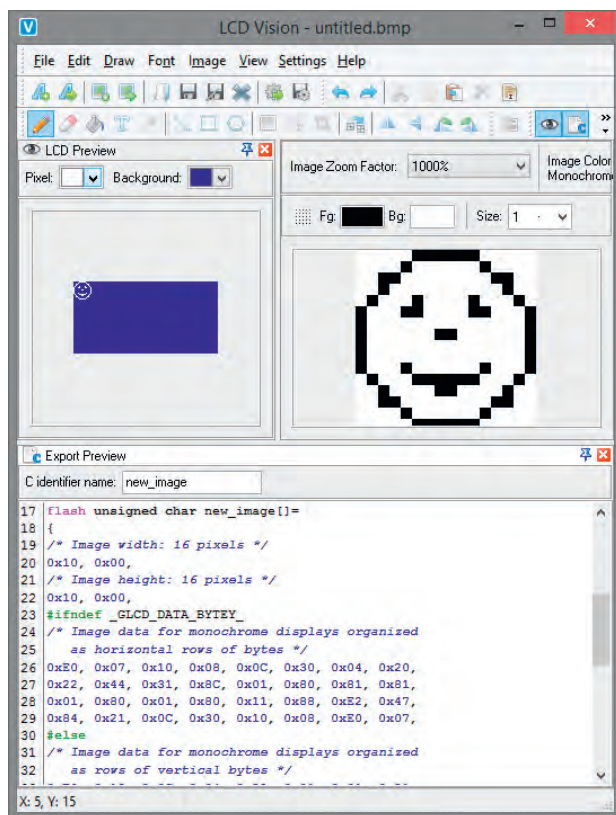


Рис. 14. Окно New Image утилиты LCD Vision

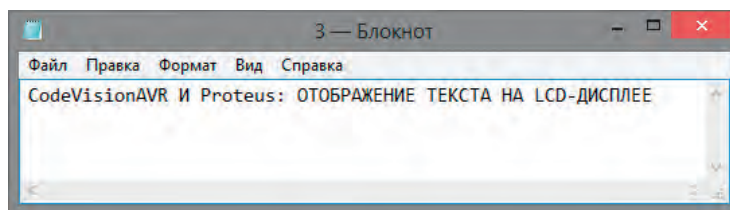


Рис. 15. Текстовая информация, записанная в размещенном на карте памяти файле 3.txt

unsigned char *pimg) – функция копирования с экрана фрагмента изображения шириной width и высотой height, верхний левый угол которого размещён в точке с координатами left, top, где *pimg – указатель на переменную, в которой будут храниться скопированные графические данные;

- glcd_setlinestyle(unsigned char thickness, unsigned char bit_pattern) – функция устанавливает стиль рисования линий на экране графического дисплея, где thickness – толщина линий в пикселях, bit_pattern – стиль линий. Значения аргумента bit_pattern: GLCD_LINE_SOLID – сплошная линия, GLCD_LINE_DOT_SMALL – точечная линия, GLCD_LINE_DOT_LARGE – жирная точечная линия;
- glcd_setlinethick(unsigned char thickness) – функция устанавливает толщину линий thickness в пикселях;
- glcd_line(GLCDX_t x0, GLCDY_t y0, GLCDX_t x1, GLCDY_t y1) – функция отрисовывает на экране линию, где x0, y0 – координаты ее начала, x1, y1 – координаты конца;
- glcd_rectangle(GLCDX_t left, GLCDY_t top, GLCDX_t right, GLCDY_t bottom) – функция отрисовывает на экране прямоугольник, где left, top – координаты его левого верхнего угла, right bottom – координаты правого нижнего угла;

- glcd_rectround(GLCDX_t left, GLCDY_t top, GLCDDX_t width, GLCDDY_t height, GLCDRAD_t radius) – функция отрисовывает на экране прямоугольник, где left, top – координаты его левого верхнего угла, right bottom – координаты правого нижнего угла, radius – радиус скругления углов прямоугольника;
- glcd_circle(GLCDX_t x, GLCDY_t y, GLCDRAD_t radius) – функция отрисовывает окружность, где x, y – координаты её центра, radius – радиус окружности;
- glcd_putpixel(GLCDX_t x, GLCDY_t y, GLCDCOL_t color) – функция закрашивает на экране пиксель цветом color с координатами x, y. Для монохромных дисплеев параметр color может принимать одно из двух значений: 0xffff (черный), 0x0000 (цвет фона экрана);
- glcd_init() – инициализация графического дисплея.

Для построения изображения на экране графического дисплея используется простая система координат. Отсчёт начинается от верхнего левого угла экрана, который имеет координаты 0,0. Значение x увеличивается слева направо, значение y увеличивается сверху вниз.

Для вывода изображения на экран дисплея его необходимо конвертировать в массив данных, для чего удобно применить утилиту LCD Vision (см.

рис. 13), которую используют для создания изображений и экспорта их кода в CodeVisionAVR. Изображения могут быть импортированы в LCD Vision из популярных графических форматов (таких как BMP, JPG, GIF, PNG, ICO, WMF, EMF) для последующей генерации их кода или созданы с нуля, для чего применяют команду основного меню утилиты File/New Image. В результате выполнения команды открывается окно New Image (см. рис. 14), в котором в меню Target LCD Controller из выпадающего списка выбирают целевой контроллер графического дисплея с нужными характеристиками. В нашем примере это: тип контроллера – KS0108, разрешение экрана – 128×64, инверсия входов активации сегментов дисплея – /CS1, /CS2). В поле Image Size указывают размер изображения в пикселях (в нашем примере ширина Width и высота Height изображения 16 пикселей). Затем нажимают на кнопку OK.

