

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

9

2021

YouTube



**КОГДА ВЫЛЕТЕЛА ПТИЧКА:
К 50-ЛЕТИЮ ЦВЕТНОГО ЦИФРОВОГО ФОТО**

В НОМЕРЕ:

**Продолжаем
изучать Proteus:**
последовательный интерфейс SPI

Смотрим в оба:
современные ЖК-дисплеи

Дефицит полупроводников:
ковид добрался до АвтоВАЗа

Современность в стиле ретро:
DSP-тюнеры с механической настройкой

Сводное содержание: о чём писала
«Современная электроника» в 2021 году

Новый осциллограф лабораторного класса R&S®RT06

- Полоса пропускания от 600 МГц до 6 ГГц
- Сенсорный ЖК-дисплей диагональю 15,6 дюйма с разрешением Full HD
- Новый интерфейс пользователя с поддержкой технологии Smart Grid
- Передовые характеристики входного ВЧ-тракта

R&S®RT06

Осциллограф, которому доверяешь



Узнайте подробнее:

https://www.rohde-schwarz.com/ru/search/search_63238.html?term=RT0

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real

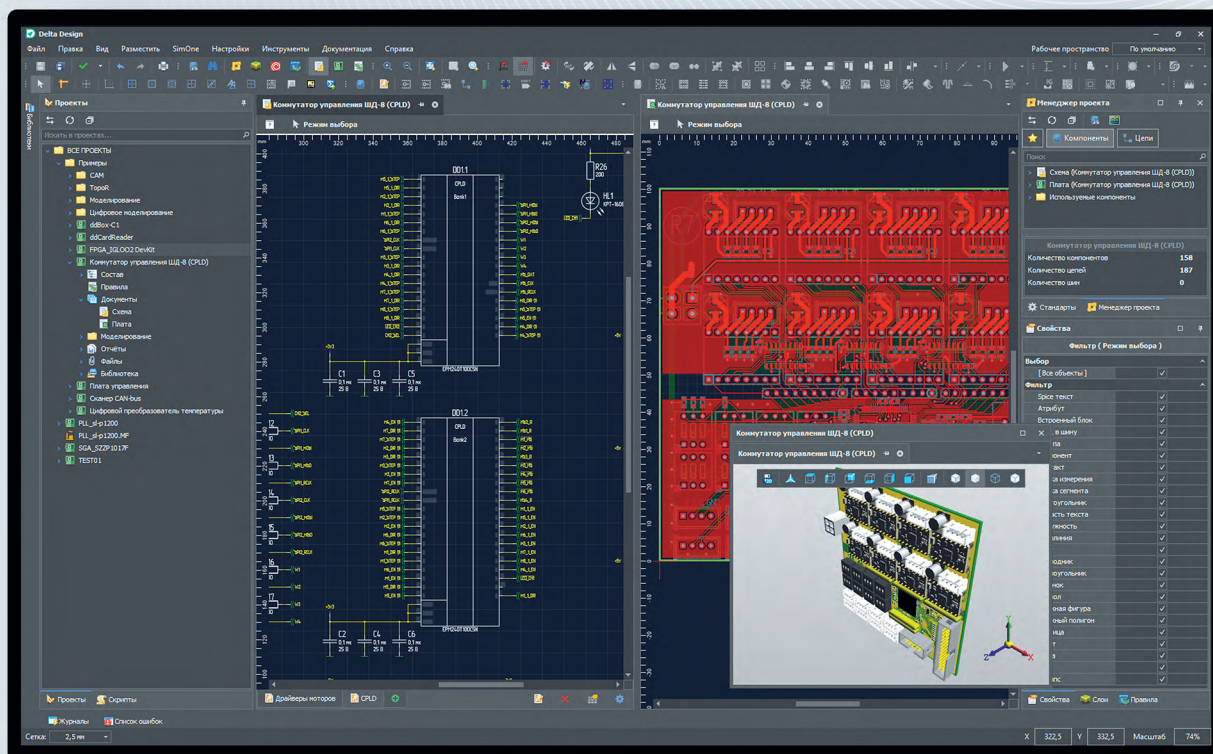




DeltaDesign 3.5

АНОНС - АНОНС - АНОНС - АНОНС - АНОНС - АНОНС

Новая версия российской САПР электроники



Импорт данных из
Mentor PADS и Altium Designer



Поддержка нескольких
вариантов трассировки



Обновленный интерфейс
в новой оболочке



Новая функциональность схемотехнического
редактора и редактора печатных плат

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



Здравствуйте, уважаемые друзья!

На сегодняшний день основными сдерживающими повсеместное распространение электромобилей факторами являются неразвитость инфраструктуры зарядных станций и недостаточная эффективность современных аккумуляторов. Если путь решения первой проблемы относительно ясен, то вторая разрешима лишь в области новых технологий. И вот стартап Quantumscare анонсировал разработку новинки – твердотельных литий-металлических батарей. По сравнению с обычной литий-ионной батареей технология обещает увеличение плотности энергии и сокращение времени зарядки. По оценкам независимых испытательных лабораторий аккумуляторы нового типа выдерживают до 800 циклов зарядки/разрядки практически без потери ёмкости. Новые батареи потенциально на 50...80% увеличат пробег электро-транспорта на одной зарядке и существенно сократят её время. О серьёзности проекта говорит список инвесторов, среди которых «Фольксваген», «Континенталь» и сам Билл Гейтс.

Во всём мире, не исключая и Россию, ведутся разработки по созданию беспилотных транспортных средств. Управление такими транспортными средствами в условиях непредсказуемости большого города возлагается на ИИ. Большие надежды в области развития технологии ИИ, в свою очередь, связаны с аналоговыми (нейроморфными) процессорами. Таким процессорам не требуется эмулировать работу нейронной сети на программном уровне – они аппаратно имитируют структуры, напоминающие живой мозг. Вот, например, ещё одна инициатива – стартап Syntiant. Свой продукт компания назвала «Neural Decision Processor». Разработчики утверждают, что благодаря новой архитектуре их процессоры в 100 раз более производительны и потребляют в 1000 раз меньше энергии, чем сопоставимые системы глубокого обучения на базе GPU. Если прогресс в области нейронных процессоров пойдёт такими темпами и далее, то в недалёком будущем нейросети приблизятся по числу нейронов к человеческому мозгу, и им станет по плечу решение крайне сложных задач.

Мощный ИИ поможет в создании картины дополненной реальности для водителя, обеспечит «общение» транспортных средств между собой и с городскими системами контроля трафика, что разгрузит магистрали, повысит безопасность как пассажиров, так и пешеходов на улицах городов. Но беспилотный транспорт не будет возможен без развитой инфраструктуры сетей связи поколения 5G и выше. Все эти сложнейшие задачи будут решены в своё время, а пока отечественный автопром ведёт неравную битву с дефицитом полупроводниковых компонентов. Чем он вызван и каковы перспективы его преодоления – 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. Бабийчук

Обложка Д. В. Юсим

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

Реклама И. Е. Савина (advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»

Генеральный директор К. В. Седов

Адрес учредителя и издателя:

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

Почтовый адрес: 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 «МЕДИАКОЛОП».

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

**ЧИТАЙТЕ ЭЛЕКТРОННУЮ
ВЕРСИЮ ЖУРНАЛА**

после простой регистрации на сайте
www.soel.ru

**ЧИТАЙТЕ ПЕЧАТНУЮ
ВЕРСИЮ ЖУРНАЛА**

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

СОДЕРЖАНИЕ 9/2021

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

AdvantiX	57
AVD Systems	5
Delta Design	1
INWAVE	4, 37
JTAG	10
Keysight	4-я стр. обл.
Litemax	67
Rohde&Schwarz	2-я стр. обл.
TDK-Lambda	7
Авантех	45
ГИРИКОНД	6
МОРИОН	6
Остек-Электро	4
Симметрон	13
ЭЛЕКОНД	5, 61
ЭРКОН	6

Читайте в «СТА» № 4/2021:

Не обманешь, не пройдёшь:
биометрия становится умнее

COVID ИИ не страшен: как современные
технологии спасают жизни

Хотят ли вещи в Интернет: пандемия
и связь без проводов

РЕГУЛИРУЕМ с гарантией:
высоконадёжная АСУ ТП – это просто

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



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

РЫНОК

4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

8 Периферийное сканирование экономит деньги и время

Семён Клейман

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

12 Современные дисплеи производства компаний Юго-Восточной Азии

Павел Лысенко

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

20 Автоматы управления освещением с ИК-датчиком, работающим на отражение

Александр Одинец

24 Новое поколение DSP-тюнеров с механической настройкой

Владимир Бартенев

30 Перспективы развития высокоскоростных соединений между датчиками и бортовыми дисплеями автомобиля

Кэрри Брауэн, Кевин Кершнер

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

34 Схемотехническое моделирование в Delta Design SimOne

Андрей Смирнов, Алексей Гимейн

38 Работа с последовательным интерфейсом SPI в программной среде Proteus 8.11. Часть 1

Татьяна Колесникова

46 Монтаж компонентов и связанные с ним технологии. Подсистема ГРИФ-4 – Монтаж. Часть 1

Юрий Ёлшин

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

52 Отражательный режекторный фильтр

Андрей Соколов, Вадим Машков

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

58 Человек, который изобрёл цифровую фотографию

Александр Александровский

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

62 Дефицит полупроводниковых компонентов как причина моратория на оснащение автотранспорта оборудованием для системы «ЭРА-ГЛОНАСС»

Виктор Алексеев

ФОРМУЛА УСПЕХА

68 Специалисты в поисках решений нетривиальных задач

Мария Иванова

69 СВОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2021 ГОД

Новости российского рынка

СОБЫТИЯ

КОНФЕРЕНЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СИСТЕМ ПЕРИФЕРИЙНОГО СКАНИРОВАНИЯ И ВНУТРИСХЕМНОГО ТЕСТА: НОВЫЙ УРОВЕНЬ

Компания «Остек-Электро» совместно с российским представительством JTAG Technologies провели объединённую Всероссийскую конференцию пользователей систем периферийного сканирования JTAG Technologies и систем внутрисхемного тестирования SPEA. Событие состоялось 20 и 21 сентября 2021 года в пригороде Санкт-Петербурга Петергофе. Это продолжение уже ставшей традиционной пользовательской конференции JTAG Technologies, в этот раз было принято решение о объединении двух методологий электроконтроля, которые, по сути, дополняют друг друга. Такой формат действительно оказался очень продуктивным, ведь периферийное сканирование и внутрисхемный тест составляют основы структурного производственного тестирования и в комбинации почти всегда позволяют получить максимальное тестовое покрытие.

Конференция собрала порядка 70 участников из разных городов: от Минска до Томска. Буквально каждый доклад вызывал интерес и оживлённые дискуссии. Следует отметить, что большую часть докладов составляли презентации инженеров предприятий, которых было 14: это реальные случаи из практики тестирования электроники. Ещё 6 докладов провели представители JTAG Technologies и «Остек-Электро».



На конференции поднимались вопросы стратегии тестопригодного проектирования на предприятиях, интеграции различных тестовых методик в единых стендах, поддержки стандартов IEEE 1149.1 и IEEE 1149.6 импортной и отечественной компонентной базой, рассказывалось об опыте входного контроля сложных ПЛИС с использованием станций периферийного сканирования. Отдельно следует упомянуть про возможности интегрированного комплекса «Эльбрус-Тест», который предназначен для тестирования плат на базе процессоров Эльбрус, и про опыт интеграции периферийного сканирования в программное обеспечение Robster от компании «Третий Пин».

Ознакомиться с более подробным списком тем докладов и запросить презентации можно в телеграм-канале JTAG Technologies по ссылке ниже.

<https://t.me/jtagtechRU>

На YouTube-канале «Современной электроники» вы можете посмотреть интервью с генеральным директором «Остек-Электро» Евгением Мордковичем



и с генеральным директором компании «Третий Пин» Иваном Ларионовым.



ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

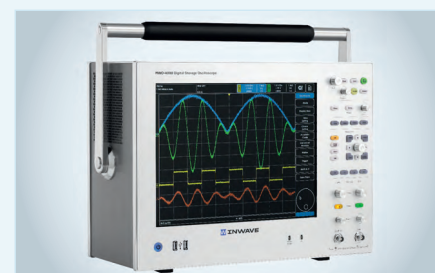
Компания INWAVE выпустила новый цифровой запоминающий осциллограф MWO-4000

Компания INWAVE, ведущий российский разработчик прецизионного контрольно-измерительного оборудования, выпустила новый цифровой запоминающий осциллограф MWO-4000 с функцией анализатора спектра реального времени. Осциллограф был презентован на выставке «ExpoElectronica-2021».

Основные преимущества цифрового осциллографа MWO-4000:

- полоса пропускания 1,5 ГГц;
- частота дискретизации 4 ГГц;
- разрядность 12 бит;

- максимальная глубина записи 2 млрд отсчётов (4 Гбайт);
- 6 классов параметризуемых триггеров;
- 18 типов курсорных и автоматических измерений;
- 22 типа математических функций с возможностью одновременного отображения до 32 графиков функций;
- режим поиска событий;
- опция анализатора спектра от 8 кГц до 8 ГГц, полоса разрешения (RBW) от 0,1 Гц;
- скорость сканирования до 44 ГГц/с;
- опция анализа спектра реального времени с мгновенной полосой обзора 800 МГц;



- 15,1" графический сенсорный мультитач-дисплей для подробного и удобного анализа сигналов;
- режим регулируемого послесвечения;
- опция встроенного частотомера.

www.inwave.ru
+7 (495) 137-53-35

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СЕРТИФИЦИРУЕМАЯ БИБЛИОТЕКА OpenVX для КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Компания Core Avionics and Industrial (CoreAVI), производитель сертифицируемых драйверов и библиотек для графических процессоров, выпустила реализацию программного интерфейса OpenVX для применения в критически важных системах, сертифицируемых по стандартам функциональной безопасности DO-178C (авионика), ISO 26262 (автоэлектроника) и IEC 61508 (промышленный IoT).

Открытый стандарт программного интерфейса для систем компьютерного зрения OpenVX разработан и поддерживается консорциумом Khronos Group, объединяющим более 150 компаний. Компания CoreAVI является членом консорциума и участником рабочей группы по адаптации стандартов Khronos для систем, критически важных для безопасности (SC – safety critical).

Библиотека CoreAVI OpenVX SC представляет собой сертифицируемое подмножество функций последней версии стандарта OpenVX 1.3, разработанных с учётом требований исполнения в реальном масштабе времени и требований сертифицируемости. Библиотека OpenVX SC реализована как надстройка над драйвером Vulkan SC и использует вычислительную часть функций интерфейса Vulkan для выполнения высокопараллелизованных вычислений на многоядерных графических процессорах, для которых CoreAVI поддерживает драйвер Vulkan SC. Для библиотеки OpenVX SC и драйвера Vulkan SC поставляются комплекты сертификаци-



онной документации DO-178C, ISO 26262 и IEC 61508.

Библиотека CoreAVI OpenVX SC содержит следующие функции для реализации алгоритмов компьютерного зрения и логического вывода в нейросети: фильтры (Гаусса, медианные, свёрточные, ...), пирамиды Лапласа, анализ гистограмм, оптический поток, детектор границ Кэнни и многие другие. Функции разработаны полностью с нуля, не содержат программных компонент с открытым исходным кодом и компонент сторонних фирм.

Графический стандарт Vulkan разработан консорциумом Khronos Group как альтернатива широко применяемому стандарту OpenGL. Основной целью разработки нового стандарта является повышение производительности графических приложений за счёт предоставления разработчику приложения прямого доступа к ресурсам графического процессора. Помимо графических функций, Vulkan API содержит вычислительные функции, которые позволяют использовать многоядерные графические процессоры (GPGPU) для

вычислений неграфического характера, таких как обработка изображений и матричные операции. Эти функции Vulkan API исключают необходимость применения дополнительных библиотек, таких как OpenCL или CUDA.

Драйвер CoreAVI Vulkan SC поддерживает графические процессоры AMD Embedded Radeon E9171 и Arm Mali-G78AE, графическое ядро Vivante GC7000 XSVX системы-на-кристалле NXP i.MX8 и графическое ядро Intel Iris Xe процессора 11-го поколения Intel Core i7 (кодовое название Tiger Lake UP3). Драйвер работает в среде операционных систем реального времени VxWorks, PikeOS, QNX, Integrity, Deos и LynxOS и может быть сконфигурирован для других OCPB, а также для «безОСовых» (bare-metal) систем.

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

www.avdsys.ru/gpu

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

НОВЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АО «ЭЛЕКОНД»

АО «Элеконд» предлагает модули ионисторные корпусированные МИК. Данные изделия изготавливаются на основе модульной сборки суперконденсаторов. Они служат надёжными резервными источниками тока при провалах напряжения и отключении основного источника питания. МИК имеют низкое внутреннее сопротивление, не требуют обслуживания, замены, стабильно работают при низких температурах.

Основные характеристики модулей МИК:

- номинальное напряжение 5...30 В;
- номинальная ёмкость 4,16...25 Ф;
- срок службы до 25 лет;
- наработка до 500 000 циклов;
- диапазон рабочих температур:
 - от –50 до +65°C (тип-1);
 - от –60 до +65°C (тип-2).

Применение МИК в качестве мощных импульсных источников тока гарантированно обеспечит требуемый импульс электрической энергии в течение всего срока службы аппаратуры.

www.elecond.ru
+7 (34147) 2-99-89



МИНИАТЮРНЫЙ ТЕРМОСТАТИРОВАННЫЙ КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР С МАЛЫМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ГК390-ТС

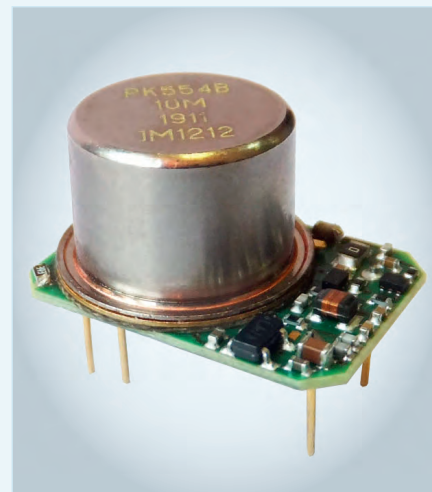
АО «МОРИОН» (Санкт-Петербург), ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства кварцевых приборов стабилизации и селекции частоты, представляет новый малогабаритный термостатированный кварцевый генератор ГК390-ТС с малым энергопотреблением категории качества ОТК. Прибор имеет размеры 21,2×15,5×10,5 мм. ГК390-ТС выпускается в диапазоне частот 10,0...50,0 МГц.