Далее в LCD Vision в поле Image Zoom Factor выбирают масштаб окна рабочего поля (в нашем примере установим значение 1000% для максимального приближения рисунка), в котором с помощью инструментов: Set pixel (установить пиксель), Erase pixel (стереть пиксель), Fill area (заполнить область), Draw line (нарисовать линию), Draw



Свобода проектирования



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

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

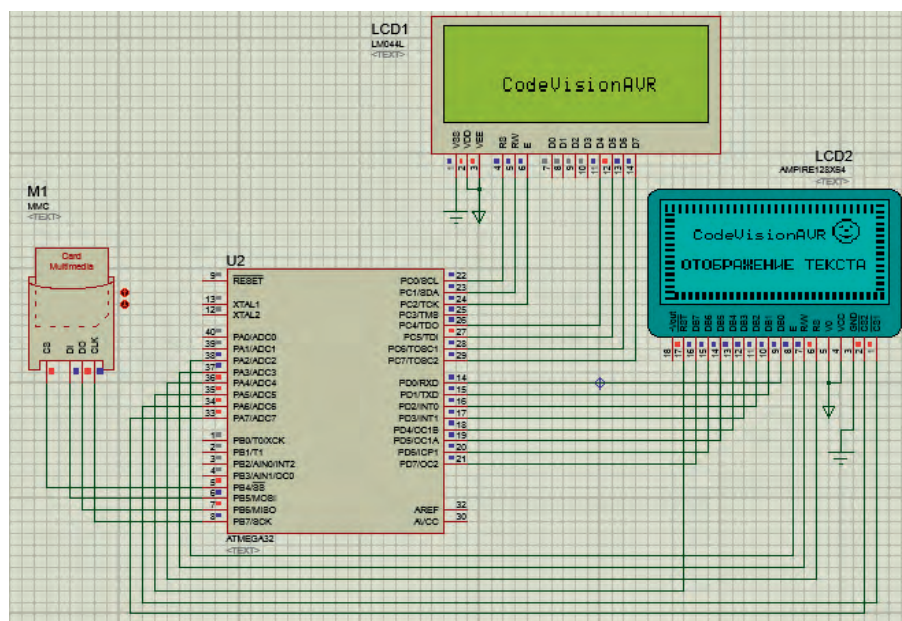


Рис. 16. Вывод с помощью функций библиотек `ff.h` и `glcd.h` текстовой и графической информации на экран алфавитно-цифрового и графического дисплея

`rectangle` (нарисовать прямоугольник), `Draw ellipse or circle` (нарисовать окружность) панели `Draw` создают рисунок. Нажав левую клавишу мыши, отрисовывают изображение, генерируют его код нажатием пиктограммы `Export` панели инструментов `File`. Запуск утилиты `LCD Vision` выполняют из программы `CodeVisionAVR` нажатием пиктограммы `LCD Vision font and image editor/converter` панели инструментов `Tools` (панель открывают командой `View/Toolbars/Tools` основного меню).

Для чтения данных с карты памяти удобно применить функции библиотеки `ff.h`, описание которых было рассмотрено в [1]. В качестве примера сформируем на экране дисплея `AMPIRE128x64` с помощью функций библиотеки `glcd.h` графику, а также выведем текстовую информацию, хранящуюся в файле, размещённом на карте памяти. На экран алфавитно-цифрового дисплея выведем фрагмент данных, считанный из этого же файла. С этой целью создадим с помощью программы `WinImage` образ карты памяти, добавим в образ файл с расширением `.txt`, который содержит блок текстовых данных (см. рис. 15), сохраним образ в папке `FAT16` в каталоге с проектом `Proteus` с расширением `.ima` и введём вручную 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 графического и алфавитно-цифрового дисплея напишем программу инициализации микроконтроллера

на языке `C` с применением стандартных функций `CodeVisionAVR` (см. листинг 2).

Введём 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 симуляцию собранной схемы, результат выполнения которой представлен на рис. 16, и проанализируем её работу.

После запуска моделирования программа микроконтроллера выполняет инициализацию алфавитно-цифрового (функция `lcd_init(20)`) и графического дисплея (функция `glcd_init(&glcd_init_data)`) и определение шрифта вывода текста (`glcd_init_data.font=font5x7`) на экран графического дисплея. После чего выполняется выделение области памяти нужного объёма для работы с картой памяти (функция `f_mount(0, &fat)`), установка стиля рисования линий на графическом дисплее (функция `glcd_setlinestyle(6, GLCD_LINE_DOT_LARGE)`) и отрисовка на его экране прямоугольной рамки (функция `glcd_rectangle(0,0,128,64)`).

Функция `f_open(&file, «0:/3.txt», FA_OPEN_EXISTING | FA_READ)` открывает уже размещённый на карте памяти файл `3.txt` для чтения из него с помощью функции `f_read(&file, Text, 13, &br)` фрагмента данных размером 13 байт. Вывод считанных символов на экран графического дисплея выполняется с помощью функции `glcd_outtextxy(17,17,Text)`, начиная с позиции `x = 17, y = 17`. Функция

`lcd_gotoxy(4,2)` определяет позицию курсора на экране алфавитно-цифрового дисплея, начиная с которой в цикле `for` выполняется посимвольный вывод данных, считанных из файла `3.txt` карты памяти.

Далее выполняется смещение указателя чтения на 25 байт с начала файла (функция `f_lseek(&file, 25)`), чтение 18 символов в переменную `Text` (функция `f_read(&file, Text, 18, &br)`) и вывод считанных символов на экран графического дисплея, начиная с позиции `x = 10, y = 37` (функция `glcd_outtextxy(10,37,Text)`).

После закрытия размещённого на карте памяти текстового файла (функция `f_close(&file)`) и паузы длительностью 50 мс (функция `delay_ms(50)`) с помощью функции `glcd_putimage(98,10,img, GLCD_PUTCOPY)` выполняется вывод изображения, код которого хранится в переменной `img`, на экран графического дисплея, начиная с позиции `x = 98, y = 10` (см. рис. 17а).