Данный миниатюрный генератор построен на основе резонатора-термостата в хо-

лодно-сварном корпусе, это позволяет получить низкое энергопотребление < 0,25 Вт и быстрый выход на рабочий режим – менее 60 с. Генератор ГК390-ТС обладает достаточно высокой температурной нестабильностью частоты менее $\pm 5 \times 10^{-8}$ и хорошими фазовыми шумами менее -100 дБ/Гц при отстройке на 1 Гц для 10 МГц, а также высокой долговременной нестабильностью частоты до $\pm 1 \times 10^{-8}$ /год. Выходной сигнал КМОП. Напряжение питания 3,3 В или 5 В.

Основной областью применения является переносное оборудование, а также другие устройства, имеющие автономное питание.

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



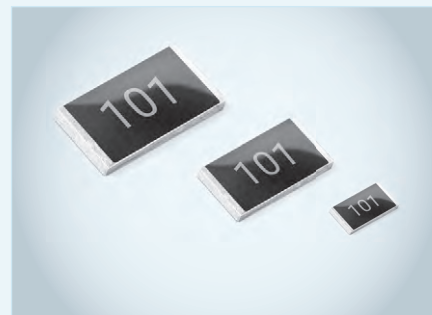
НОВИНКА! ЧИП-РЕЗИСТОРЫ P1-8, P1-8В (включая ПЕРЕМЫЧКИ), P1-8М, P1-8П, P1-8МП КАТЕГОРИИ КАЧЕСТВА «ОСМ»

АО «НПО «ЭРКОН» освоило и приступило к выпуску чип-резисторов P1-8, P1-8В (включая переключки), P1-8М, P1-8П, P1-8МП категории качества «ОСМ» в соответствии с ОЖ0.467.164 ТУ и

РД В 22.02.2018. Чип-резисторы P1-8 и P1-8МП категории качества «ОСМ», поставляемые в настоящее время в соответствии с ПО.070.052, взаимозаменяемы с выпускаемыми по РД В 22.02.2018.

Более подробная информация о новинках и серийно выпускаемой продукции представлена на сайте компании.

www.erkon-nn.ru



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

РАЗРАБОТКА · ПРОИЗВОДСТВО · ПОСТАВКА

ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНЫЕ МЕТАЛИЗИРОВАННЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

K73-76

КОНДЕНСАТОРЫ ПРЕДНАЗНАЧЕНЫ ДЛЯ РАБОТЫ В ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО, ПЕРЕМЕННОГО, ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ТОКОВ И В ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМАХ В ДИАПАЗОНЕ ДО 0,1 МГц.

- ⚡ Номинальное напряжение.....250, 400, 630 В
- ⚡ Номинальная емкость.....от 0,1 до 100 мкФ
- ⚡ Интервал температур.....от -60 до +125°C
- ⚡ Максимальный удельный заряд.....405 мкКл/см³
- ⚡ Материал диэлектрикаПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНАЯ ПЛЕНКА
- ⚡ Электроды.....МЕТАЛИЗИРОВАННЫЕ СТРУКТУРИРОВАННЫЕ (СЕКМЕНТИРОВАННЫЕ), НАНЕСЕННЫЕ НА ПОВЕРХНОСТЬ ДИЭЛЕКТРИКА

ПРИМЕНЕНИЕ СЕКМЕНТИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ПОЗВОЛИЛО В 3-4 РАЗА УЛУЧШИТЬ УДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО СРАВНЕНИЮ С КОНДЕНСАТОРАМИ ПРЕДЫДУЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ K73-11.



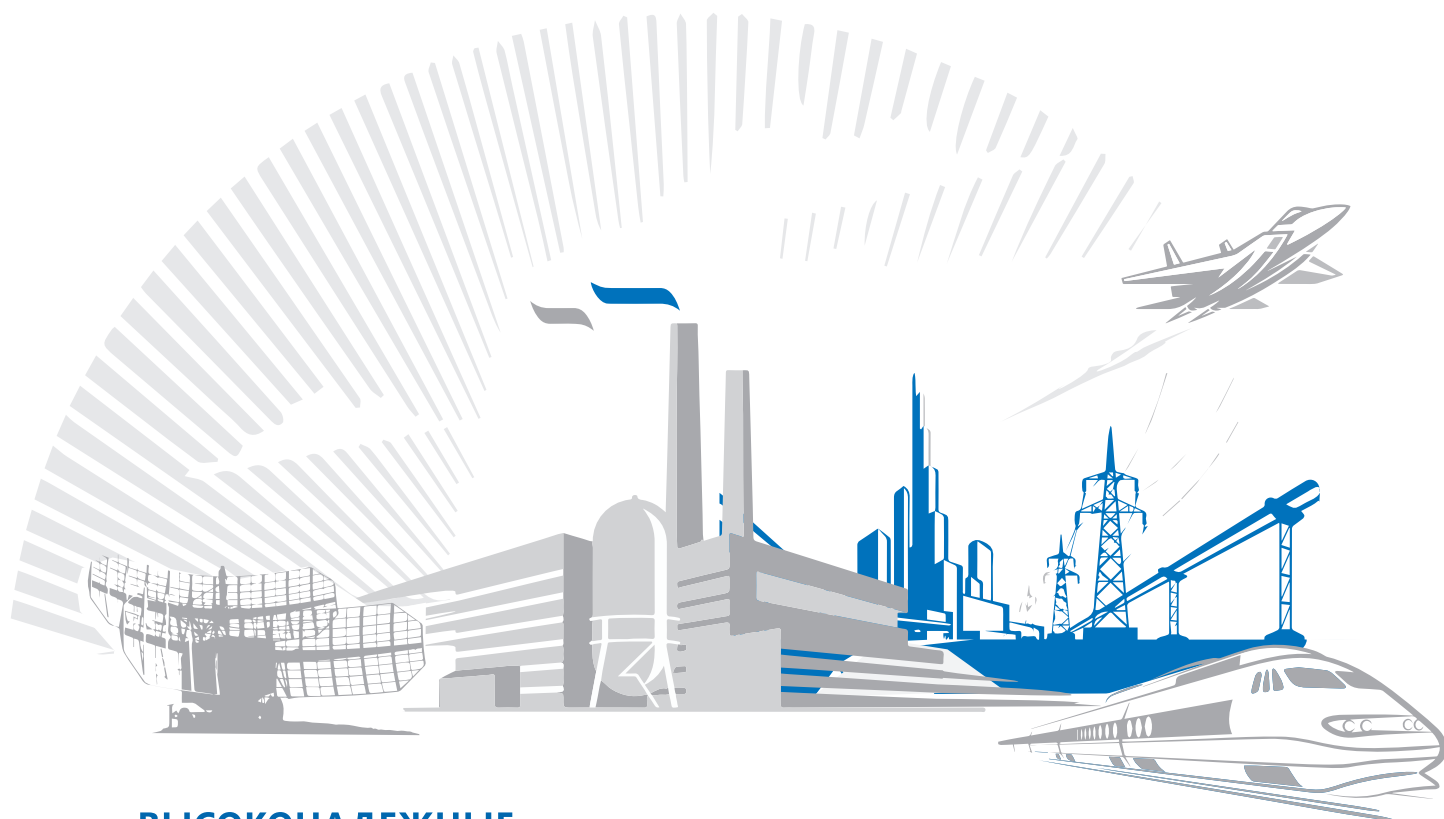
Реклама

АО «НИИ «ГИРИКОНД»
РОССИЯ, 194223, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ,
УЛ. КУРЧАТОВА, д.10, М. «ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ»
(812) 247-14-92, (812) 552-96-81



5526057@GIRIKOND.RU
WWW.GIRIKOND.RU





ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



Серия HWS, HWS-A

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



Серия PFE, PFH

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



Серия CN-A

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



Серия HQA/GQA

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



Периферийное сканирование экономит деньги и время

О применении технологии периферийного сканирования для тестирования сложнейшего отечественного телекоммуникационного оборудования мы побеседовали с инженером по тестированию компании «Т8» Семёном Клейманом.



Расскажите немного о компании «Т8», что за продукцию вы выпускаете? Кто основные потребители продукции?

Компания «Т8» – производитель телекоммуникационного оборудования плотного спектрального уплотнения (DWDM – Dense Wavelength Division Multiplexing) и инновационных решений для оптических сетей связи. Мы являемся разработчиками и производи-

телями в одном лице линейки DWDM-оборудования для оптоволоконных сетей. Платформа «Волга» нашего производства позволяет организовать на одной длине волны каналы связи от 155 Мб/с до 600 Гбит/с. Абсолютно всё оборудование разрабатывается и выпускается в России, поэтому уже на протяжении многих лет нашей продукции присваивается статус телекоммуникационного оборудования российского происхождения (ТОРП). Основными нашими заказчиками являются операторы связи, ИТ-компании, ЦОД, системные интеграторы, государственные структуры и промышленные предприятия.

С 2016 года наша компания участвует в программе Минэкономразвития России «Национальные чемпионы». Для нас это большой шаг в развитии, потому что российские компании, участвующие в этом проекте, предлагают инновационные решения в области микроэлектроники и телекоммуникационного оборудования. Всё это направлено на развитие рынка радиоэлектронной продукции, про-

граммного обеспечения и услуг связи в России.

Насколько серьёзные требования предъявляются к качеству вашей продукции?

Наше оборудование часто используется в труднодоступных районах, к которым можно добраться только по воде или воздуху и всего несколько месяцев в году. Поэтому к изделиям предъявляются самые серьёзные требования. Высокое качество и работоспособность мы ставим во главу угла, плюс гарантированный срок работы оборудования составляет 10 лет.

Каков состав типичного изделия? Каков уровень микросхем процессоров/ПЛИС, используемых в платах?

Наше типовое изделие имеет на борту микроконтроллер на архитектуре ARM, ПЛИС линейки Intel (Altera) Arria 10. Сейчас также у нас выпускается плата с двумя ПЛИС линейки Xilinx UltraScale.

Когда в вашей компании начали применять для тестирования собранных плат системы периферийного сканирования?

В 2021 году мы запустили рабочее место для серийного тестирования собранных плат. До этого мы некоторое время разрабатывали и отлаживали тесты, а также изучали возможности JTAG Provision. Основным драйвером для внедрения стали работы по уменьшению трудоёмкости операций при сборке и наладке оборудования, а также увеличение скорости производства.

Есть ли среди используемых компонентов такие, которые поддерживают стандарт тестирования высокоскоростных цепей IEEE 1149.6? Ведь на таком оборудовании, которое у вас производится, должно быть много LVDS-линий.

Да, мы применяем в наших изделиях компоненты с поддержкой IEEE 1149.6. Это, например, ПЛИС Intel Arria 10. С помощью этого стандарта мы активно тестируем скоростные линии. Нужно отметить, что так называемый «dot6» (обиходное название стандарта IEEE 1149.6) может отдельно тестировать



Рис. 1. Тестирование платы Protva с использованием оптических «заглушек» (loopback)

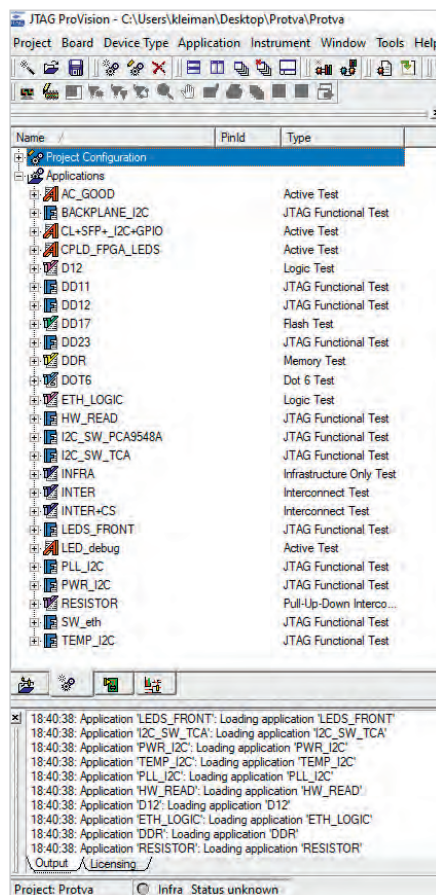


Рис. 2. Фрагмент проекта тестирования изделия в программе JTAG ProVision со всем разнообразием созданных тестов периферийного сканирования

линии дифференциальных пар, а также проверять межсоединения, проходящие через конденсаторы, диагностируя при этом дефекты монтажа. Многие такие цепи в итоге на наших платах выходят на оптические разъёмы. Для создания «заворота» на разъёме мы используем электрический «loopback» в конструктиве оптических сменных модулей (см. рис. 1).

Периферийное сканирование неразрывно связано с тестопригодной разработкой (Design for Testability – DFT). Расскажите, пришлось ли вам изменять схему или топологию плат для соответствия правилам DFT? Какие проблемы мешали внедрению и были ли они?

На ряде плат мы стали выводить JTAG от всех микросхем, поддерживающих тестирование. Также мы разработали внутренние правила по разработке устройства с поддержкой JTAG тестирования. Эти правила помогают получить максимальное тестовое покрытие.

Расскажите, каков типичный спектр тестов и, возможно, операций программирования, которые выполняет станция JTAG-тестирования для ваших плат? Обязательно

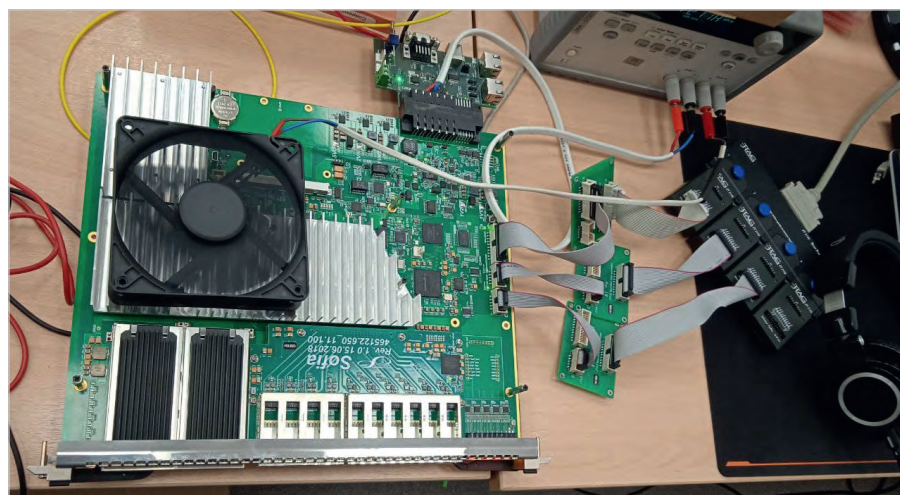


Рис. 3. Тестирование платы Sofia с одновременным подключением к трём JTAG-портам

ли периферийное сканирование для каждого выпускаемого устройства?

Кроме стандартных тестов проверки ID-кода компонентов и тестов межсоединений мы проверяем периферию компонентов с поддержкой JTAG, считывая идентификаторы каждого из компонентов, до которых мы можем дотянуться с помощью периферийного сканирования. У компонентов, в которых отсутствует регистр с ID-кодом, мы считываем другие параметры (регистры состояний или другие специфичные для того или иного компонента). Например, если мы говорим о микросхеме датчика температуры, то мы считываем регистры, отвечающие за температуру, и проверяем параметр на валидность. Спектр тестов можно посмотреть, открыв проект для одной из плат в JTAG ProVision (см. рис. 2).

Можете вспомнить какие-то интересные дефекты, которые были обнаружены станцией периферийного сканирования?

Одним из самых занятных был дефект микросхемы, отключающей питание в случае перегрева ПЛИС. Микросхема имеет корпус SOIC-8, и система АОИ «не нашла» проблем с ней, но с неё при этом не удавалось считывать температуру. Выяснилось, что это брак.

Приходилось ли создавать какую-то оснастку для возможности применения JTAG?

Да, в платы закладывается возможность проведения JTAG-тестов, а для подключения используется разработанный нами специализированный адаптер. Адаптер можно увидеть на фото на рис. 1 и 3.

Можете в целом рассказать, какие проблемы в работе организации удалось решить с внедрением технологии периферийного сканирования? Есть ли какие-то общие показатели работы, которые улучшились?

Мы сократили время на поиск проблем в плате. Также минимизировали рабочее время на ненужную сборку и разборку производимого изделия (снятие радиаторов, снятие крышки с платы). На 10% повысили скорость выпуска партии. Таким образом, сократилось время, которое раньше тратили на возвраты продукции с выходного контроля на линию входного контроля.

Какие ещё тестовые методы вы используете у себя, помимо периферийного сканирования? Планируется ли внедрение других типов тестеров или расширение применения JTAG-систем?

У нас много идей. В ближайшее время планируем расширять JTAG-тесты для многих изделий и внедрять ICT (внутрисхемный тест) для простых плат.

Литература

- Официальный сайт JTAG Technologies. [Электронный ресурс] // URL: www.jtag.com/ru.
- Официальный сайт компании «Т8». [Электронный ресурс] // URL: www.t8.ru.



Смотрите о производстве сетевого оборудования Т8 для Ростелекома



НОВОСТИ МИРА

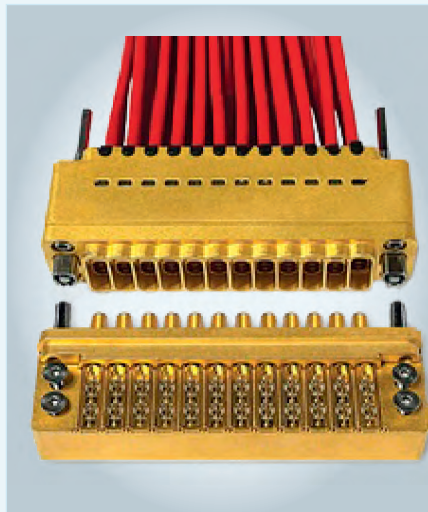
SMITHS INTERCONNECT ВЫПУСТИЛА НОВЫЙ СОЕДИНИТЕЛЬ СВЕРХВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ NXS для ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОСМОСЕ

Производители спутников зачастую используют большие одиночные печатные платы с очень дорогостоящими компонентами, замена или выход из строя которых сильно влияет на стоимость всей системы. Появление серии соединителей NXS от Smiths Interconnect позволило ведущим производителям спутниковой связи реализовать модульную процессорную архитектуру.

Новый соединитель NXS отвечает самым современным требованиям для использования на борту космических аппаратов. Серия NXS отвечает космическими стандартами и соответствует строгим критериям тестирования и производительности: ESCC 3401, ESCC 3402, ECSS-Q-ST-70C, ECSS-Q-ST-70-02, ECSS-Q-ST-70-08C, ECSS-Q-ST-70-38C и ECSS-Q-70-71.

Более ранняя разработка – соединитель cPCI Smiths Interconnect – единственный в мире соединитель cPCI, обладающий спецификацией NASA и отлично зарекомендо-

вавший себя в составе системы управления марсоходом Curiosity в ходе посадки на красную планету.



NXS представляет собой соединитель модульной конструкции, использующий контактную технологию micro Hypertac® Hyperboloid. Соединитель обеспечивает скорость передачи данных до 10 Гбит/с на канал в условиях экстремальных вибрационных нагрузок, высоких перегрузок до 2100 G

и других климатических испытаний. В свою очередь, устойчивость конструкции разъёма к ударам и вибрации обеспечивает сохранение электрического контакта под их воздействием и гарантирует информационный обмен на проектной скорости в критических условиях.

NXS имеет прочную конструкцию с 4 или 12 высокоскоростными модулями quadrax (dual-twinax). Каждый модуль quadrax содержит 2 twinax контакта с сопротивлением 100 Ом на каждой паре. Кроме того, конструкция крепления соединителя на печатной плате без пайки снижает риски заказчика и стоимость использования, т.к. соединитель можно удалить, либо заменить с минимальным риском для печатной платы. Разъём устанавливается на плату после монтажа других компонентов и не оказывает на них влияния. Подсоединять ответные части разъёма можно вслепую, благодаря направляющим штифтам и минимальному усилию сочленения, обусловленному конструкцией гнездового контакта.

Запросить дополнительную информацию и уточнить условия заказа можно в компании ПРОЧИП по E-mail: info@prochip.ru

Тестирование электроники в эпоху миниатюризации



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

JTAG
TECHNOLOGIES



Реклама



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



ЧИТАЙТЕ, КАК ВАМ УДОБНО



ПЕЧАТНАЯ И ЦИФРОВАЯ ВЕРСИИ ЖУРНАЛА

ЖУРНАЛ С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКОЙ

**СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА**

ПОДПИСКА
НА ЖУРНАЛ

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

Современные дисплеи производства компаний Юго-Восточной Азии

Павел Лысенко (pablo1849@ya.ru)

С развитием технологий непрерывно и планомерно совершенствуется механизм обмена информацией в интерфейсах «человек-машина». Пройден длительный путь эволюции от простых стрелочных приборов и индикаторных лампочек, в большом количестве покрывавших управляющие панели сложных приборов, до современных графических экранов высокого разрешения, способных представлять разнородную информацию в интуитивно понятном виде – этому способствовали и технический прогресс, и развитие знаний о психологии восприятия информации, и выросшие потребности вывода информации о разных характеристиках устройства. Полноцветные экраны высокого разрешения – атрибут практически любого электронного устройства XXI века, будь это фитнес-браслет, смартфон или умный пылесос, анализирующий состав собираемой пыли. Реклама на улице, электронные ценники в магазинах, информационные табло в транспорте, индикация любой информации на чём угодно – это новые идеи и решения, появившиеся в нашей жизни в последнее время, о них сложно было подумать в середине и даже конце XX века. По разным политико-экономическим причинам основное количество предприятий, производящих экраны для разных устройств, расположено в Юго-Восточной Азии.

Производитель Tianma

Компания Tianma Microelectronics была основана в Китае в Шенжене в 1983 году. В 2015 г. закончился процесс объединения корпорации Tianma Microelectronics Co и компании NLT Technologies (ранее NEC, знаменитый производитель TFT-матриц с высочайшими характеристиками, открытая в Токио в 1989 г.). В настоящее время Tianma – один из крупнейших производителей TFT жидкокристаллических дисплеев, является частью китайской государственной корпорации AVIC. У компании семь заводов на территории

Китая, Южной Кореи и в Японии. Продукция Tianma используется в мобильной телефонии, навигационных системах, медицинском оборудовании, автомобильных приборных панелях, аудиоаппаратуре, цифровой фотографии, другой бытовой технике и в промышленных системах. Потребителями этой продукции являются: AT&T, Alcatel, BBK, Bosch, Casio, Citroen, Denon, Funai, General Electric, Grundig, LG, Magellan, Motorola, NEC, Pioneer, Polaroid, Ricoh, Samsung, Siemens, Thomson. История компании начиналась с простых пассивных ЖК-экранов.

Затем компания Tianma Display Technology начала реализацию проекта строительства производственной линии G6 по изготовлению гибких AMOLED-дисплеев. Новый завод, занимающий территорию около одного квадратного километра, имеет почти 1,26 млн кв. м рабочей площади. Половина этой площади будет занята «чистыми» помещениями. Сейчас это самый крупный проект подобного рода в Китае (см. рис. 1).

Основные линейки дисплеев компании

На смену сериям TM и NL в 2022 году придут серии P и A.

В связи с закрытием в 2022 году завода Mitsubishi, по договорённости между компаниями, Tianma выпускает новую серию P, заменяющую собой всю линейку дисплеев компании-партнёра.

Серия P включает дисплеи с диагональю до 30", некоторые модели имеют сенсорный экран, узкие рамки, широкую цветовую гамму и точную цветопередачу, что важно для корректного отображения оттенков тканей для исключения врачебных ошибок, повышенный срок службы светодиодов подсветки до 100 000 ч, увеличенную яркость подсветки, расширенный диапазон рабочих температур, виброустойчивое исполнение.

Эта серия ориентирована в основном на применение в медицинском и промышленном оборудовании. Дисплеи для медицинского оборудования имеют размер диагонали от 2,3" до 30". Разрешение экранов начинается от 2560×2048 и достигает 3840×2160 у модели с наибольшим размером рабочей области, изготовлены по технологии SFT и имеют яркость от 800 до 2500 кд/м².

Экраны серии P (см. рис. 2) для промышленного использования имеют размеры от 3,5" до 18,5", могут быть изготовлены по технологии TN (для меньших размеров экрана) или SFT (для более крупных и дорогих моделей), иметь разрешение от 320×240 до 1920×1080 пикселей и яркость до 1500 кд/м². Продуктовая линейка серии P показана в диаграммах, приведённых



Рис. 1. Новый завод Tianma Microelectronics

TFT-панели любых размеров для любых применений

Группа компаний «Симметрон» —
официальный дистрибьютор
продукции AUO, BOE, Tianma



Индустриальные
Медицинские
Массовый сегмент
Реклама на транспорте
Реклама в магазинах
Уличные

- яркие (более 1000 нит)
- с PCAP-сенсором
- MicroLED



Symmetron

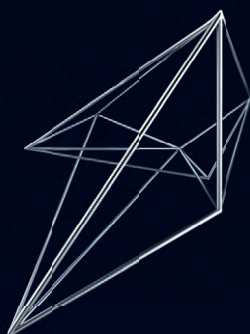


Индустриальные
Автомобильные
Массовый сегмент
Уличные

- широкий температурный диапазон -40...+90 °C
- яркие (более 1000 нит)
- с PCAP-сенсором
- долгий срок службы (более 10 лет)
- вибростойкие (более 6 G)

Автомобильные
Медицинские
Очки дополненной реальности
Массовый сегмент
Реклама в магазинах
Уличные

- широкий температурный диапазон -40...+90 °C
- яркие (более 1000 нит)
- вибростойкие (более 6 G)
- MicroLED, ePaper, AMOLED



Symmetron

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

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

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

МИНСК
ул. В. Хоружей, д. 1а, оф. 403
Тел.: +375 17 336-06-06
minsk@symmetron.ru

www.symmetron.ru



Рис. 2. Экраны серии Р для промышленного использования

ниже. Модели в исполнении для особо жёстких условий эксплуатации могут работать при температуре окружающей среды от -30 до $+80^{\circ}\text{C}$.

Серия А предназначена для применения в массовых устройствах – промышленная мобильная связь, терминалы оплаты, элементы «умного дома», МФУ, проекторы, портативные игровые устройства, цифровые камеры.

Модели дисплеев этой серии имеют небольшие размеры – от 2,4" до 10,1", могут иметь прямоугольную, круглую, вытянутую форму. Могут иметь высокую плотность пикселей, узкие рамки, изготавливаться в отражающем, полупрозрачном (сочетает возможность

использования при солнечном свете и высокую контрастность при работе с подсветкой) и исполнении с задней подсветкой, иметь сенсорную панель. Дополнительно экраны могут иметь оптическое приклеивание экрана к стеклу, рамку и экран глубоко чёрного цвета, покрытие, на котором не остаются отпечатки пальцев, антибактериальное покрытие с ионами серебра, различные варианты исполнения корпусов. Разрешение экранов представлено вариантами от 320×240 до 1920×1200 . На рис. 3 (а–ж) представлены варианты исполнения дисплеев.

В 2020 и 2021 гг. на выставке SID компания Tianma представила гибкие экраны, экраны на квантовых точках, OLED-дисплеи, полупрозрачные дисплеи, а также стереоскопический дисплей собственной разработки. Экран с режимом сужения угла обзора позволяет повысить приватность, когда это необходимо. Tianma производит даже такие интересные модели, как показанный на рис. 4 сенсорный дисплей круглой формы с вибрационной обратной связью или автомобильный бортовой дисплей нестандартной формы (см. рис. 5).

Кастомизированные модели

По специальному заказу специалисты компании Tianma могут разработать дисплеи с нестандартными характеристиками:

- произвольной формы (например, круглой, дугообразной, полигональной) для специфических применений;
- с любым разрешением экрана, особыми требованиями к подсветке (высокий индекс цветопередачи, повышенный срок службы светодиодов);
- с интерфейсом, специфицированным заказчиком (протокол связи и тип соединителей);
- с возможностью считывания информации при высокой яркости окружающей обстановки;
- с особой механической конструкцией (обрамление, дополнительные кнопки, варианты элементов крепления);
- с сенсором для тактильного ввода.

Производитель AUO

AUO – всемирно известный тайваньский производитель ЖК-матриц. Ком-

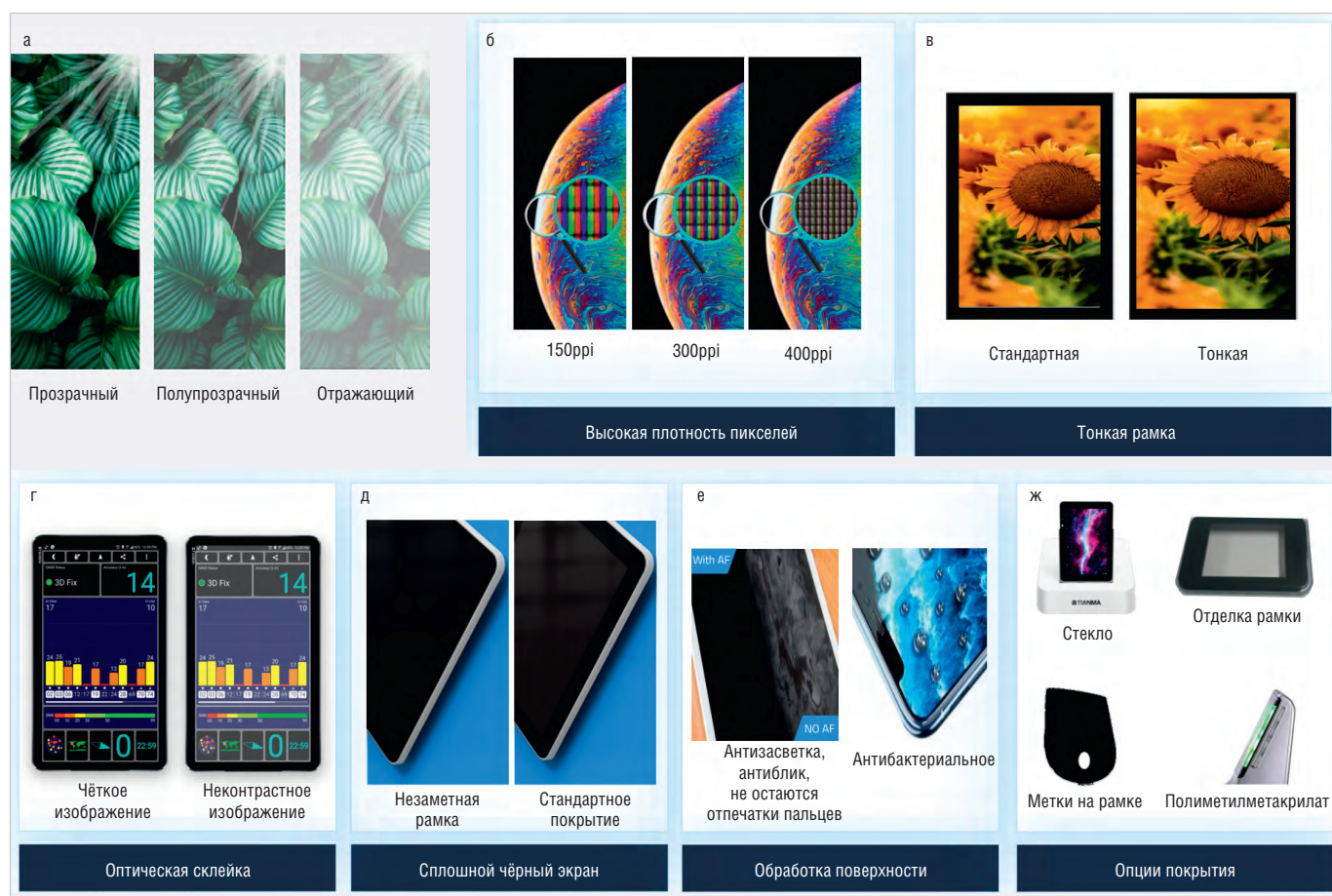


Рис. 3. Варианты исполнения экрана: с задней подсветкой/полупрозрачный (трансфлексивный)/отражающий (а), с разной плотностью пикселей (б), с обычной и узкой рамкой (в), с повышенной контрастностью за счёт оптического склеивания (г), глубоко чёрный цвет экрана и рамки (д), покрытия, не оставляющие отпечатков пальцев, и антибактериальные покрытия (е), варианты исполнения корпуса (ж)



Рис. 4. Сенсорный дисплей круглой формы с вибрационной обратной связью Tianma Microelectronics

пания образована в 2001 году после слияния Acer Display Technology и компании UNIPAC. В 2006 году произошло слияние AUO с Quanta Display Inc., что сделало объединённую компанию одним из крупнейших производителей жидкокристаллических дисплеев в мире.

AUO Optonics производит жидкокристаллические матрицы от 1,2" до 85" разрешением до UHD, в том числе изогнутые, и матрицы с интегрированным проекционно-ёмкостным сенсором. В арсенале компании несколько технологий изготовления дисплеев – TN, MVA, PSA (AMVA3), AHVA (подобна AFFS), что позволяет изготавливать разнообразие моделей, выбирая приоритетный показатель – либо это невысокая цена и приемлемые технические характеристики, либо это высокий уровень контраста, либо точная цветопередача и широкий цветовой охват.

Также компания способна производить безрамочные (с крайне узкими рамками) дисплеи, изогнутые, вытянутые в длину (изготовленные по технологии Tartan).

Наряду с производством дисплеев AUO успешно производит рентгеновские сенсоры, в том числе гибкие, а также сенсоры отпечатков пальцев.

Компания выделяет следующие серии среди своих жидкокристаллических матриц:

- М-серия – матрицы для применения в телевизорах и мониторах с диагональю 17–85" и яркостью 250–450 нит;
- Р-серия – профессиональные матрицы, выполненные по технологии Tartan, в частности, прозрачные матрицы, зеркальные матрицы, резаные, суперяркие с диагональю 27–85". Основное применение дисплеев этой серии – сфера обще-



Рис. 5. Автомобильный бортовой дисплей нестандартной формы

ственного транспорта, оснащение остановок и вокзалов. Также это суперяркие экраны для уличного применения, легко читаемые даже в солнечный день. AUO Display Plus – подразделение компании, которое занимается производством дисплеев по технологии Tartan, было создано для разработки передовых направлений компании и воплощения самых амбициозных проектов;

- G-серия – для промышленного применения, со сроком выпуска моделей 3–4 года и диагональю 3,5–32";
- С-серия – матрицы, применяемые в производстве автомобилей, с температурой хранения до -50°C и яркостью более 500 нит, диагональ 4,3–10,1";
- AMOLED – модули для мобильных устройств с диагональю 1,2–6".

Серия Р

Такие функциональные требования, как высокое значение контрастности, высокая яркость, малые цветовые искажения, высокая надёжность, продиктованы использованием панелей уличной серии AUO для применения в наружной рекламе, для изготовления вывесок или на транспорте. Также эта серия успешно реализует умные полки в магазинах.

Технология Tartan позволяет изготавливать дисплеи в виде длинных полос, имеющих размеры от 130×698 мм до 392×1428 мм, а также круглые/квадратные дисплеи. Эта технология отличается нативной фотомаской для модели экрана каждого размера. Такое решение позволяет повысить надёжность экранов в жёстких условиях долговременной эксплуатации на улице или на транспорте.

Матрицы представлены в различных размерах с диагоналями до 85", с разрешениями от 1024×768 до 3840×2160, с

8- и 10-битным цветом и широким цветовым охватом (см. рис. 6).

Срок службы уличных моделей составляет не менее 5 лет.

Особенности TFT-панелей AUO уличной серии

- Высокая яркость – от 800 для 4000 кд/м²
- Широкий угол обзора – 178°
- Диагонали от 10,1" до 85"
- Разрешение от 1024×768 до 3840×2160 пикселей

Дисплей TARTAN на железных дорогах Германии

AUO Display Plus, дочерняя компания AUO, специализирующаяся на дисплеях для промышленного и коммерческого применения, объявила о сотрудничестве с Deutsche Bahn AG (DB), крупнейшей железнодорожной компанией Европы, представив 28,6-дюймовый вытянутый дисплей, изготовленный по технологии TARTAN в концептуальном поезде будущего IdeasTrainCity (IDEENZUGCITY) (см. рис. 7), который DB предполагает использовать в интеллектуальном транспорте, трансформируя и совершенствуя впечатление пассажиров от поездок на поезде за счёт преимуществ TARTAN, таких как его особые размеры, которые преодолевают рамки замкнутого пространства и гибкого монтажа.