Рассмотрим ещё один пример, в котором выполним захват данных с экрана графического дисплея и вывод изображения, код которого записан в текстовом файле, размещённом на карте памяти. С этой целью внесем в представленный листинг изменения, дополнив его следующим фрагментом кода:

```
glcd_getimage(98, 10, 16, 16,
img2); // Запись фрагмента графических данных
// с экрана в переменную img2
f_open(&file2, "0:/9.txt", FA_CREATE_ALWAYS | FA_WRITE ); //
Создание на карте
// памяти файла 9.txt для записи
f_write(&file2, img2,
strlen(img2), &bwr); // Запись в
файл 9.txt данных
// считанных с экрана графического дисплея
f_close(&file2); // Закрываем файл
glcd_clear(); // Очищаем экран
графического дисплея
f_open(&file2, "0:/9.txt", FA_OPEN_EXISTING | FA_READ); // Открываем
на карте памяти
// файл 9.txt только для чтения
f_read(&file2, img3, f_size(&file2), &br2); // Считываем
данные в переменную img3
glcd_putimage(43,30,img3, GLCD_PUTCOPY); // Вывод изображения,
код которого записан
// в переменной img3, на экран
графического дисплея с позиции x =
43, y = 30
```


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>
#include <glcd.h>
#include <font5x7rus.h>

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 Text[58],img[]={
        0x10,0x00, // Размер изображения по горизонтали 16 пикселей
        0x10,0x00, // Размер изображения по вертикали 16 пикселей
#ifdef _GLCD_DATA_BYTE_
        /* Код изображения, организованный в виде горизонтальных строк байтов */
        0xE0, 0x07, 0x10, 0x08, 0x0C, 0x30, 0x04, 0x20, 0x22, 0x44, 0x31, 0x8C, 0x01, 0x80, 0x81, 0x81,
        0x01, 0x80, 0x01, 0x80, 0x11, 0x88, 0xE2, 0x47, 0x84, 0x21, 0x0C, 0x30, 0x10, 0x08, 0xE0, 0x07,
#else
        /* Код изображения, организованный в виде вертикальных строк байтов */
        0xE0, 0x10, 0x0C, 0x04, 0x22, 0x31, 0x01, 0x81, 0x81, 0x01, 0x31, 0x22, 0x04, 0x0C, 0x10, 0xE0,
        0x07, 0x08, 0x30, 0x20, 0x44, 0x88, 0x88, 0x98, 0x98, 0x88, 0x88, 0x44, 0x20, 0x30, 0x08, 0x07,
#endif
    };
    unsigned int br; // Число прочитанных байтов
    int i;
    GLCDINIT_t glcd_init_data; // Переменная для хранения данных контроллера
    // графического дисплея
    // Инициализация портов микроконтроллера
    // 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 D, Port C
    DDRD=DDRC=0xff;
    PORTD=PORTC=0x00;
    // Инициализация таймера
    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x0D;
    TCNT1H=0x00;
    TCNT1L=0x00;
    OCR1AH=0x00;
    OCR1AL=0x4E;
    TIMSK=0x10;
    lcd_init(20); // Инициализация алфавитно-цифрового дисплея
    #asm("sei")
    delay_ms(200); // Пауза длительностью 200 мс
    glcd_init_data.font=font5x7; // Определение шрифта графического дисплея
    glcd_init(&glcd_init_data); // Инициализация графического дисплея
    f_mount(0, &fat); // Выделение рабочей области памяти для логического раздела
    glcd_setlinestyle(6, GLCD_LINE_DOT_LARGE); // Установка стиля рисования линий на
    // графическом дисплее
    glcd_rectangle(0,0,128,64); // Отрисовка прямоугольной рамки
    f_open(&file,"0:/3.txt", FA_OPEN_EXISTING | FA_READ); // Открываем на карте памяти
    // файл 3.txt только для чтения
    f_read(&file, Text, 13, &br); // Читаем с карты памяти в переменную Text
    // 13 символов с начала файла 3.txt
    glcd_outtextxy(17,17,Text); // Вывод на экран графического дисплея считанных символов
    lcd_gotoxy(4,2); // Установка курсора в четвертую позицию
    // второй строки алфавитно-цифрового дисплея
    for (i=0;i<13;i++)
    {lcd_putchar(Text[i]);} // Посимвольный вывод на экран
    // алфавитно-цифрового дисплея считанных из файла 3.txt карты памяти данных
    f_lseek(&file, 25); // Смещение указателя чтения файла на 25 байтов с начала файла
    f_read(&file,Text, 18, &br); // Чтение с карты памяти в переменную Text 18 символов
    glcd_outtextxy(10,37,Text); // Вывод на экран графического дисплея считанных символов
    f_close(&file); // Закрываем файл 3.txt
    delay_ms(50); // Пауза длительностью 50 мс
    glcd_putimage(98,10,img, GLCD_PUTCOPY); // Вывод изображения, код которого указан
    // в переменной img, на экран графического дисплея с позиции x = 98, y = 10
    delay_ms(50);
}

```

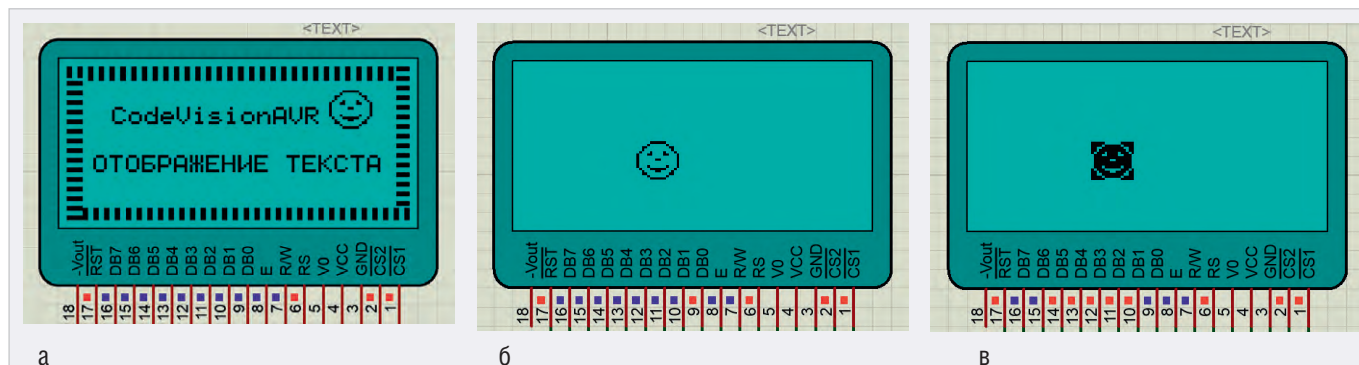


Рис. 17. Вид графического дисплея после вывода считанной из внешней памяти: текстовой информации (а), графической информации в режиме GLCD_PUTCOPY (б), графической информации в режиме GLCD_PUTNOT (в)

В результате выполнения программы с экрана графического дисплея был скопирован фрагмент изображения, размер которого и начальные координаты отображения на дисплее определяют параметры функции `glcd_getimage(98, 10, 16, 16, img2)`, где `img2` – переменная для хранения графической информации. После чего с помощью функции `f_open(&file2, «0:/9.txt», FA_CREATE_ALWAYS | FA_WRITE)` был создан новый файл на карте памяти, в который функцией `f_write(&file2, img2, strlen(img2), &br2)` выполнена запись данных, скопированных с экрана графического дисплея. После очистки экрана дисплея (функция `glcd_clear()`) скопированный фрагмент графики выводится из размещённого на карте памяти файла (`f_open(&file2, «0:/9.txt», FA_OPEN_EXISTING | FA_READ); f_read(&file2, img3, f_size(&file2), &br2)`) на экран графического дисплея, начиная с позиции $x = 43$, $y = 30$ (`glcd_putimage(43,30,img3,GLCD_PUTCOPY)`).

Определение количества байтов для записи в файл 9.txt и чтения из файла в представленном фрагменте кода реали-

зовано с помощью функций `strlen(img2)` и `f_size(&file2)`, для применения которых в начале кода программы добавлены следующие строки:

```
#include <string.h>
#define f_size(fp) ((fp)->fsize)
и объявлены переменные:
FIL file2;
unsigned char img2[], img3[].
```

Результат работы программы представлен на рис. 17б. На рис. 17в показано отображение фрагмента рисунка в режиме `GLCD_PUTNOT` на экране графического дисплея.

Применение функций библиотеки **ff.h** для создания, переименования, удаления директорий и файлов на карте памяти

Библиотека `ff.h` программной среды `CodeVisionAVR` содержит ряд функций для управления файловой структурой внешней памяти, среди которых:

- `f_rename(const char* path_old, const char* path_new)` – функция переименования размещённых на карте памяти файлов или директорий, где `path_old` – указатель на старое имя

объекта, `path_new` – указатель на новое имя объекта. Функция возвращает следующие значения:

- `FR_OK` – успешное выполнение функции;
- `FR_NO_FILE` – не удалось найти файл или директорию;
- `FR_NO_PATH` – путь к файлу не существует;
- `FR_INVALID_NAME` – неверное имя файла или директории;
- `FR_INVALID_DRIVE` – неверный номер устройства;
- `FR_EXIST` – создание файла/директории невозможно, так как файл/директория с таким именем уже существует;
- `FR_DENIED` – файл или директория не могут быть созданы или переименованы по неизвестной причине;
- `FR_NOT_READY` – доступ к карте памяти невозможен из-за отсутствия её подключения или по другой причине;
- `FR_WRITE_PROTECTED` – носитель защищён от записи;
- `FR_DISK_ERR` – ошибка доступа к карте памяти;
- `FR_INT_ERR` – внутренняя ошибка карты памяти или файловой системы FAT;

Акционерное общество
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ



РАСШИРЕНИЕ ШКАЛЫ ТИПОМИНАЛОВ

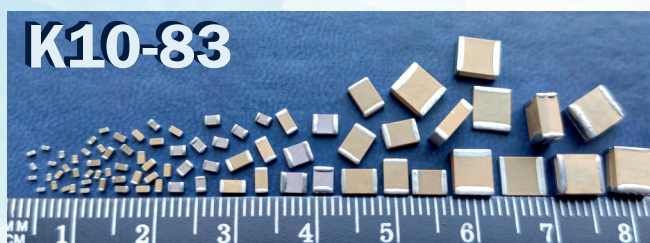
Низковольтные многослойные керамические чип-конденсаторы

- Номинальное напряжение: **6,3 В - 500 В**
- Номинальная емкость: **1пФ - 15 мкФ**
- Габаритные размеры: **от 0402 (1 0,5 мм)**
- Группы TCE: **МПО; H20; H30**
- Диапазон рабочих температур: **- 60 С до +125 С**

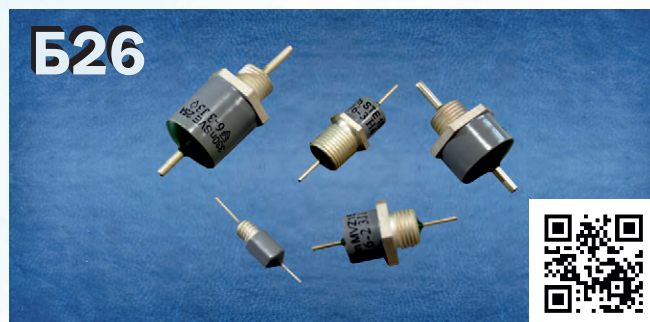
Керамические помехоподавляющие фильтры

- Номинальное напряжение: **32 - 1000 В (теперь для групп TCE: H20; H50 до 750 В)**
- Номинальная емкость: **4,7пФ - 22 мкФ**
- Номинальные токи: **10; 15; 25 А**
- Группы TCE: **МПО; H20; H50; H90**
- Диапазон рабочих температур: **- 60 С до +125 С**
- Габаритные размеры корпуса: **от 7,5 4,0 4,6 мм (включая миниатюрные фильтры С, LC и Pi-типов с диаметром шайбы от 3 мм и резьбой от М3)**

Рекомендуются в качестве отечественных аналогов при решении задач импортозамещения



с освоением в серийном производстве



- FR_NOT_ENABLED – логический диск не был смонтирован с помощью функции `f_mount`;
- FR_NO_FILESYSTEM – на физическом носителе отсутствует корректный раздел FAT;
- `f_mkdir(const char* path)` – функция создания новой директории на карте памяти, где `path` – номер устройства и имя директории для создания. Функция возвращает следующие значения:
 - FR_OK – успешное выполнение функции;
 - FR_NO_PATH – указанный в переменной `path` путь для создания директории не найден;
 - FR_INVALID_NAME – неверное имя директории;
 - FR_INVALID_DRIVE – неверный номер устройства;
 - FR_EXIST – директория с указанным именем уже существует;
 - FR_DENIED – отсутствует свободное место на карте памяти;
 - FR_NOT_READY – доступ к карте памяти невозможен из-за отсутствия её подключения или по другой причине;
- FR_WRITE_PROTECTED – создание директории невозможно, потому что 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_unlink(const char* path)` – функция удаления файлов и директорий на карте памяти, где `path` – номер устройства и имя файла или директории. Функция возвращает следующие значения:
 - FR_OK – успешное выполнение функции;
 - FR_NO_FILE – указанный для удаления файл или директория не существуют;
 - FR_NO_PATH – указанный путь отсутствует;
- FR_INVALID_NAME – неверное имя файла или директории;
- FR_INVALID_DRIVE – неверный номер устройства;
- FR_DENIED – файл или директория не могут быть удалены по одной из следующих причин: для файла/директории установлен атрибут «только для чтения», директория содержит файлы и папки;
- FR_NOT_READY – доступ к карте памяти невозможен из-за отсутствия её подключения или по другой причине;
- FR_WRITE_PROTECTED – удаление директории/файла невозможно, потому что носитель защищён от записи;
- FR_DISK_ERR – функция не может быть выполнена из-за отсутствия 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`;

Тестирование электроники в эпоху миниатюризации



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

JTAG
TECHNOLOGIES



Более 25 лет в самом сердце электроники



Клиенты в более чем 50 странах



По всему миру продано более 10 000 систем



Более 2500 клиентов



Поддержка по всему миру

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



Загрузите нашу брошюру

Реклама

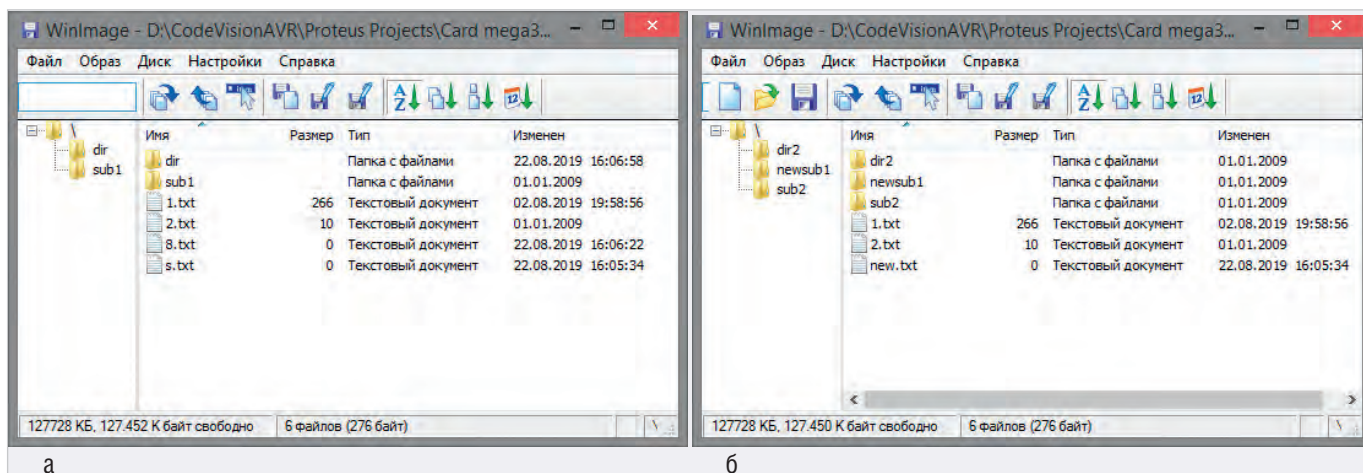


Рис. 18. Образ карты памяти: до (а) и после (б) применения функций создания, переименования и удаления файлов и папок

Листинг 3