IdeasTrain City использует 28,6-дюймовые растянутые дисплейные панели TARTAN от AUO Display Plus. Его уникальный коэффициент растяжения позволяет одновременно отображать динамическую информацию о поездке и рекламу в реальном времени. В соответствии с дизайном поезда, ориентированным как на пассажиров, добирающихся на работу, так и на



Рис. 6. Уличные дисплеи компании AUO



Рис. 7. Кастомизированные дисплеи TARTAN обеспечивают высокую эффективность использования пространства

Рис. 8. Пример применения технологии «умная полка» в розничной торговле

тех, кому требуется транспортировка велосипедов, кастомизированные дисплеи TARTAN не ограничивают полезное пространство. Его можно устанавливать не только на длинные, узкие и разделённые части интерьера вагона, но также можно сделать выбор из множества вариантов для разных моделей поездов.

Сотрудничество между AUO Display Plus и DB в проекте IdeasTrain City не только обеспечивает более удобное путешествие для пассажиров, но и стимулирует безграничное воображение. AUO Display Plus планирует сотрудничать с большим количеством поставщиков информационных систем для пассажиров (PIS) и компаниями общественного транспорта для широкого внедрения дисплеев TARTAN в интеллектуальные транспортные услуги.

Дисплеи системы «умная полка», интегрированные в край стеллажа, способствуют повышению информированности покупателя, более привлекательны, предоставляют динамичную информацию о товаре, привлекают внимание, а также подают рекламу и информационные сообщения, в ито-

ге приводя к росту продаж. Высокая яркость дисплеев позволяет успешно использовать их даже в хорошо освещённых зонах. Существуют варианты подключения дисплея умной полки — либо через компьютерный порт USB, либо через Wi-Fi. На рис. 8 приведён пример применения дисплеев в супермаркете.

Планы компании по производству уличных дисплеев разного размера включают производство панелей с разрешением до UHD, яркостью до 4000 кд/м², размером экрана до 86".

Серия G

Для надёжного выполнения своих функций в составе промышленного оборудования требуются высокие показатели надёжности, контрастность, яркость, малые цветовые искажения. Панели серии General соответствуют предъявляемым требованиям в полной мере и позволяют использовать панели AUO серии G в различном промышленном оборудовании.

Промышленные матрицы имеют размер диагонали от 4,3" до 32", разрешение от 320×240 до 3840×2160 пикселей,

яркость — до 1800 кд/м², разрядность цвета 8 и 10 бит, обеспечивают широкий цветовой охват — до sRGB = 100%, NTSC = 93% и Adobe = 100% и углы обзора — до 178°.

Срок службы моделей промышленного назначения составляет не менее 5 лет.

Серия G для медицины

Высокое разрешение, высокая контрастность, яркость, цветовая насыщенность, точная цветопередача и стабильность оптических показателей позволяют использовать панели серии G компании AUO в медицинской технике (см. рис. 9).

Развитие информационного обеспечения медицины требует всё более высокого качества дисплеев, применяемых в медицинской технике. AUO предлагает дисплеи для ультразвуковых исследований, томографии, эндоскопии и хирургии. Для расширения возможностей продвижения своих дисплеев в области медтехники компания AUO получает сертификаты о соответствии ISO 13485 и ISO 14971.

Собственная технология воспроизведения широкой цветовой гаммы позво-



Рис. 9. Серия G для медицины от компании AUO

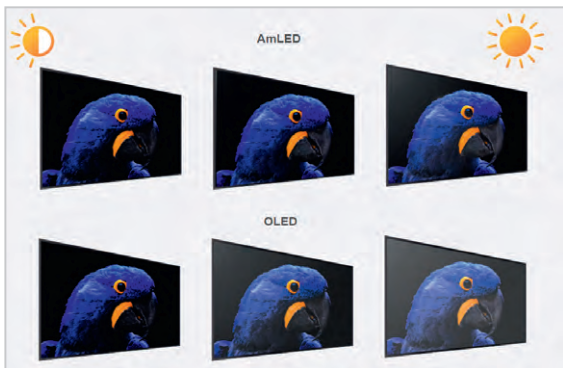


Рис. 10. По сравнению с OLED технология AmLED обеспечивает более высокий уровень контраста при высокой освещённости окружающей обстановки



Рис. 11. Многофункциональный экран автомобильной интеллектуальной системы управления на основе micro LED

ляет достигать цветовой насыщенности вплоть до DCI-P3 98%. Цветопередача оттенков красного оптимизирована для более точного воспроизведения реальных цветов и деталей, что критически важно и для диагностики, и во время операций.

Особенности TFT-панелей AUO для применения в медицине

- Высокая яркость – до 1100 кд/м²
- Широкий угол обзора – 178°
- Высокие значения цветового охвата – до sRGB = 100%, NTSC = 93% и Adobe = 100%
- Разрешение от 1024×768 до 3840×2160 пикселей;
- Разработаны монохромные модели высокого разрешения с цветовой температурой 8000/10500 К

Технология изготовления AmLED от компании AUO

Технология AmLED обеспечивает реалистичное отображение информации для профессионалов и энтузиастов-геймеров, благодаря усовершенствованной конструкции подсветки mini LED достигнуты революционные характеристики

игровых дисплеев. С методом локального адаптивного затемнения улучшены яркость, контрастность, динамический контраст, цветопередача и энергопотребление. С технологией AmLED яркость дисплеев может превышать 1000 нит, что позволяет дисплеям соответствовать требованиям VESA DisplayHDR 1000, достигая величины динамического контраста 1 000 000, что делает чёрный цвет истинно чёрным, при этом сохраняется детальность ярких сцен.

В тёмных областях яркость подсветки уменьшается. Карта подсветки динамически меняется вместе с изменением картинки. Яркость каждого элемента подсветки определяется по результатам анализа сцены (см. рис. 10).

Технология microLED

AUO придерживается курса разработки передовых технологий изготовления дисплеев. В прежние годы AUO инвестировала в технологию micro LED и в 2021 успешно запускает промышленную серию. Применяя техпроцесс массового переноса и технологию активной матрицы из LTPS (низкотемпературный поликристалли-

ческий кремний), AUO добилась успешного переноса миллионов микроскопических светодиодов на подложку из LTPS, тем самым достигнув наивысшей плотности пикселей, с высоким динамическим контрастом и высокой цветовой насыщенностью. Сочетая гибкость и прекрасную стойкость к износу, новые дисплеи micro LED могут быть легко применены в автомобилестроении и носимых устройствах (см. рис. 11, рис. 12).

Прозрачный экран на основе micro LED

Благодаря высокой яркости пикселей и высокой прозрачности подложки этот тип дисплеев прекрасно подходит для реализации технологии «дополненной реальности» (AR) либо для дисплеев на лобовом стекле автомобиля, которые позволят водителям сохранять фокус внимания на дороге при получении информации (например, навигационной) с экрана; доктору не нужно будет отвлекаться от процесса операции для считывания жизненных показателей пациента с экрана. Первыми в отрасли AUO изготовила



Рис. 12. Многофункциональная панель управления на консоли автомобиля с выпуклой и вогнутой поверхностями на основе micro LED



Рис. 13. Гибкие дисплеи от компании BOE

дисплей разрешением 4K с частотой обновления 144 Гц и соответствием VESA Display HDR 1400.

Производитель BOE

Основанная в апреле 1993 года компания BOE Technology Group Co., Ltd является одним из лидеров в производстве полупроводниковых дисплеев в мире. Кроме того, BOE – поставщик интеллектуальных интерфейсных продуктов и профессиональных сервисов для информационного взаимодействия в среде Интернета вещей, в том числе в области здравоохранения. Деятельность компании ориентирована на несколько ключевых направлений – интерфейсные устройства, смарт-системы в области Интернета вещей, смарт-медицину и инженерно-техническую интеграцию. Компания BOE располагает международной маркетинговой сетью и центрами НИОКР в 19 странах мира, а сеть сервисов клиентского обслуживания охватывает ключевые регионы Европы, Америки, Азии и Африки. BOE владеет 14 линиями производства матриц, четырьмя сборочными предприятиями, является держателем более 40 000 патентов.

Среди продуктов компании BOE есть крупногабаритные дисплеи (например, панель разрешением 8K с диагональю 110"), дисплеи для построения многометровой видеостены, размеры которой определяются только количеством соединённых модулей, вытянутые дисплеи – для применения в транспорте, в торговле, в качестве вывесок, умных полок, прозрачные дисплеи (с изменяемой прозрачностью), которые можно применить, например, в дверце холодильника, интеллектуальные киоски, дисплеи для шлемов виртуальной реальности, включая micro-OLED с высокой плотностью пикселей для умных очков, гибкие экраны, которые сворачивают-

ся в рулон, электронные доски для презентаций и обучения, дисплеи с цветовым охватом до 110% Adobe.

BOE является разработчиком технологии AMQLED. Дисплеи, изготовленные по этой технологии, лишены деградации – недостатка AMQLED, присущего ему из-за органической природы активного светоизлучающего вещества. Active Matrix Quantum-dot Light Emitting Diode (AMQLED) – инновационное применение технологии квантовых точек в индустрии средств отображения взамен органического люминофора.

Квантовые точки, говоря простым языком, – это крошечные полупроводниковые кристаллы, состоящие из нескольких атомов. Квантовые точки излучают свет при поглощении энергии. Изменяя размеры точек, можно получить свет разных длин волн.

Технология квантовых точек, применяемая в устройствах отображения, подразделяется на две основные категории: «активная матрица на квантовых точках» (AMQLED) и подсветка с квантовыми точками для традиционной ЖК-матрицы. По сравнению со второй AMQLED-дисплеи тоньше и легче, а цветовая гамма улучшена более чем на 30%. Впечатляющее с технической точки зрения достижение – гибкие дисплеи (см. рис. 13). Компания BOE производит гибкие OLED-дисплеи для использования в смартфонах, трансформируемых в планшеты. Экран без рамок – ещё недавно это казалось невозможным, вероятно, в недалёком будущем смартфоны будут выглядеть примерно так.

Сенсор экрана смартфона или планшета может воспринимать много точек касания – это не новость. Способность считывать усилие и вектор нажатия в каждой точке касания – это новая технология, разработанная и внедрённая компанией BOE. Для применения

в ноутбуках и планшетах компания BOE разработала и изготавливает дисплеи с передовыми характеристиками. Локальное диммирование из 10 000 элементов и частота обновления экрана 240 Гц – это уже реальность для ноутбуков с матрицами BOE. Широкая цветовая гамма, точно отображаемые оттенки, несомненно, будут оценены компьютерными художниками, а мгновенная реакция экрана – геймерами. Дисплеи для точной цветопередачи серии iGallery с разрешением UHD 4K и 8K с гаммой 100% Adobe. Благодаря специальной конструкции модуля подсветки и особой обработке поверхности экрана цвета получаются очень точными, а подсветка равномерной и сбалансированной, отображение полотен великих художников на экранах с матрицами BOE погрузит наблюдателя в атмосферу крупнейших музеев мира.

Hi-End дисплеи размером 98" и 110" имеют разрешение UHD 4K/8K, яркость 500 нит, контраст до 1500:1, динамический контраст до 50 000:1, точную цветопередачу и высококачественный звук. Минималистичный дизайн акцентирует все преимущества, оставаясь на втором плане.

Можно привести множество примеров инновационных разработок компании.

Очки дополненной реальности с разрешением матриц micro-OLED 1920×1080 имеющие самый высокий показатель плотности пикселей 5644 ppi, частоту обновления 90 Гц, яркость 500 нит; этот гаджет эквивалентен экрану размером 86" на расстоянии 3 м.

Дисплей, выполненный по технологии BD Cell, за каждым пикселем имеет источник света, что позволяет повысить уровень контраста и управлять яркостью элементов изображения максимально

гибко, достигая в результате потрясающего эффекта живости и глубины картинки.

Автомобильный дисплей, занимающий всю ширину инструментальной панели транспортного средства, позволяет отображать развлекательную, навигационную, служебную информацию, а также состояние климатической, диагностической систем в разных частях экрана одновременно.

Автомобильный дисплей, встраиваемый в стойку кузова, позволяет сократить слепые зоны, повышая тем самым безопасность дорожного движения. Дисплей работает в паре с камерой, отслеживающей направление взгляда, выводя изображение, бесшовно дополняющее вид за границами лобового стекла.

Дисплей, отображающий два различных видеопотока при взгляде с разных сторон, например, навигация для води-

теля и развлекательный контент для пассажира.

Компания BOE производит также интерактивные доски и видеостены. Интерактивная доска от компании BOE – прекрасный инструмент для проведения небольших презентаций, занятий, совещаний. Модельный ряд досок включает изделия от 55" до 86" с разрешением UHD, яркостью 330–350 нит, цветовой разрядностью 10 бит, уровнем контраста 1200:1 и временем отклика 8 мс. Доска оснащена 10-точечным сенсорным экраном и закалённым стеклом повышенной твёрдости.

Видеостена – технология, позволяющая собирать экраны многометровой длины и ширины. Панели, предлагаемые компанией BOE, имеют размеры 46, 49, 55 дюймов при разрешении FHD или 65, 75 дюймов при разрешении UHD. При необходимости постав-

ляются квадратные панели размером 22" или 33" с разрешением 1920×1920 пикселей. Расстояние между рамками соседних панелей составляет 3,5 мм.

Заключение

Очевидно, что китайские производители дисплеев добились потрясающих технологических успехов. Их продукцией пользуется буквально весь мир. Есть такая возможность и у российских разработчиков и интеграторов. Ознакомиться с образцами продукции, получить техническую консультацию и приобрести дисплеи можно в компании «Симметрон» (www.symmetron.ru), являющейся авторизованным дистрибьютором продукции AUO, официальным дистрибьютором Tianma, авторизованным бизнес-партнёром BOE на российском рынке.



НОВОСТИ МИРА

Россия создаст микропроцессор «Эльбрус» для суперЭВМ и Минобороны

Многомиллиардный тендер на разработку микропроцессора «Эльбрус-32С» для высокопроизводительных серверов и суперЭВМ. В ноябре 2020 г. ведомство уже размещало данный тендер, однако через месяц он был отменён. Это было связано с необходимостью привлечь конечных рыночных заказчиков к разработке российской электроники напрямую. Новый тендер заточен под цели оборонно-промышленного комплекса, главным заказчиком в котором выступает Минобороны, уточнили в Минпромторге.

Как выяснил CNews, Минпромторг готов потратить 7,1 млрд руб. на разработку микропроцессора «Эльбрус-32С» под задачи Минобороны. Тематический тендер под шифром «Процессор-32» был опубликован на сайте госзакупок 8 ноября 2021 г. Заявки на открытый конкурс принимают до 30 ноября. Итоги будут подведены 3 декабря.

Целью работ станет создание универсального 32-ядерного микропроцессора для построения вычислительных систем в классе высокопроизводительных серверов и СХД высшего уровня производительности и суперЭВМ, говорится в техническом задании. Работы должны быть завершены 30 ноября 2026 г. По итогам проекта будет создана одна партия опытных образцов «Эльбрус-32С», а также ПО поддержки архитектуры этого микропроцессора.

Как рассказали CNews представители Минпромторга, техническое задание данного тендера было «точно» проработано под Минобороны. При этом в компании МЦСТ (разработчик

процессоров «Эльбрус») против «милитаристской» ориентированности проекта возражают. «Деньги выделяет Минпромторг и ведомство ориентировано на гражданскую продукцию, отмечают представители МЦСТ. – Данный процессор разрабатывается для широкого круга задач: сервера обработки данных, баз данных, систем хранения данных в коммерческих компаниях и компаниях с госучастием».

Микропроцессор «Эльбрус-32С» предназначен для универсальной и специализированной обработки информации в составе средств вычислительной техники с производительностью терафлопсового и петафлопсового диапазонов, говорится в документах. Чип в составе высокопроизводительных серверов, СХД и суперЭВМ предназначен для оснащения промышленных и специальных систем с повышенными эксплуатационными требованиями, учреждений РАН, аэрокосмической отрасли и атомной энергетики, ТЭК, искусственного интеллекта и пр.

В состав микропроцессора войдёт не менее 32 процессорных ядер с архитектурой «Эльбрус». Их пиковая производительность составит не менее 6 Тфлопс, суммарный объём кэш-памяти – не менее 64 Мбайт. Суммарная пиковая пропускная способность всех каналов памяти составит как минимум 170 Гбайт/с, объём оперативной памяти – 2 Тбайта на микропроцессор.

Разработка чипа будет вестись с использованием современных САПР и по технологии 6 нм и ниже. При разработке микросхем должны применяться комплектующие и материалы отечественного производства, подчёркивается в техзадании. Впрочем, в технически

обоснованных случаях допускается применение комплектующих изделий и конструкционных материалов иностранного производства в разрабатываемых микросхемах, что должно быть обосновано на этапе разработки технического проекта, говорится там же.

Минпромторг уже объявлял тендер на создание «Эльбрус-32С» в ноябре 2020 г. Тогда на эти цели министерство выделило на 347 млн руб. больше (7,5 млрд руб.), чем сейчас. Год назад победителем конкурса закономерно стал единственный участник – МЦСТ.

В декабре 2020 г. тендер был отменён. Как пояснил ранее представитель аппарата Дмитрия Чернышенко, отмена была связана с необходимостью привлечь конечных рыночных заказчиков к разработке российской электроники напрямую, что позволит создавать более востребованные рынком продукты.

Еще одной причиной отмены, о которой CNews рассказали представители Минпромторга после перезапуска тендера, стала переупаковка подходов в так называемые «сквозные проекты», где как раз и определяются якорные заказчики, формирующие спрос на электронику. «Проблема спроса на процессоры «Эльбрус» на сегодняшний день отчасти решена – на помощь пришел оборонно-промышленный комплекс и крупнейший его заказчик – Минобороны, где облик и требования к техническим характеристикам большей части перспективных образцов, а также круг решаемых задач известен заранее», – пояснили в Минпромторге.

russianelectronics.ru

Автоматы управления освещением с ИК-датчиком, работающим на отражение

Александр Одинец (г. Минск, Беларусь)

В статье рассматриваются два автомата, включающие лампу накаливания на время от 15 секунд до 1 минуты при пересечении объектом инфракрасного луча. Время выдержки продлевается при нахождении объекта в поле видимости фотодатчика. Во втором варианте устройства удалось повысить дальность работы на отражение в два раза за счёт цифровой обработки сигнала.