```
#include <mega32.h> // Подключение заголовочных файлов
#include <ff.h>

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

    // Инициализация порта PB микроконтроллера
    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);

    // Инициализация таймера
    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x0D;
    TCNT1H=0x00;
    TCNT1L=0x00;
    OCR1AH=0x00;
    OCR1AL=0x4E;
    TIMSK=0x10;
    #asm("sei")

    f_mount(0, &fat); // Выделение рабочей области памяти для логического
    раздела
    f_rename("s.txt", "new.txt"); // Переименование файла
    f_rename("/sub1", "/newsub1"); // Переименование папки
    f_mkdir("0:/sub2"); // Создание новой папки sub2
    f_mkdir("0:/dir2"); // Создание новой папки dir2
    f_unlink("0:/dir"); // Удаление папки dir
    f_unlink("0:/8.txt"); // Удаление файла
}
```

– FR_NO_FILESYSTEM – на физическом носителе отсутствует корректный раздел FAT.

Перед выполнением функций переименования и удаления открытые объекты должны быть закрыты.

Рассмотрим работу с функциями на конкретном примере. Для этого создадим с помощью программы WinImage образ карты памяти, добавим в образ две папки dir и sub1 и текстовые файлы s.txt, 1.txt, 2.txt, 8.txt (см. рис. 18а). Сохраним образ в папке FAT16 в каталоге с проектом Proteus с расширением .ima и введём вручную путь к файлу образа и его имя в поле Card Image File в окне свойств карты памяти. Используя представленные функции, переименуем уже имеющийся на карте памяти файл s.txt и папку sub1, создадим две новые директории sub2 и dir2 и удалим файл 8.txt и папку dir (см. рис. 18б). Текст программы представлен на листинге 3.

Введём 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 симуляцию собранной схемы (см. рис. 19), в результате чего будет выполнено монтирование карты памяти, переименование текстового файла и папки, создание двух новых директорий, удаление директории и файла на карте памяти.

Литература

1. Колесникова Т. Проектирование схем микроэлектронных устройств с использованием внешней памяти в Proteus. Ч. 1 // Современная электроника. 2021. № 6.
2. ISIS Help, Labcenter Electronics, 2014.
3. CodeVisionAVR Help, HP InfoTech, 2014.
4. HD44780U (LCD-II) (Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver). Hitachi, Ltd. 1998.

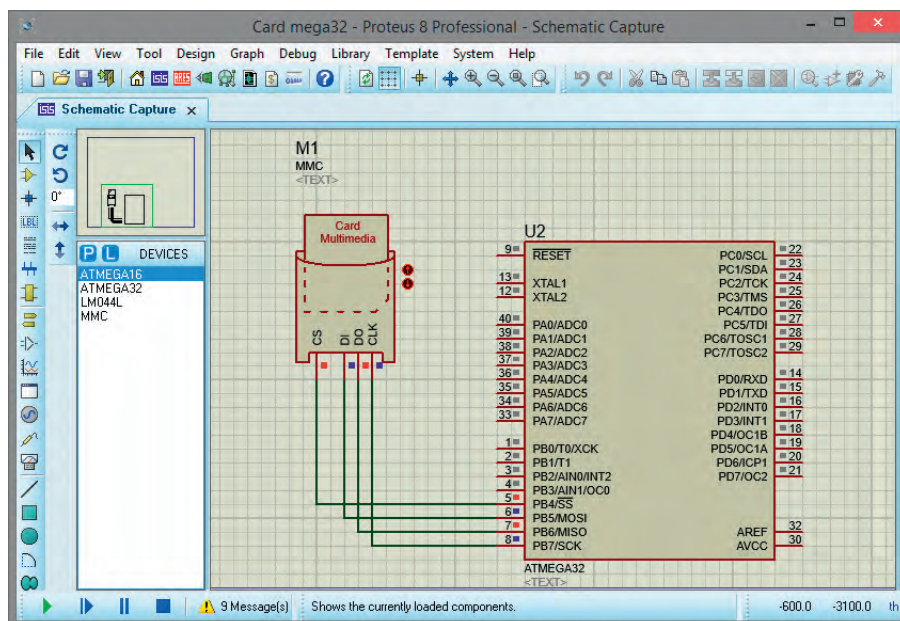


Рис. 19. Симуляция схемы управления файловой структурой карты памяти с помощью микроконтроллера ATmega32 в редакторе ISIS программы Proteus

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

О декорреляции принимаемых сигналов при классификации объектов по межчастотному корреляционному признаку

Владимир Бартнев (bartvg@rambler.ru)

В статье рассмотрена проблема классификации радиолокационных целей по их продольному размеру с использованием межчастотного корреляционного признака. Для повышения быстродействия классификации за один обзор РЛС предлагается предварительно производить декорреляцию принимаемых сигналов на каждой из несущих частот.