Общие сведения

Среди фотоэлектрических приборов, срабатывающих при пересечении непрозрачным предметом светового луча, по типу используемого фотодатчика можно выделить три класса. Первый класс приборов использует фотодатчик, работающий в видимой части спектра излучения и состоит из источника света (например, простой лампочки) и фотоприёмника с усилителем, нагруженным на исполнительное устройство. Второй класс приборов использует пироэлектрические датчики, которые реагируют только на изменение инфракрасного излучения и, таким образом, являются датчиками движущихся объектов. К недостаткам датчиков такого типа можно отнести то, что они хорошо реагируют на перемещение теплового объекта поперёк, с одной стороны фотоприёмника на другую, но если объект перемещается вдоль площадок фотоприёмника, то датчики на такое движение не реагируют. К третьему классу приборов можно отнести фотодатчики, построенные на основе PIN-фотодиода и работающие с определённой несущей частотой. Автоматы управления освещением, построенные на основе такого датчика, можно дополнить таймером, который обеспечит задержку свечения лампы накаливания после исчезновения объекта из поля зрения фотодатчика.

При своей относительной простоте приборам, построенным на базе лампочки накаливания и фотоприёмника с усилителем, свойственен ряд недостатков — они отличаются низкой экономичностью, имеют значительные габариты, требуют дополнительной оптической системы, плохо работают при наличии внешней засветки, имеют невысокую надёжность и высокую вероятность ложных срабатываний. Кроме того, из-за использования диапазона видимого света такие устройства демаскируют себя, что затрудняет их использование в системах охраны.

Для устранения указанных недостатков в качестве источников используют излучатели, работающие в невидимом инфракрасном диапазоне, которые излучают не непрерывный сигнал, а сигнал сложной формы. В приёмниках используются специальные оптические фильтры, отсекающие мешающий сигнал видимого излучения, высокочувствительные PIN-фотоприёмники, усилители с АРУ и сложными системами фильтрации. Все эти меры позволяют создавать весьма надёжные и эффективные автоматы управления освещением с ИК-датчиками, работающими на отражение.

Ключевым элементом фотоприёмника является микросхема интегрального фотоприёмника TFMS5360 произ-

водства НПО «Интеграл» (г. Минск). Её структурная схема показана на рис. 1. В качестве приёмника оптического излучения в микросхеме использован встроенный высокочувствительный PIN-фотодиод, сигнал с которого поступает на входной усилитель, преобразующий выходной ток фотодиода в напряжение. Преобразованный сигнал поступает на усилитель с АРУ и далее на полосовой фильтр, который выделяет сигналы с рабочей частотой 36 кГц из шумов и помех. Выделенный сигнал поступает на демодулятор, который состоит из детектора и интегратора. Дело в том, что данная микросхема оптимизирована для приёма сложного сигнала, представляющего собой короткие пакеты импульсов с рабочей частотой 36 кГц. В паузах между импульсами производится калибровка системы АРУ. Управляет этим схема управления. Вследствие такого построения микросхема не реагирует на непрерывную помеху даже на рабочей частоте. Активный уровень выходного сигнала низкий. Микросхема не требует для своей работы никаких внешних установочных элементов. Все её компоненты, включая фотоприёмник, защищены от внешних наводок внутренним электрическим экраном и залиты специальной пластмассой. Эта пластмасса является фильтром, отсекающим оптические помехи в видимом диапазоне света. Благодаря всем этим мерам микросхема отличается весьма высокой чувствительностью и низкой вероятностью появления ложных сигналов. При этом она имеет малые габариты (порядка 5×10×13 мм) и, что весьма важно, низкую стоимость (порядка \$1).

Схема электрическая принципиальная

Схема электрическая первого варианта устройства показана на рис. 2. На схеме можно выделить несколько функциональных блоков:

- стабилизатор напряжения «минус 5 В» — элементы: C1, R1, R2, VD1...VD4, DA1, C2...C5;
- задающий генератор на элементах DD1.1 и DD1.2, стабилизированный кварцевым резонатором ZQ1 на частоту 432 кГц;

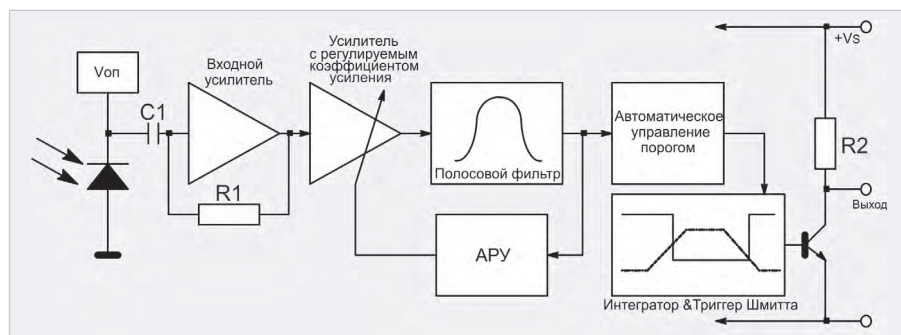


Рис. 1. Блок-схема приёмника TFMS5360

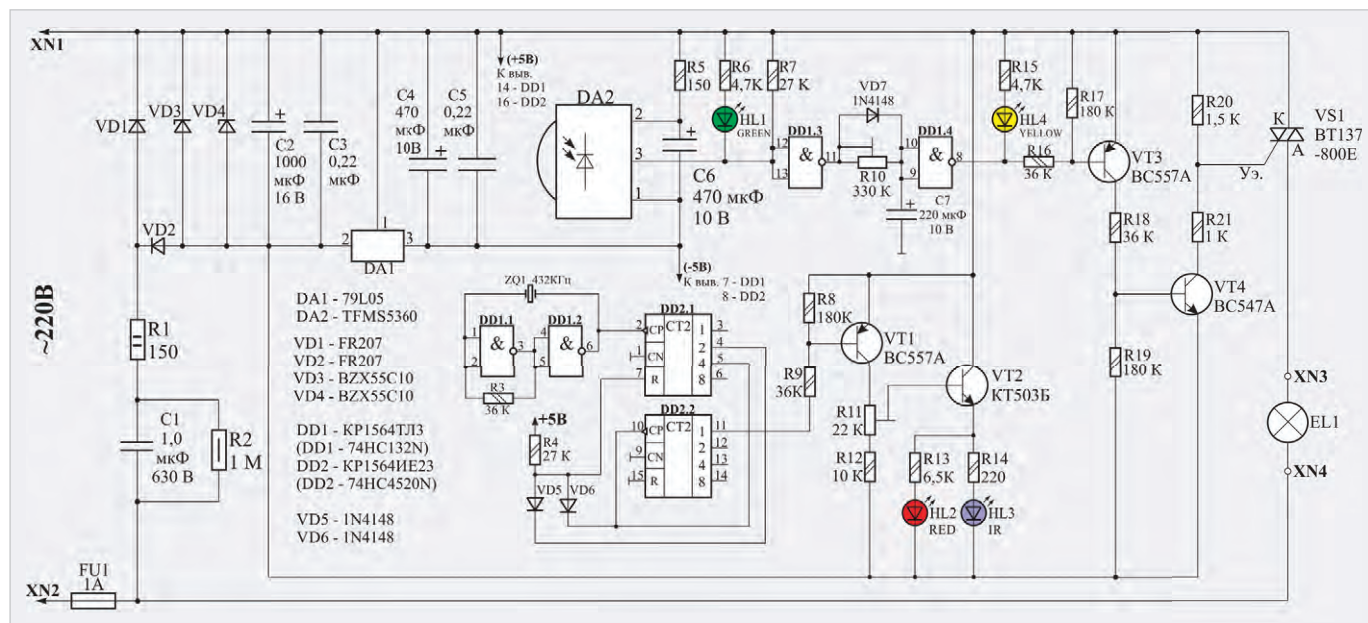


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная автомата управления освещением. Вариант 1

- делитель частоты на 12 на счётчиках DD2.1, DD2.2;
- схему сдвига уровня для питания ИК-светодиодов на элементах VT1, VT2, R8, R9, R11, R12;
- фотоприёмник DA2 и реле времени на элементах DD1.3, DD1.4, C7, VD7, R10;
- схему управления коммутирующим симистором VS1 на элементах VT3, VT4, R16...R21.

Принцип работы

На элементах DD1.1 и DD1.2 выполнен задающий генератор на частоту 432 кГц. Счётчики DD2.1 и DD2.2 делят эту частоту на 12 до 36 кГц, которая излучается ИК-светодиодом HL1 и является несущей частотой для фотоприёмника DA2. Амплитуда излучаемых ИК-импульсов, а значит, и дальность работы на отражение, регулируется подстроечным резистором R11. Когда в поле зрения фотоприёмника DA2 появляется объект, то отражённый от него ИК-сигнал воспринимается фотоприёмником и приводит к формированию на его выходе (вывод 3) отрицательного импульса. Длительность импульса зависит от времени нахождения объекта в поле видимости фотоприёмника. Данный вариант устройства позволяет получить максимальную дальность работы на отражение до 1 метра. Появление выходных импульсов фотоприёмника индицирует зажигание зелёного светодиода HL1.

Первый же отрицательный импульс фотоприёмника, инвертируясь логическим элементом DD1.3, через диод VD7 приводит к быстрой зарядке конденсатора C7. Таким образом, на выходе элемента

DD1.4 появляется уровень лог.0, который индицирует включение жёлтого светодиода HL4. При этом открывается транзистор VT3, а вслед за ним и VT4, что приводит к появлению тока управляющего электрода симистора VS1 и его открыванию. Лампа накаливания EL1 включается. Длительность свечения лампы будет зависеть от времени нахождения объекта в поле видимости фотоприёмника и параметров цепи C7-R10, точнее, от ёмкости конденсатора C7 и введённой части подстроечного резистора R10. После удаления объекта из поля зрения фотоприёмника конденсатор C7 начинает медленно разряжаться, и когда напряжение на входах логического элемента DD1.4 достигнет его порогового значения, на его выходе установится уровень лог.1, и тогда лампа накаливания EL1 будет выключена.

Схема электрическая принципиальная и принцип работы второго варианта

Достичь большей в два раза дальности работы на отражение стало возможным благодаря применению дискриминатора длительности выходных импульсов фотоприёмника на элементах DD1.1, DD1.2, C7, VD5, R12 (см. рис. 3). Также в данный вариант устройства введён формирователь огибающей импульсов несущей с частотой 36 кГц на элементах DD3.3, DD3.4, C10, VD8, VD9, R21. Формирователь огибающей представляет собой генератор импульсов с частотой в несколько герц (5...10 Гц) с перестраиваемой скважностью, которая задаётся по максимальной чувствительности фотоприёмника подстроечным резистором R21.

В данном варианте устройства схема сдвига уровня для питания ИК-светодиодов выполнена на элементах VT3...VT5 и R23...R28. Амплитуда излучаемых ИК-импульсов устанавливается подстроечным резистором R27. В отличие от предыдущего варианта устройства, данный вариант содержит цифровой таймер на элементах DD1.3, DD2.1, DD2.2, C8, R15, VD7. Длительность выдержки индицируется линейкой светодиодов HL3...HL6. Применение цифрового таймера позволило расширить диапазоны выдержки времени и сделать работу таймера более стабильной.

Работает дискриминатор длительности импульсов следующим образом. При появлении объекта в поле видимости фотоприёмника на его выходе (вывод 3) появляются отрицательные импульсы в соответствии с формой огибающей генератора на элементах DD3.3 и DD3.4. При этом длительность выходных импульсов фотоприёмника зависит от дальности расположения объекта в его поле зрения, что индицируется зелёным светодиодом HL1. Первый же отрицательный импульс с выхода фотоприёмника, инвертируясь элементом DD1.1, через резистор R12 заряжает конденсатор C7. При этом длительность импульса должна быть достаточно большой, чтобы конденсатор C7 успел зарядиться до порогового напряжения элемента DD1.2. После завершения отрицательного импульса на выходе фотоприёмника устанавливается уровень лог.1, который, инвертируясь элементом DD1.1, приводит к быстрой разрядке конденсатора C7 через диод VD5. При этом объект дол-

Устройства собраны на печатных платах из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, первый вариант — на плате размерами 78×78 мм (см. рис. 4), а второй вариант — 100×75 мм (см. рис. 5). Автоматы размещаются в пластмассовых разветвительных коробках подходящих размеров. Все микросхемы серии КР1564 (74НСxx) заменимы их аналогами серии КР1554 (74АСxx). Симисторы могут быть из серий ВТ137, ВТ138,

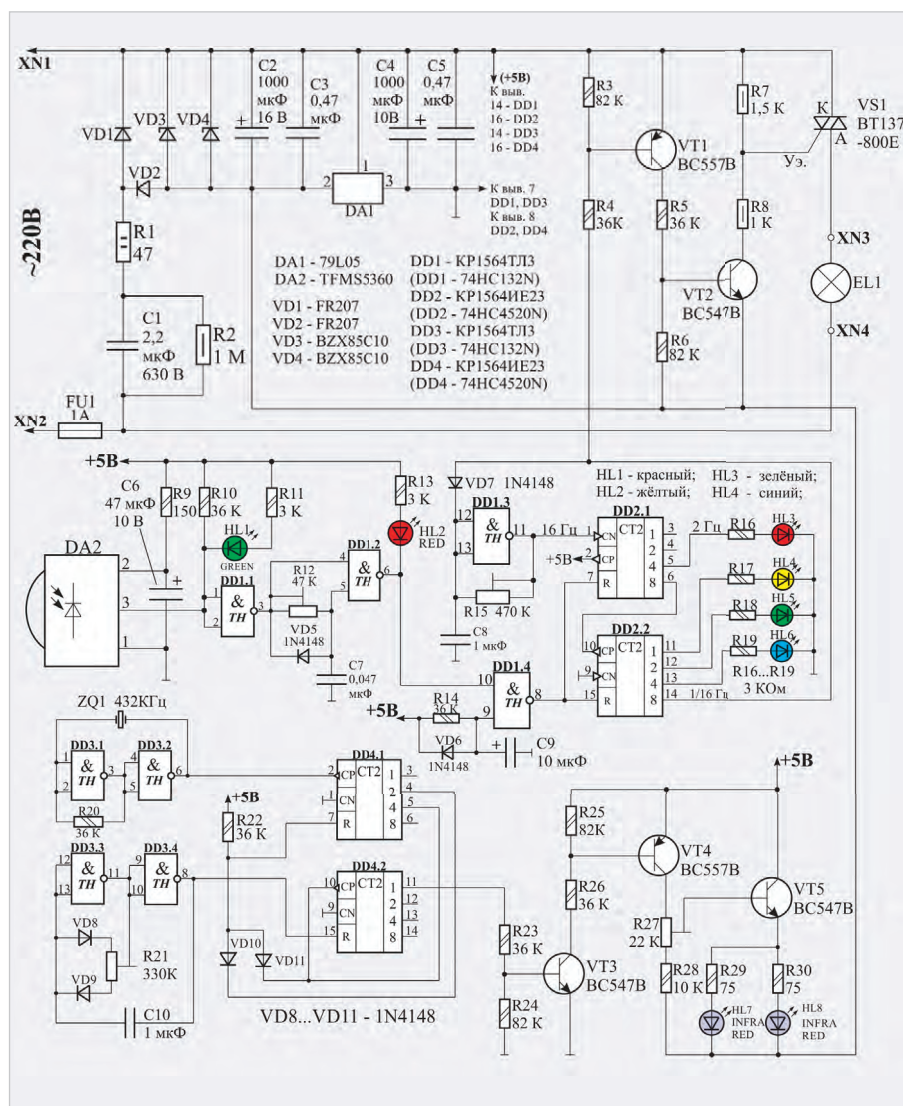


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная автомата управления освещением. Вариант 1