Предлагаемый способ повышения быстродействия классификации относится к цифровой обработке радиолокационных сигналов. Задача классификации коррелированных сигналов по дискретным выборкам конечного объёма возникает во многих технических приложениях. Весьма актуальна, например, задача распознавания типов целей [1] или защита РЛС от дискретных коррелированных мешающих отражений [2]. В работе [2] показано, что для классификации отражённых сигналов обнаруженных объектов по их продольному размеру можно использовать характер флуктуаций отражённых сигналов на разных несущих частотах. В частности, в основе этого сигнального признака классификации лежит взаимосвязь значения нормированного межчастотного коэффициента корреляции с линейными размерами объекта. Чем больше размер объекта, тем меньше межчастотный коэффициент корреляции. Также известен способ классификации объектов по их продольному размеру, при котором выборки значений отражённых от объекта сигналов, полученные при двух разнесённых несущих частотах РЛС, перемножаются, их произведение накапливается от обзора к обзору для каж-

дого элемента дальности, и нормированный модуль накопленного произведения сравнивается с порогом. Полученная таким образом оценка максимального правдоподобия модуля межчастотного коэффициента корреляции сравнивается с порогом в каждом элементе дальности, на основании чего принимается решение о наличии объекта с большим продольным размером (порог не превышен) или с малым продольным размером (порог превышен).

Данный способ позволяет осуществлять эффективную классификацию объектов по межчастотному корреляционному признаку, однако требует использования независимых выборок наблюдения, что приводит к использованию выборки принимаемых сигналов от обзора к обзору, приводя к большому временным затратам. Если же использовать выборки наблюдений в одном обзоре, производя формирование оценки модуля межчастотного коэффициента по коррелированным выборкам пачки отражённых сигналов, то, как показано в [3], это приведёт к существенному снижению вероятности правильной классификации объектов.

С целью преодолеть данный недостаток и повысить быстродействие без снижения эффективности классификации объектов по их продольному размеру предлагается способ классификации за один обзор, в котором предварительно до формирования оценки модуля межчастотного коэффициента корреляции производят на каждой несущей частоте декорреляцию выборок наблюдения для уменьшения их межпериодной корреляции. Декорреляцию выборок наблюдения можно выполнить с помощью обеляющего фильтра с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр), использующего в качестве весовых коэффициентов оценки коэффициентов авторегрессии (АР). Известно несколько методов оценки коэффициентов АР. Далее для этого будет использован метод Берга [4].

Рассмотрим известный и предлагаемый способы более подробно.

Для того чтобы сформировать межчастотный коэффициент корреляции, используют наиболее эффективный алгоритм в виде оценки максимального правдоподобия (ОМП) модуля межчастотного коэффициента корреляции, которая выполняется в соответствии с формулой (1) [2], где $\hat{R}$ – оценка модуля межчастотного коэффициента корреляции, N – число накоплений по независимым выборкам (обзорам РЛС).

$Z1_j = x1_j + iy1_j, Z2_j = x2_j + iy2_j$ – комплексные выборки классифицируемых эхосигналов на входе в двух частотных каналах. Квадратурные компоненты классифицируемых флуктуирующих сигналов имеют нормальное распределение, при этом без уменьшения общности подхода, так как данный алгоритм не чувствителен к изменению мощности сигналов мешающих отражений, дисперсия их равнялась 1, и среднее – 0.

Решение о том, что классифицируемый объект – протяжённый, принимается, если выполняется условие (2).

Проиллюстрируем работу известного способа на конкретном примере, прибегнув как к аналитическому расчету, так и к моделированию с помощью системы MATLAB [5].

$$\hat{R}(\Delta F) = |(\sum_{j=1}^N Z1_j \times Z2_j^*) / (\sum_{j=1}^N Z1_j \times Z1_j^*) \times (\sum_{j=1}^N Z1_j \times Z2_j^*)| =$$

$$= \sqrt{(\sum_{j=1}^N x1_j \times x2_j + y1_j \times y2_j)^2 + (\sum_{j=1}^N x2_j \times y1_j - x1_j \times y2_j)^2} /$$

$$\sqrt{(\sum_{j=1}^N x1_j \times x1_j + y1_j \times y1_j) \times (\sum_{j=1}^N x2_j \times x2_j + y2_j \times y2_j)} \quad (1)$$

$$\hat{R}(\Delta F) \leq R_{\text{пор}} \quad (2)$$

$$W(\hat{R}) = 2(N-1)(1-\hat{R}^2)^{N-2} \hat{R}(1-\hat{R}^2)^N \sum_{k=0}^{N-1} \frac{(\hat{R}R)^{2k} \Gamma(N+k)}{(1-\hat{R}^2 R^2)^{N+k} \Gamma(N-k) \Gamma^2(k+1)} \quad (3)$$

$$W(\hat{R}) = 2(\hat{R})(1-\hat{R}^2)^{N-2} (N-1) \quad (4)$$

$$P(R_{\text{пор}}) = 1 - (1-R_{\text{пор}}^2)^{N-1} \quad (5)$$

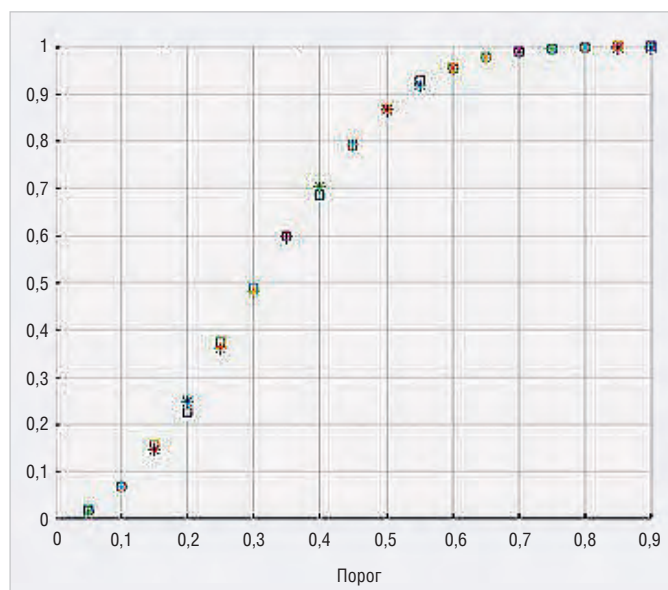


Рис. 1. Зависимость вероятности правильной классификации протяжённых объектов от порога для $N = 8$ в классификаторе с независимыми выборками наблюдений (звёздочки – аналитика, квадраты – моделирование)

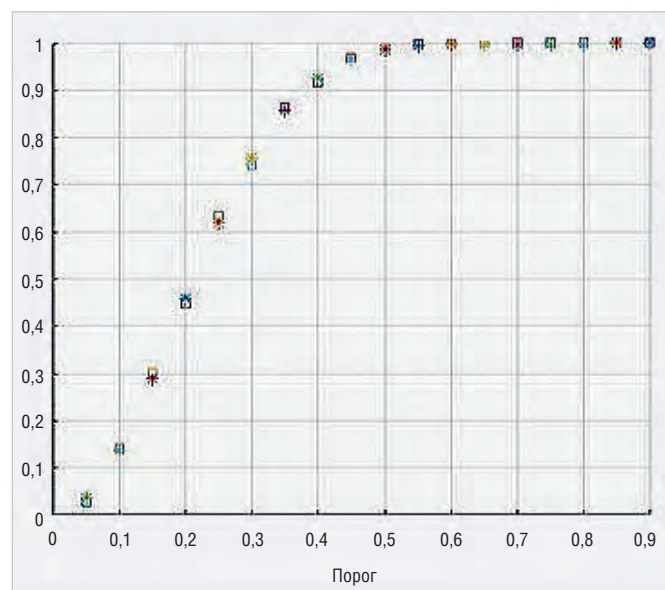


Рис. 2. Зависимость вероятности правильной классификации протяжённых объектов от порога для $N = 16$ в классификаторе с независимыми выборками наблюдений (звёздочки – аналитика, квадраты – моделирование)

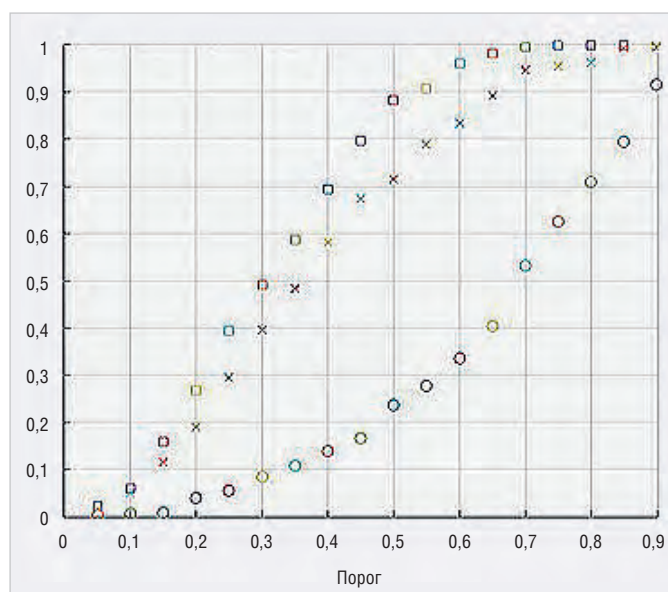


Рис. 3. Зависимость вероятности правильной классификации протяжённых объектов от порога для $N = 8$ в классификаторе для некоррелированных выборок наблюдений (квадратики), для коррелированных выборок наблюдений с межпериодным коэффициентом корреляции 0,9 (кружки) и с использованием декорреляции (крестики)

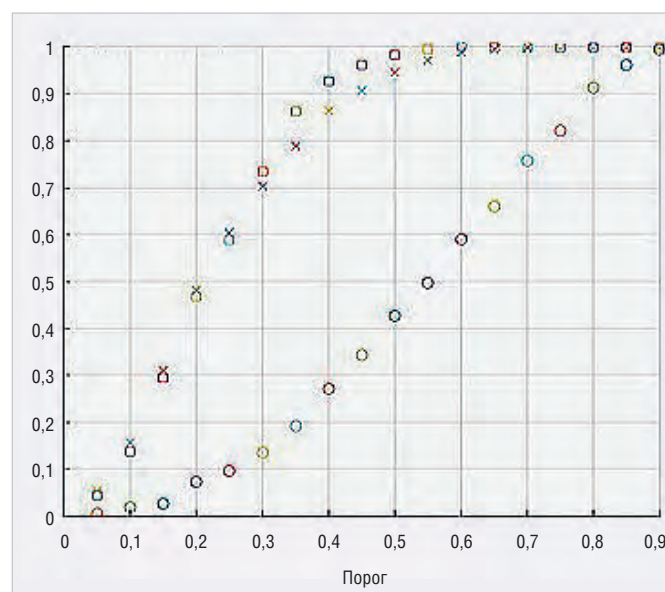


Рис. 4. Зависимость вероятности правильной классификации протяжённых объектов от порога для $N = 16$ в классификаторе для некоррелированных выборок наблюдений (квадратики), для коррелированных выборок наблюдений с межпериодным коэффициентом корреляции 0,9 (кружки) и с использованием декорреляции (крестики)

Осуществим классификацию протяжённого объекта, используя две выборки наблюдений с межчастотным коэффициентом корреляции равным $R = 0$. Корреляционный порог в расчётах будем менять от 0,1 до 0,9. Число независимых накоплений (обзоров) возьмём $N = 8$ и 16.

Для нахождения вероятности правильной классификации протяжённого объекта по неперевышению оценкой порога $R_{\text{пор}}$ нужно воспользоваться

распределением Уишарта. В работе [5] получено распределение оценки максимального правдоподобия (ОМП) для модуля межчастотного коэффициента корреляции из распределения Уишарта, где $\Gamma(\cdot)$ – гамма-функция (3).

Для протяжённых объектов $R = 0$ и распределение (3) можно представить в более простом виде (4).

Используя (4), можно получить формулу для вероятности правильной классификации протяжённых объектов,

как вероятность неперевышения порога (см. (5)).

Для верификации данной формулы было проведено моделирование с помощью системы MATLAB [6] классификатора ОМП с расчётом для разных значений порога $R_{\text{пор}}$ и $N = 8$ и 16 (см. рис. 1 и 2, соответственно).

Результаты моделирования хорошо совпадают с аналитическими расчётами, что позволяет и для дальнейших исследований использовать моделирование.

Графики на рис. 1 и рис. 2 соответствуют независимым выборкам наблюдения, т.е. приёму отражённых сигналов за несколько обзоров РЛС. Однако для повышения скорости принятия решения рассмотрим другой случай, когда для формирования модуля межчастотного коэффициента корреляции обрабатываются сигналы в виде коррелированной пачки импульсов на каждой частоте в одном обзоре.