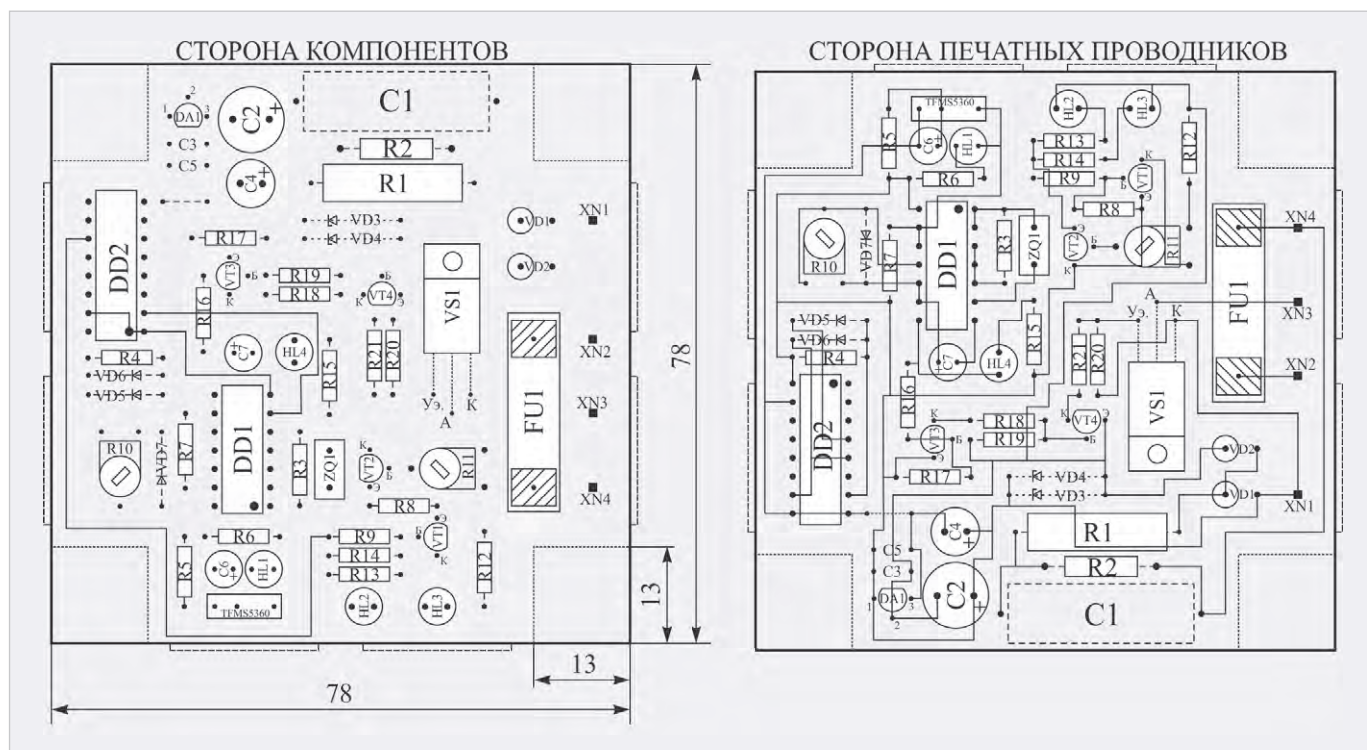


Рис. 4. Печатная плата автомата управления освещением. Вариант 1

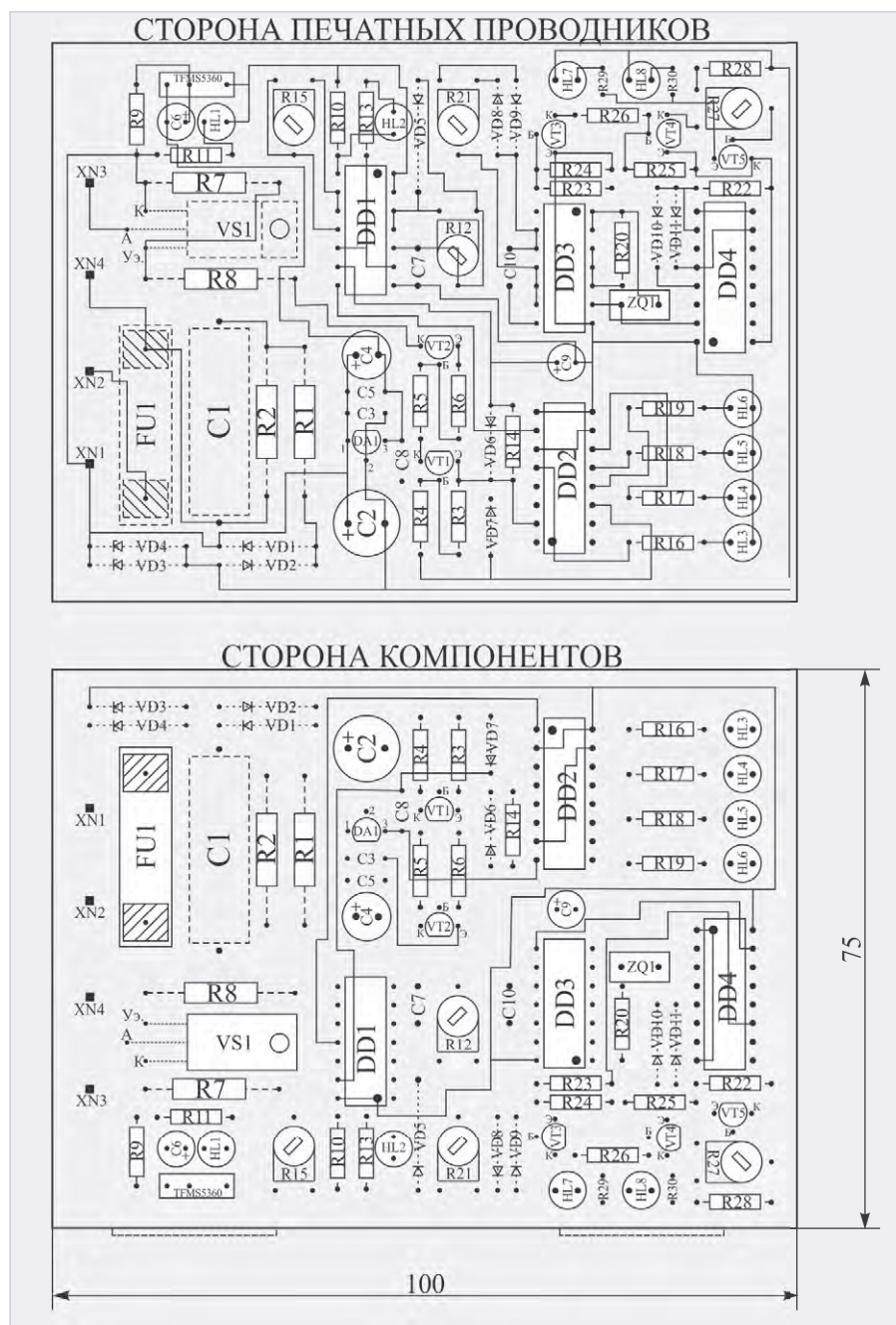


Рис. 5. Печатная плата автомата управления освещением. Вариант 2

BT139 с рабочим напряжением не менее 400 В. Стабилитроны в первом варианте устройства использованы из серии BZX55, а во втором варианте — из серии BZX85 с рабочим напряжением 10 В. В устройстве использованы постоянные резисторы типа МЛТ-0,125, МЛТ-2 (R1 на рис. 2, 3), МЛТ-0,5 (R2 на рис. 2 и 3) или аналогичные соответствующей мощности; подстроечные резисторы — типа СПЗ-386 в горизонтальном исполнении; постоянные конденсаторы — типа К10-17, К73-17 (C1) и оксидные типа К50-35 или импортные. Светодиоды сверхъяркие: красного, жёлтого, зелёного и синего цветов соответственно. Кварцевый резонатор ZQ1 на частоту 432 КГц от пульта дистанционного управления телеприёмника. Фотоприёмник типа TFMS5360 с несущей частотой 36 КГц заменим на соответствующие аналоги с такой же несущей частотой.

Настройка устройств

Настройка первого варианта устройства (см. рис. 2) заключается в установке необходимой чувствительности подстроечным резистором R11 и времени выдержки резистором R10. Во втором варианте (см. рис. 3) кроме чувствительности (R27) и времени выдержки (R15) устанавливается скважность генератора огибающей резистором R21, а также длительность импульсов дискриминатора резистором R12. Следует также помнить, что для нормальной работы устройств в поле видимости фотодатчиков не должно быть никаких посторонних предметов, так как они могут срабатывать на сигнал, отражённый от стен и потолка.



НОВОСТИ МИРА

IBM ПРЕДСТАВИЛА КВАНТОВЫЙ ПРОЦЕССОР EAGLE СО 127 КУБИТАМИ

Компания IBM заявила, что разработала новый чип Eagle для квантовых вычислений, который, по мнению руководства компании, позволит квантовым системам превзойти классические компьютеры в некоторых задачах в течение следующих двух лет.

IBM заявила, что её вычислительный процессор Eagle имеет 127 кубитов, которые могут представлять информацию в квантовой форме. Классические компьютеры работают с использованием битов, которые могут иметь

значение либо «1», либо «0». Кубиты могут являться одновременно как единицей, так и нулём. IBM утверждает, что это первый процессор, который не может быть смоделирован классическими суперкомпьютерами. Также заявлено, что для моделирования Eagle понадобится больше классических битов, чем атомов у каждого человека на планете.

Стоит отметить, что кубиты достаточно сложны в производстве, а для их правильной работы требуются мощные криогенные системы охлаждения.

«Наш первый 127-кубитный процессор Eagle доступен в качестве исследователь-

ской системы в IBM Cloud для избранных членов IBM Quantum Network», — отметил директор отдела разработки квантовых аппаратных систем IBM Джерри Чоу.

Сама IBM пока раскрыла мало подробностей о новинке и не сравнивала её с другими системами. IBM заявила, что новые методы, которым она научилась в ходе создания Eagle, в конечном итоге позволят создавать гораздо более производительные чипы. Компания намерена выпустить в 2022 году квантовые чипы Osprey с 433 кубитами и Condor с 1121 кубитом.

kod.ru

Новое поколение DSP-тюнеров с механической настройкой

Владимир Бартенев (bartvg@rambler.ru)

Нетрудно заметить, что ряд фирм, производящих радиовещательные приёмники, стали применять необычные DSP-тюнеры, которые используют механическую настройку на принимаемые станции. Такое «новшество», с одной стороны, продиктовано стремлением производителей применять уже испытанные в прошлом механические приёмы управления настройкой, а с другой – сопряжено с упрощением и снижением стоимости изготовления радиоприёмников. Однако такой даунгрейд DSP-тюнеров нового поколения, навязанный их изготовителями, заставляет производителей радиоприёмников удариться в ретро-стиль их внешнего вида, что не всегда оправдано.

Введение

В последнее время моя коллекция радиоприёмников пополнилась целым рядом интересных экземпляров, которые можно объединить по их внешнему виду. Они все выполнены в стиле ретро. Например, на рис. 1 представлены три разновидности таких ради-

оприёмников разных китайских фирм с механическими настройками. Тем не менее, независимо от формы круглой или квадратной шкалы с нанесёнными на них диапазонами и частотами принимаемых станций и, конечно же, со стрелками, которые связаны с помощью механической передачи с ручкой настройки, все эти приёмники вызывают у нас ностальгию по старинным приёмникам из далёкого прошлого. Для того чтобы хоть как-то осовременить ретро-приёмники, в них добавляют MP3-плеер.

Если же заглянуть внутрь этих приёмников, то мы не увидим конденсатора переменной ёмкости, приводимого в движение ручкой настройки, вместо него ручка настройки, механически связанная с переменным резистором, напряжение на среднем выводе которого и определяет частоту настройки. Необычно осуществляется и переключение диапазонов. Для этого имеется набор резисторов, определяющих величину фиксированного напряжения для каждого из диапазонов приёмника при их переключении. В приёмнике отсутствуют настраиваемые и переключаемые колебательные контуры, а эти напряжения с переменного резистора для плавной настройки и фиксированные с резистивного делителя для каждого диапазона подаются на соответствующие входы однокристалльного тюнера, который фактически и выполняет функции радиоприёмника. И хотя маркетологи известных торговых фирм, рекламируя эти приёмники, называют их аналоговыми, на самом деле в приёмниках применены DSP-тюнеры нового поколения.

Первый однокристалльный SDR-радиоприёмник фирмы SiLabs (США)

Для того чтобы понять, в чём особенность применения DSP-тюнера в рассматриваемых радиоприёмных устройствах, постараемся восстановить историю развития радиоприёмных устройств за последние 30 лет. Хочу напомнить, что появление так называемого программно-определяемого радио (SDR – Software Defined Radio) как нового понятия и направления в радиотехнике возникло в конце прошлого века, когда на смену цифровой реализации радиоприёмных устройств на жёсткой логике (Hardware) пришла технология программируемой обработки сигналов (Software) на сигнальных процессорах (DSP) и ПЛИС (FPGA) [1]. Ещё до этого первые попытки реализовать программируемую обработку делались при использовании возможностей компьютера. После преобразования принимаемого из антенны или с выхода усилителя промежуточной частоты традиционного супергетеродина сигнала в синусную и косинусную квадратурные составляющие их подавали на два АЦП звуковой карты, и далее с помощью специального программного обеспечения (например, популярной тогда программы Winrad) получали на выходе звуковой карты компьютера полезный сигнал.

Вот как выглядела схема простейшей SDR-приставки, предложенная радиолюбителем с позывным «UA3ELR» (рис. 2). Схема чрезвычайно проста. В ней формируются квадратурные сигналы на низкой промежуточной частоте I и Q, что позволяет осуществить SDR-приём с помощью компьютера в любом желаемом диапазоне, переключая кварцевый резонатор. Схема включает два смесителя на встречно-параллельных диодах, кварцевый гетеродин и двухканальный УНЧ на отечественной микросхеме К157УЛ1А. Подстроечным резистором регулируется баланс каналов по амплитуде, а подстроечным конденсатором по фазе эти элементы и резистор 1к входят в ВЧ-фазовращатель на 90 градусов. Кварц должен быть на частоту в два раза ниже принимаемой.



Рис. 1. Радиоприёмники из Китая разных фирм на DSP-тюнерах с механической настройкой

Последующее совершенствование SDR-приёма шло в направлении отказа от использования преобразования принимаемых сигналов в квадратурные составляющие на низкой частоте к использованию многоразрядного быстродействующего АЦП на входе приёмника с последующей децимацией цифрового потока данных, подаваемых на компьютер по USB-или LAN-интерфейсу [2]. Однако, когда в 2005 году фирма Silicon Labs [3] запустила линейку первых однокристальных FM-тюнеров, для их встраивания с функцией FM-радио в мобильные телефоны применить такой усовершенствованный вариант реализации SDR-приёмника у фирмы не было никакой возможности. Ставка была сделана на использование низкой промежуточной частоты и обработку квадратурных сигналов с помощью сигнального процессора (DSP). Это однокристальное решение стало пользоваться таким успехом, что стало самым быстрорастущим продуктом в истории SiLabs.

В 2011 году фирмой Silicon Labs был выпущен пресс-релиз с таким заголовком, который не требует перевода: «Silicon Labs ships one billionth DSP radio chip», и далее Silicon Labs представила первый в мире однокристальный FM-приемник в 2005 году. Как самая маленькая, высокопроизводительная и наиболее интегрированная ИС для FM-радиостанций, микросхема Si4700 изменила подход к разработке FM-тюнеров в бытовой электронике. В то время традиционные решения для радиовещания основывались на сложных и дорогостоящих аналоговых архитектурах, для которых требовалось большое число дискретных компонентов. Высокоинтегрированный Si4700 произвел революцию в конструкции радиоприемников, предлагая исключительно высокую чувствительность, одновременно уменьшая количество дополнительных компонентов более чем на 90% и занимая площадь на плате меньшую более чем на 60% [3].

На рис. 3 представлена функциональная схема первого семейства однокристальных DSP-тюнеров фирмы SiLabs (Si470X). Данный DSP-тюнер защищён следующими патентами США: 7272375; 7127217; 7272373; 7272374; 7321324; 7339503; 7339504; 7355476; 7426376; 7436252; 7471940.

Стоит рассмотреть, например, первый из патентов, указанных в этом длинном списке (US-7272375). Этот

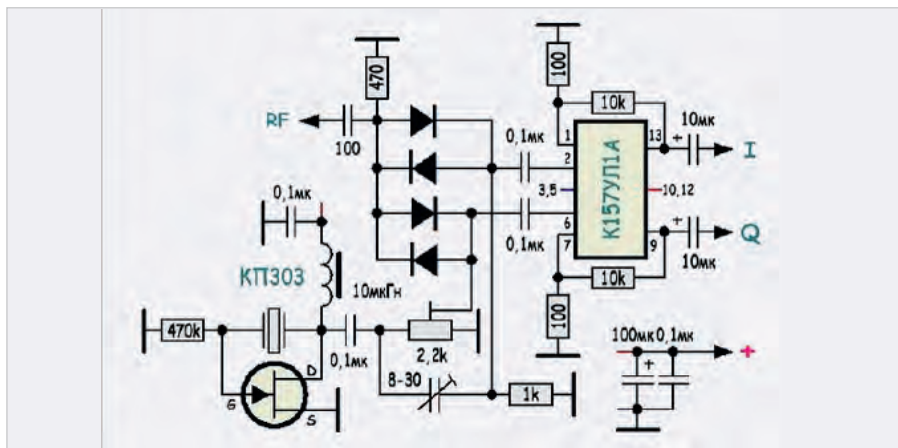


Рис. 2. Схема простейшей SDR-приставки

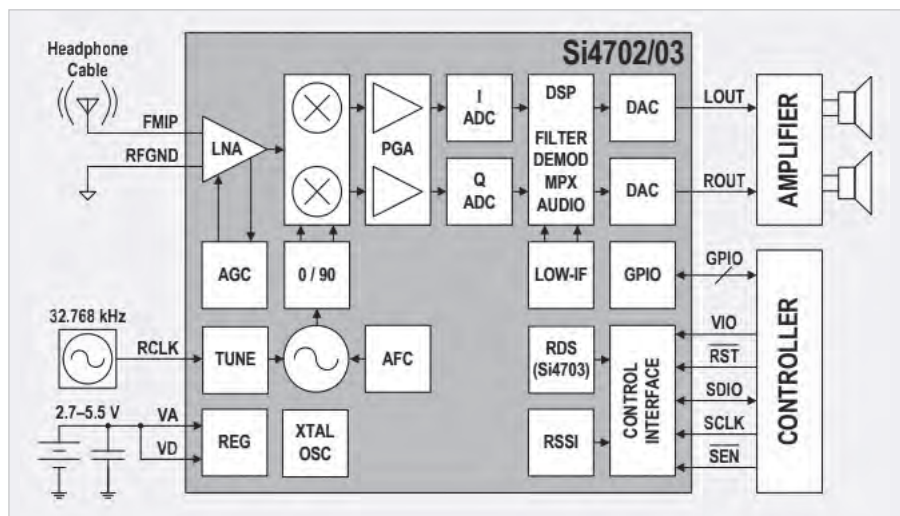


Рис. 3. Функциональная схема DSP-тюнера Si470X

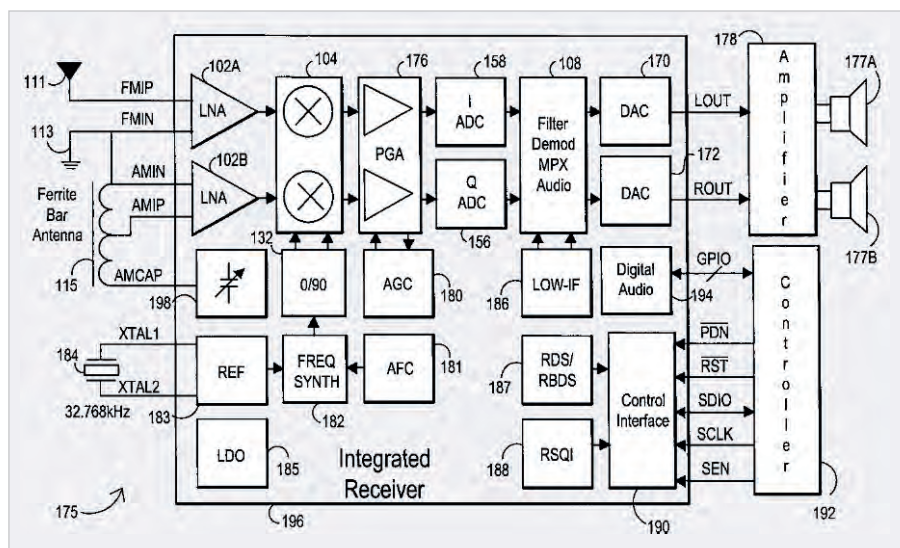


Рис. 4. Рисунок из американского патента DSP-тюнера фирмы SiLabs

патент называется «Integrated Low-if Terrestrial Audio Broadcast Receiver and Associated Method» [4]. Как мы видим, уже в названии подчёркивается использование низкой промежуточной частоты в приёмнике. Изобретателями этого патента являются Tuttle Tyson G., Kasha Dan B. Дата приоритета: 2004-06-29. Срок действия патента до 2025 года.