К сожалению, аналитически рассчитать вероятность правильной классификации протяжённого объекта в этом случае не представляется возможным, и результаты были получены только моделированием в MATLAB. Для этого использовалась модель отражённых сигналов на каждой частоте в виде коррелированной пачки импульсов с нормально распределёнными квадратурными составляющими. Межпериодный коэффициент корреляции задавался 0,9 для числа импульсов в пачке 8 и 16. Результаты моделирования представлены на рис. 3, 4.

Результаты исследования полностью подтверждают, что коррели-

рованность выборок наблюдения заметно снижает эффективность классификации. Так, при 16 коррелированных выборках наблюдений с межпериодным коэффициентом корреляции 0,9 вероятность правильной классификации для порога 0,4 падает с 0,9 до 0,3. Повысить эффективность классификации при работе за один обзор можно в соответствии с предлагаемым способом с помощью декорреляции выборок наблюдения на каждой несущей частоте. Такая декорреляция была выполнена с помощью авторегрессионной КИХ-фильтрации по алгоритму Берга.

Результаты моделирования с декорреляцией для авторегрессии третьего порядка представлены на рис. 3, 4.

Результаты исследования полностью подтверждают, что применение декорреляции выборок наблюдения при работе в одном обзоре заметно повышает эффективность классификации при существенном повышении быстродействия этой операции. Так, уже при 16 коррелированных выборках наблюдения с межпериодным коэффициентом корреляции 0,9 в одном обзо-

ре декорреляция позволяет получить вероятность правильной классификации практически такую же, как при использовании независимых выборок за 16 обзоров.

Литература

1. *Bartenev V.* Radar objects classification using inter frequency correlation coefficient. Report on the International conference RADAR 2016. China, Oct. 2016.
2. *Бартенев В.Г.* Патент «Способ классификации и бланкирования дискретных помех» № 2710894 // Опубликовано: 14.01.2020. Бюл. № 2.
3. *Бартенев В.Г.* О некоторых особенностях формирования межчастотного корреляционного признака // Современная электроника. 2021. № 3.
4. *Бартенев В.Г.* Квазиоптимальные адаптивные алгоритмы обнаружения сигналов // Современная электроника. 2011. № 2.
5. *Бартенев В.Г.* О распределении оценки модуля коэффициента корреляции // Современная электроника. 2020. № 8.
6. *Потемкин В.Г.* Справочник по MATLAB. Анализ и обработка данных // URL: <http://matlab.exponenta.ru/ml/book2/chapter8/>. ©

ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- Яркость 600 кд/м²
- Угол обзора 150°
(конусный)
- Встроенные
контроллеры
управления
- Символы высотой
5 и 9 мм
- Вибрации от 10 до 500 Гц
- Удары до 20g
(по каждой оси)
- Ресурс от 40 000
до 100 000 часов
- Диапазон рабочих
температур -40...+85°C

IEE INDUSTRIAL
ELECTRONIC
ENGINEERS



ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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



Реклама



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 СОМ-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



ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

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

Преимущества:

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

ВИДЫ РАБОТ (ИСПЫТАНИЙ)

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