Приведу один из рисунков этого патента, который полностью совпадает с функциональной схемой DSP-тюнера.

Как нетрудно заметить на рис. 4, просматривается сходство принципов работы простейшей SDR-приставки (рис. 2) с блоками 104, 090, 182 и 184 DSP-тюнера. Вместо звуковой карты компьютера в DSP-тюнере два

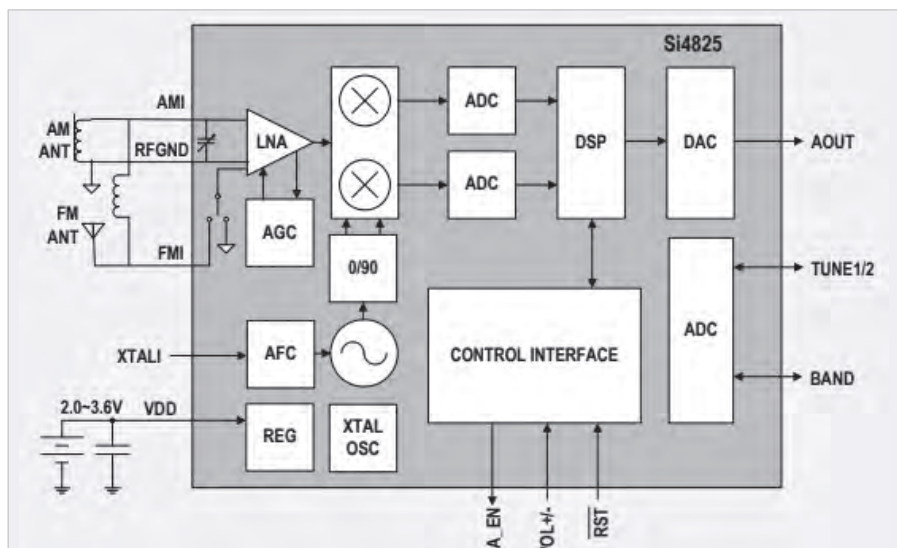


Рис. 5. Функциональная схема DSP-тюнера Si4825 с механической настройкой

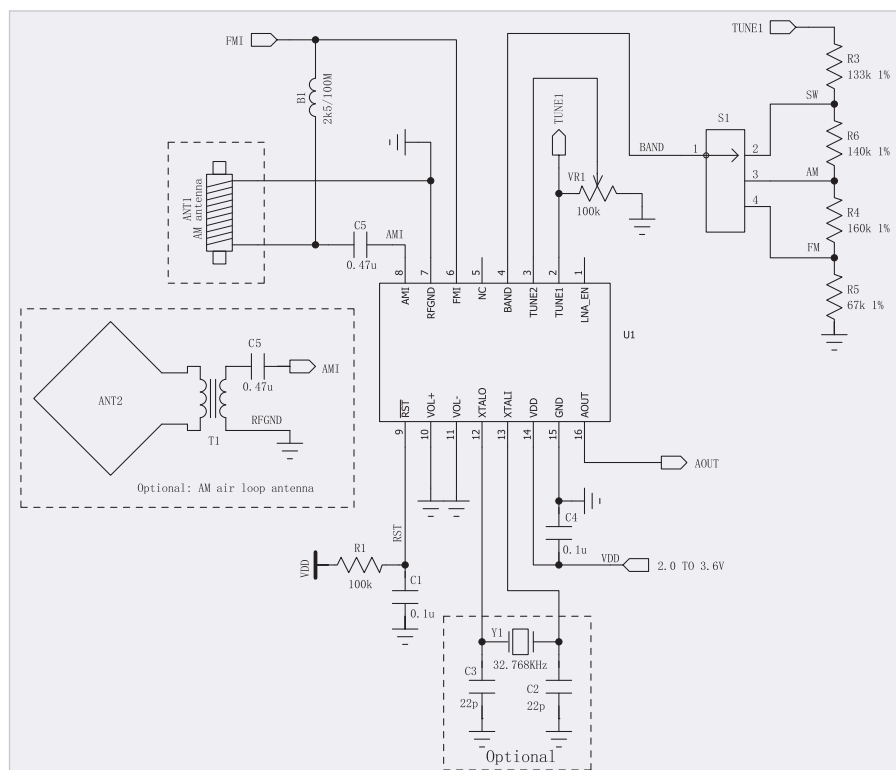


Рис. 6. Принципиальная схема радиоприёмника с DSP-тюнером Si4825

АЦП (блоки 156 и 158), а сам компьютер заменён сигнальным процессором (блок 108). Звуковая карта в DSP-тюнере – это два ЦАП (блоки 170 и 172). Важно подчеркнуть, что управление DSP-тюнером осуществляется внешним контроллером (блок 192), и тюнер может работать в стереорежиме.

Однако нас интересует новое поколение DSP-тюнеров, появившихся через 10 лет после первого семейства Si470X. Представителем этого нового поколения DSP-тюнеров является микросхема Si4825 [4]. Вот её функциональная схема (см. рис. 5).

Появление этого DSP-тюнера основывается фирмой Silicon Labs следующим образом. Si4825 – всеволновой (AM/FM/SW) радиоприёмник SDR начального уровня с низкой промежуточной частотой и механической настройкой. Приёмник на одном кристалле реализует полную функцию радиоприёмного устройства от входа антенны до аудиовыхода. Si4825 расширяет семейство многодиапазонных тюнеров Silicon Labs и ещё больше увеличивает простоту и привлекательность дизайна радиоприёмника благодаря небольшому размеру, минимальному количеству дополнительных

компонентов и проверенной эффективной работе микросхемы. Схема применения Si4825 предельно проста и не требует ручной настройки во время производственного процесса. Si4825 имеет высокую чувствительность и очень низкое энергопотребление.

Простота применения Si4825 объясняется тем, что она имеет встроенный управляющий микроконтроллер. В этом принципиальное отличие нового поколения DSP-тюнеров Si4825 от своих предшественников.

Технические характеристики Si4825:

- поддержка FM-диапазона, в том числе и УКВ-диапазона России (64...109 МГц);
- поддержка диапазона средних волн AM (504...1750 кГц);
- поддержка диапазона коротких волн SW (2,3...28,5 МГц);
- моноаудиовыход;
- автоматическая настройка частоты (AFC);
- напряжение питания от 2,0 до 3,6 В;
- 16-контактный корпус SOIC.

Принципиальная схема включения микросхемы Si4825 приведена на рис. 6. Переключатель диапазонов – S1, а переменный резистор VR1 – настройка частоты.

Список патентов, которыми защищён тюнер Si4825: 7127217; 7272373; 7272375; 7321324; 7355476; 7426376; 7471940; 7339503; 7339504.

Анализ функциональной схемы, как и уменьшенного числа патентов, заложенных в DSP-тюнер Si4825, говорит не об усовершенствовании, а скорее о снижении эксплуатационных характеристик этой микросхемы. Подтверждает это и отказ в FM-диапазоне от стереорежима в Si4825 и невозможность извлечь из DSP-тюнера информацию о принимаемой частоте. И наконец, полное отсутствие в настоящее время на сайте Silicon Labs какой-либо информации об этом направлении деятельности [3] позволяет сделать вывод об утрате интереса руководства фирмы к DSP-тюнерам. Одной из главных причин этого может быть освоение и массовое производство аналогичных DSP-тюнеров китайскими фирмами.

Лидер производства DSP-тюнеров – фирма KTMicro (Китай)

Рассмотрим, например, DSP-тюнеры такой китайской фирмы, как KTMicro [7]. Интересна история её создания в 2006 году в Пекине. KTMicro – высоко-

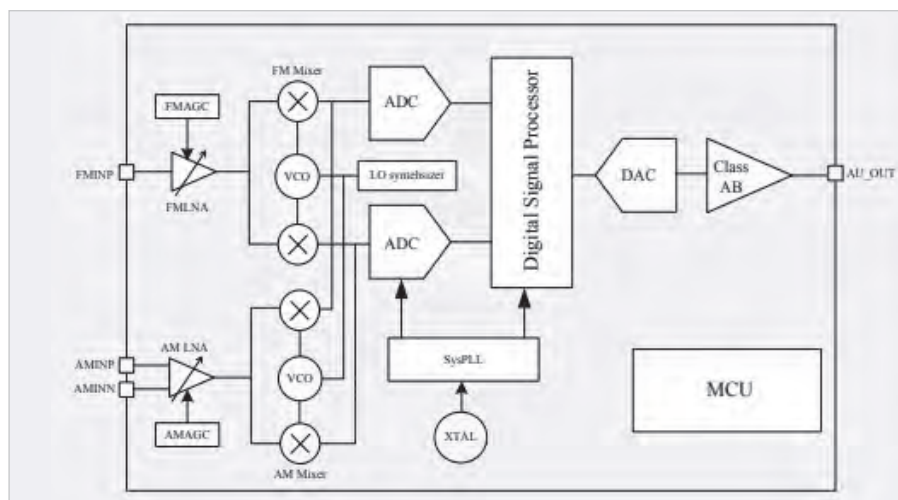


Рис. 7. Функциональная схема DSP-тюнера KT0936M

технологичное предприятие по разработке интегральных схем (ИС) – было создано вернувшимися из США учёными. В настоящее время её зарегистрированный капитал составляет более 13 млн долл. США, её штаб-квартира находится в Пекине, а филиалы расположены в Сиане, Шэньчжэне и Гонконге. Компания специализируется на исследованиях и разработках, в том числе и DSP-тюнеров. В частности, сравнительно недавно фирма KTMicro

выпустила микросхему КТ0936М, которая также является однокристалльным программируемым DSP-тюнером со встроенным управляющим контроллером. Я не случайно добавил как особенность этого DSP-тюнера его программируемость. Этим важным его свойством мы далее воспользуемся. По моему запросу фирма KTMicro прислала описание этой микросхемы, выдержки из которого я приведу. Тюнер может работать как в FM-, так и в

АМ-диапазонах (ДВ, СВ, КВ). Настройка и переключение диапазонов осуществляется механическим способом, соответственно переменным резистором на одном входе АЦП и переключением делителей напряжения на другом входе АЦП тюнера. Так выглядит функциональная схема тюнера (см. рис. 7).

Нетрудно увидеть, что это всё тот же SDR-радиоприёмник с низкой промежуточной частотой, мало чем отличающийся от DSP-тюнера фирмы Silicon Labs Si4825. Однако есть одна особенность микросхемы KTMicro, которая делает её особенно привлекательной. Речь идёт о возможности задавать различные режимы и параметры работы тюнера с помощью внешнего ПЗУ, подключаемого к КТ0936М посредством интерфейса I2C. Рассмотрим этот вопрос подробнее. DSP-тюнер после изготовления может работать в FM-диапазоне на частотах 87...108 МГц. Если же мы хотим расширить диапазон принимаемых частот, включая и советский УКВ-диапазон, начиная с 62 МГц, то потребуются изменить режим работы тюнера с помощью микросхемы ПЗУ. Схема подключения этой вспомогательной управляющей микросхемы AT24C02 показана на рис. 8.

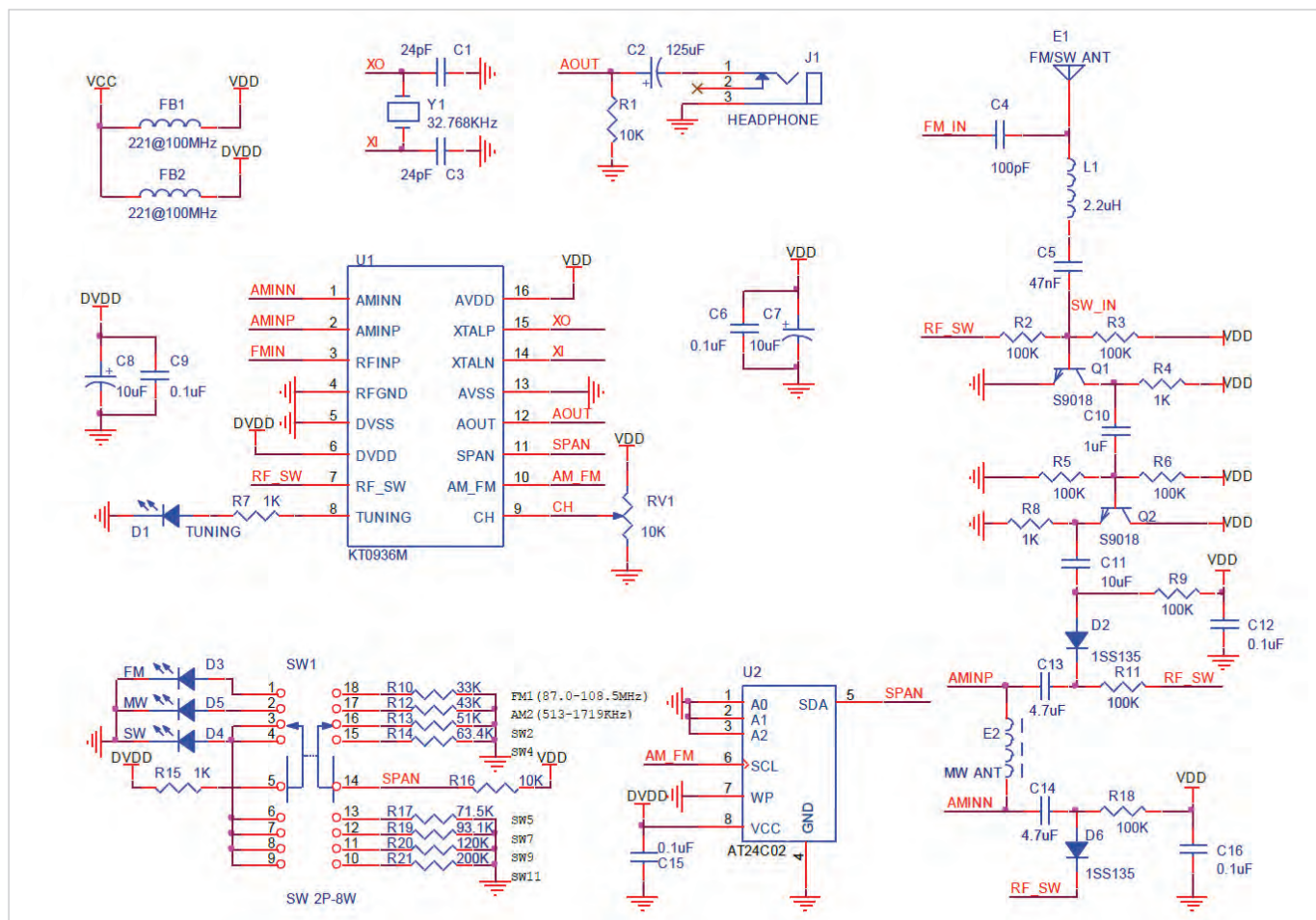


Рис. 8. Электрическая схема радиоприёмника на DSP-тюнере KT0936 (U1) с управляющей микросхемой ПЗУ AT24C02 (U2)

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
00000000	82	46	4B	54	00	01	02	9C	08	00	00	40	00	C3	00	1F
00000010	00	0C	72	00	00	00	95	00	A0	2D	00	24	00	97	24	53
00000020	30	84	15	01	89	64	31	00	01	00	C0	A8	5F	BE	00	30
00000030	A0	6B	FC	00	3F	3F	10	00	54	0A	1B	02	00	F2	07	03
00000040	28	00	60	00	D6	01	C7	01	C7	00	00	00	34	45	32	BA
00000050	80	22	16	0D	31	1C	3F	FF	70	00	00	30	00	42	23	C4
00000060	00	40	41	00	04	D7	18	1B	16	8A	FA	FB	88	01	00	00
00000070	0A	00	83	83	E1	14	96	00	10	00	00	00	00	00	2C	55
00000080	53	3A	35	24	1F	00	00	00	06	B8	05	00	01	F8	01	F8
00000090	04	F6	03	84	05	E6	02	94	02	01	04	5C	02	01	04	B6
000000A0	00	00	00	00	0B	B8	32	C8	1F	40	08	98	0D	AC	10	CC
000000B0	15	AE	1A	7C	23	BE	2B	5C	32	C8	3A	02	42	9A	52	9E
000000C0	07	D0	07	D0	07	D0	01	04	00	96	01	04	00	D2	00	CC
000000D0	00	E6	01	04	01	04	00	E6	00	FA	00	E6	00	00	00	00
000000E0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000F0	3A	35	24	1F	30	17	44	0B	00	00	00	00	00	00	00	00

Рис. 9. Содержимое управляющего ПЗУ AT24C02 для добавления работы DSP-тюнера в УКВ-диапазоне

Поскольку микросхема ПЗУ AT24C02 относится к типу EEPROM, нам потребуется программатор, например, CH341A с программой и драйвером. Загруженная программа в программатор в нашем случае выглядит так (см. рис. 9). Хотелось бы сказать и ещё об одной особенности микросхем КТ0936М. В Китае выпускаются две разновидности микросхем КТ0936М, отличающиеся тем, что для включения FM- или FM+УКВ-диапазона делитель напряжения, подключаемый к выводу SPAM (11 ножка), может состоять из двух резисторов 10 кОм и 33 Ома или 10 кОм и 33 кОма, что можно определить только экспериментально.

Усовершенствование DSP-тюнера с механической настройкой

Как некоторый итог к сказанному, можно утверждать, что в последнее время многие фирмы-разработчики однокристальных DSP-тюнеров, такие как Silicon Labs (микросхема Si4825) [4], KTMicro (микросхема КТ0936М) [8] и



Рис. 10. Модернизированный радиоприёмник «Комсомолец» на DSP-тюнере КТ0922 в FM-диапазоне принимает станции в стерео-режиме

другие, предельно упростили разработку радиоприёмников за счёт встраивания управляющего микроконтроллера на кристалл DSP-тюнера. В этом случае управление настройкой приёмника осуществляется переменным резистором изменением напряжения на входе АЦП DSP-тюнера, что лишает возможности идентифицировать частоту принимаемых станций. Это явилось одной из причин того, что внешний вид современных приёмников с такими DSP-тюнерами стилизован под старину введением шкал со стрелками, движение которых производится механическим приводом от переменного резистора настройки.

Чтобы повысить функциональные возможности современных радиоприёмников, использующих DSP-тюнеры, в которых применяется механическая настройка, предлагается использовать способ измерения и индикации частоты, повышающий точность настройки и её цифровую и речевую визуализацию [8]. Сущность предлагаемого способа заключается в том, что измерение и индикация частоты принимаемого сигнала DSP-тюнером осуществляются измерением напряжения на переменном резисторе настройки, которое после АЦП и функционального преобразования зависимости частоты от кода напряжения передают на дисплей для индикации принимаемой частоты и озвучивания её в синтезаторе речи. Такая поставленная цель для реализации предлагаемого усовершенствования достигается тем, что устройство содержит блок сопряжения, модуль

индикации и синтезатор речи, причём блок сопряжения подключён непосредственно к трём выводам переменного резистора настройки, а входы модуля индикации и управляющий вход синтезатора речи подключены непосредственно к выходам блока сопряжения, при этом выход звукового сигнала синтезатора речи подключен к динамику. Такое устройство позволяет полностью реализовать предложенный способ измерения и индикации принимаемой DSP-тюнером частоты.

Эксплуатация опытного образца устройства с использованием серийного приёмника RITMIX RPR-202, в котором используется DSP-тюнер КТ0936М, подтвердила преимущества этой эффективной технологии измерения и индикации принимаемой частоты радиоприёмником с механической шкалой.

Об использовании DSP-тюнеров для модернизации старинных приёмников

Не могу не отметить ещё одно направление, в котором широко могут использоваться DSP-тюнеры с механической настройкой. Это модернизация старинных радиоприёмников. В частности, мною при использовании микросхем фирмы KTMicro КТ0922 был приведён в рабочее состояние старинный приёмник «Комсомолец» (см. рис. 10).

Прежде всего хочу ответить на главный вопрос. Почему мною был выбран для модернизации именно старинный приёмник «Комсомолец»? Отвечаю. Этот приёмник был выбран потому, что он был разработан после Великой Отечественной войны сотрудником п/я 241 (ныне МНИИРС) Муромом Рашидовичем Каплановым [9]. В 1947 году Капланов М.Р. побеждает в конкурсе на лучший массовый детекторный приёмник, который он назвал «Комсомолец» и который выпускался в большом количестве на многих радиозаводах и радиоартелях СССР до середины 50-х годов. Конец 40-х годов связан у Капланова не только с разработкой детекторного приёмника «Комсомолец». В первую очередь, если судить по его научным отчётам, это разработка нескольких радиостанций различного назначения: «Клён», «Тополь», «Кипарис», «Акация», «Дуб», «Сирень» и «Пальма». По результатам этих работ М.Р. Капланов в 1949 г. награждён нагрудным знаком «Почётный радист СССР». С 1958 г. он начинает по совме-

стителю преподавать на кафедре конструирования и производства радиоаппаратуры во Всесоюзном заочном энергетическом институте подготовки и усовершенствования инженеров (ВЗЭИ), г. Москва (ныне МТУ МИРЭА).

С запуском первого в мире искусственного спутника Земли в СССР в 1957 году встал вопрос об использовании спутников в качестве ретрансляторов для передачи информации на большие расстояния. Под руководством главного конструктора М.Р. Капланова разрабатываются следующие проекты космических систем связи как гражданского, так и военного применения: «Молния-1» 1962 г., «Молния-2» 1965 г., «Корунд» 1969 г., «Кулон» 1973 г. В 1963 г. Капланов – доктор технических наук. В 1964 г. – профессор кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры МИРЭА. Он дважды лауреат государственной премии (1968, 1975 гг.) и дважды награждён орденом Трудового Красного Знамени (1963, 1973 гг.). В 1973 г. М. Р. Капланов покидает МНИИРС и до своей смерти в 65 лет возглавляет кафедру конструирования и производства радиоаппаратуры МИРЭА. Я, как преподаватель МИРЭА, для сохранения исторической памяти об известном учёном Мураде Рашидовиче Капланове открыл о нём страничку в Википедии и предпринял попытку оживить созданный им радиоприёмник.

Теперь ответу задаваемый мне часто вопрос: имеет ли право коллекционер вносить какие-либо изменения в старинный приёмник? Отвечать на этот вопрос имеет смысл, дав определение, что такое реставрация и модернизация. Итак, при реставрации коллекционер или реставратор стремится полностью достичь исходного состояния приёмника, тем самым обеспечив его первоначальную идентичность. И хотя восстановить работоспособность отреставрированного приёмника не всегда удастся, тем не менее такой приёмник может достойно занять своё место в музее или в коллекции. Такой подход широко практикуется при восстановлении приёмников как исторических памятников культуры и науки. Другое дело – модернизация старинного приёмника. Уже практически сразу после серийного освоения в производстве приёмника «Комсомолец» стали появляться публикации по его модернизации. Так, в 1949 году в журнале «Радио» была предложена модерниза-

ция на двух лампах, устанавливаемых в панельки непосредственно на корпус приёмника. Более серьёзная модернизация описана в 1955 году в книге В.В. Ефимова, когда в корпус приёмника «Комсомолец» был вмонтирован трёхламповый приёмник на сверхминиатюрных лампах. При этом первая лампа работала в режиме регенеративного детектора.

Но вот после создания первого в мире микропроцессора в 1971 году наступила эра программируемой радиоэлектроники. Появились микроконтроллеры, сигнальные процессоры и ПЛИС. Совершенствовались интегральные микросхемы и для радиоприёмных устройств, в том числе для программируемых SDR-приёмников. Наступил черёд модернизировать и приёмник «Комсомолец», используя современную элементную базу, в частности, DSP-тюнеры. Моя первая модернизация приёмника «Комсомолец» на DSP-тюнере с внешним микроконтроллером описана в книге [10]. Одно лишь замечание при этом следует сделать. При модернизации нужно придерживаться разумного компромисса в соотношении сохранённого исходного состояния и вносимых изменений в модернизируемый радиоприёмник. Приведу пример из своего опыта. Моя первоначальная модернизация приёмника «Комсомолец» с DSP-тюнером состояла в попытке сохранить или воспроизвести все внутренние атрибуты приёмника, за исключением оси ручки настройки, которая была заменена двойным переменным резистором с отдельным управлением. При этом нижний резистор использовался для настройки DSP-тюнера, а к верхнему прикреплялся поводок, изменяющий настройку детекторного приёмника, перемещая карбонильный сердечник внутри катушки. Но при этом изменялся внешний вид приёмника за счёт двойной ручки управления настройкой. Мне показалось, что важнее сохранить исторический внешний вид приёмника. Пришлось пожертвовать катушкой индуктивности с карбонильным сердечником, изъять её вместе с её настройкой, и заменить её современной ферритовой антенной для работы в режиме АМ, оставив только один потенциометр с одной ручкой для настройки DSP-тюнера. Коллекционный экземпляр приёмника «Комсомолец» у меня только один, и к нему, как и к старинным электромагнитным и пьезоэлек-

трическим наушникам в моей коллекции, я отношусь предельно бережно и обхожусь без модернизаций.

Заключение

Несомненно, создание фирмой Silicon Labs в 2005 году первого однокристального SDR-радиоприёмника (Radio-on-a-Chip) произвело революцию в радиоприёмной технике. Последующее освоение и массовое производство однокристальных тюнеров в Поднебесной сделало эти микросхемы общедоступными и низкобюджетными. Появление в настоящее время простых DSP-тюнеров с механической настройкой ещё более оживило производство радиоприёмников. Неслучайно в настоящее время десятки китайских фирм заполнили рынок своими изделиями с использованием DSP-тюнеров с механической настройкой. Оживилось и радиолюбительское движение в разработке и создании всеволновых приёмников на DSP-тюнерах. Важно подчеркнуть, что предельная простота конструкции приёмника на DSP-тюнере с механической настройкой даёт возможность его создания даже начинающим радиолюбителям.

Литература

1. *Бартев В.Г.* 100 лет супергетеродинному радиоприёмнику // Современная электроника. 2018. № 9.
2. *Тумачек А., Кругликов Д.* Программно-конфигурируемое радио набирает обороты // Современная электроника. 2016. № 8.
3. URL: <https://www.silabs.com/>.
4. URL: <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/Si4825-A10.pdf/>.
5. URL: <https://www.radioworld.com/news-and-business/silicon-labs-passes-1-billion-radio-chip-mark/>.
6. URL: <https://patents.google.com/patent/US7272375/>.
7. URL: <http://www.ktmicro.com/>.
8. URL: <http://www.ktmicro.com/en/list-57.html/>.
9. *Бартев В.Г.* Способ измерения и индикации частоты DSP-тюнера и устройство для его реализации / Патент № 2736515 по заявке № 2020106822. Опубликовано: 17.11.2020. Бюл. № 32.
10. *Бартев В.Г., Абакумова А.Ю.* Первые космические системы связи (к 100-летию со дня рождения М.Р. Капланова) // Электро-связь: история и современность. 2015. № 12.
11. *Бартев В.Г.* Детекторные приёмники – вчера, сегодня и завтра. М.: Горячая линия – Телеком, 2016.



Перспективы развития высокоскоростных соединений между датчиками и бортовыми дисплеями автомобиля

Кэрри Брауэн, Кевин Кершнер (Keysight Technologies)

Ни для кого не секрет, что темпы инноваций в автомобильной промышленности растут стремительно. Если предыдущие двадцать лет развитие автомобильной электроники было линейным, то за последние два-три года оно стало экспоненциальным. Автомобили становятся всё более технически сложными устройствами, интегрирующими в себе разнообразную электронику, и вопрос организации скоростных коммуникаций между устройствами становится всё актуальнее.

Раньше автомобиль был просто средством передвижения из пункта А в пункт Б. Сейчас мы можем с уверенностью сказать, что это не относится к современным машинам и уж точно – к автомобилям завтрашнего дня. Практически каждый новый автомобиль на рынке оснащён камерой заднего вида, системой помощи при парковке и системой мониторинга слепых зон. Некоторые предлагают обзор на 360°. Другие функции обеспечивают обновления данных о дорожной обстановке в режиме реального времени, сотовую связь с потенциальными источниками опасности, другими участниками дорожного движения, транспортными средствами или пешеходами. Есть функции, которые могут определить, что водитель отвлекается или устал. А между тем люди в машине часто не задумываются о том, насколько сложное оборудование помогает им в вождении, и оценивают по достоинству лишь возможности информационно-развлекательных систем. Эти функции реализуются с помощью различных датчиков, камер и сетей.

По мере роста требований передовые системы помощи водителю (ADAS) нового поколения требуют применения камер и радаров всё более высокого разрешения. Это означает увеличение скорости передачи и

пропускной способности сетей, коммутаторов и интерфейсов, по которым передаются данные. Инновации в автомобильной электронике стремительно ускоряются. Они, в частности, нацелены на то, чтобы обеспечить передачу данных для этих продвинутых функций со скоростью более 1 Гбит/с по существующим кабельным соединениям. Сети с более высокой пропускной способностью и меньшей задержкой будут играть решающую роль в решении проблем, связанных с реализацией будущих сложных, чувствительных ко времени автомобильных технологий.

Многие из этих требований могут быть удовлетворены автомобильным Ethernet со скоростью передачи до 10 Гбит/с. Если учесть, что некоторые камеры требуют до 3500 Мбит/с, мы должны рассмотреть и другую технологию для передачи этих данных.

Требования к пропускной способности

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

- Размер кадра = Разрешение × Глубина цвета;
- Скорость передачи данных = Размер кадра × 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:

$$\text{Размер кадра} = 1920 \times 1080 \times 24 = 49\,766\,400 \text{ бит.}$$

Скорость передачи данных равна $49\,766\,400 \times 30 = 1\,493 \text{ Мбит/с}$.

В табл. 1 приведены типичные объёмы данных от различных датчиков, задействованных в беспилотном вождении.

Отраслевые требования

Автомобильный рынок развивается под влиянием множества факторов, среди которых наиболее важными являются следующие:

- увеличение потребности в более широких полосах пропускания и применении более лёгких материалов для реализации соединений;
- увеличение потребности в системах помощи водителю;
- рост спроса на элитные автомобили;
- перспективные технологии;
- повышение безопасности данных.

Авторами установлена необходимость применения технологий, обеспечивающих повышение пропускной способности и снижение веса проводных соединений для достижения максимальной эффективности использования топлива (или батарей). Рост спроса на камеры заднего вида, датчики парктроников и систем помощи при смене полосы движения, не говоря уже об отображении приборной панели на ветровом стекле и навигаторах, а также любых дополнительных информационно-развлекательных системах, вызван развитием систем помощи водителю и технологий беспилотного вождения.

Кроме того, разработчикам сетей нужно понимать, каким образом будут масштабироваться системы автомобиля по мере развития технологий. Сегодня ожидается, что срок владения машиной составит 10–15 лет. В целях повышения экономической эффективности уже сегодня следует рассмотреть возможность проектирования сетевых решений, позволяющих увеличить пропускную способность для поддержки дополнительных ресурсоёмких функций помощи водителю и беспилотного вождения, которые клиенты захотят получить в течение срока службы автомобиля. И конечно, обе-

Таблица 1. Объёмы данных от датчиков, задействованных в беспилотном вождении

Датчик	Скорость передачи данных, Мбит/с
Камера	500...3500
Лидар	20...100
Радар	0,1...5
Ультразвуковой датчик	0,01

спечение безопасности – это ещё одна важная задача при проектировании автомобиля. Поскольку всё больше функций помощи водителю и беспилотного вождения автоматизируется, очень большое внимание уделяется безопасности пассажиров.

Зональная архитектура

Инженеры всегда пытаются уменьшить сложность конструкции, и это также относится к бортовым сетям.

На рис. 1 схематически показан автомобиль, в котором через объединительную плату передаются потоки данных с разными скоростями. Это грубое упрощение, но в рамках данного обсуждения оно помогает нам представить, как некоторые из этих технологий и стандартов работают вместе.

Зональная архитектура объединяет множество входов и, в конечном счёте, уменьшает сложность системы, стоимость и вес проводов, переходя от архитектуры «звезда» к архитектуре «шлейф» или «точка-точка». Это пример архитектуры на основе зон. Также существует архитектура на основе доменов. Обе архитектуры будут агрегировать данные с камер и датчиков, а Ethernet будет служить связующим звеном между каждой зоной или доменом. Поскольку центральный вычислительный комплекс связан с датчиками и устройствами через зональные сетевые шлюзы, зональный подход может обеспечить лучшую масштабируемость, а также повышенную надёжность и функциональность.

Введение SerDes

В современных информационно-развлекательных системах автомобильные камеры и дисплеи обычно подключаются к электронному блоку управления (ЭБУ), обрабатывающему изображение, через соединение SerDes (последовательно-параллельный интерфейс). Сегодня они поставляются разными производителями, использующими закрытые проприетарные стандарты.

Для расширения зоны действия многофункциональных каналов интерфейс SerDes может потребовать перехода на более низкие скорости передачи и использования модуляции более высокого порядка (например, PAM-4). Кроме того, в качестве первичных соединений между зонами потребуются каналы Ethernet с более высокой пропускной способностью, возможно, с использованием 802.3ch со скоростью передачи до 10 Гбит/с.

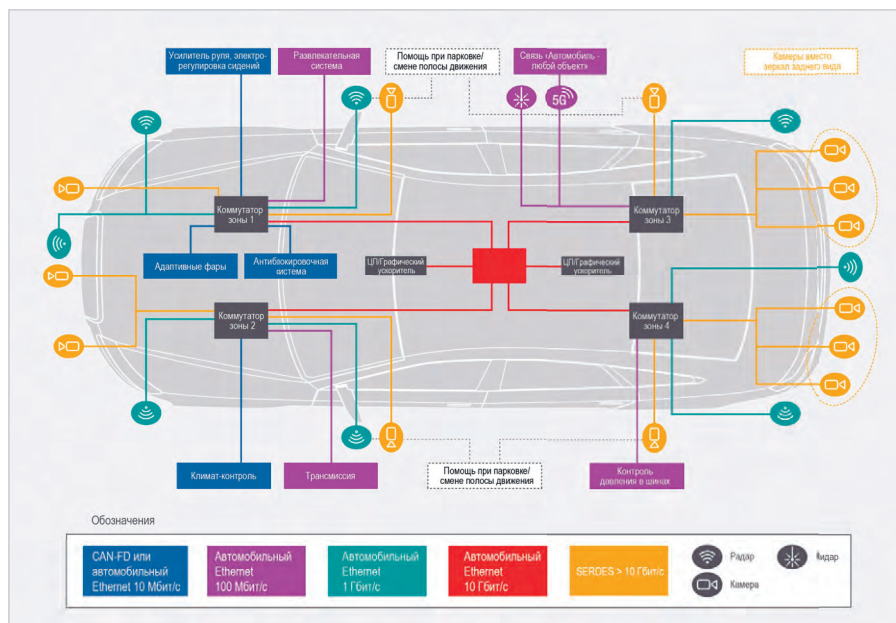


Рис. 1. Концептуальная схема зональной архитектуры бортовой сети



Рис. 2. Пример применения автомобильных дисплеев

Многие производители микросхем реализуют новые стандарты интерфейса SerDes, такие как MIPI A-PHY (спецификация физического уровня процессорного интерфейса переносных устройств, предназначенная для датчиков контроля окружающей обстановки систем помощи водителю и беспилотного вождения, а также дисплеев бортовых информационно-развлекательных систем) и Automotive SerDes Alliance (ASA). Это создаёт конкурентный рынок, который будет стремиться к снижению стоимости при обеспечении необходимых функций. Также существует желание иметь стандартизированные методы тестирования во всей экосистеме, которые устанавливают требования к функциональной совместимости. Испытателям и

поставщикам контрольно-измерительных приборов это позволит унифицировать требования к производителям микросхем, комплектного оборудования и их поставщикам первого уровня. Единые требования к испытаниям позволяют производителям микросхем, комплектного оборудования и их поставщикам первого уровня ускорить цикл разработки, снизить затраты и улучшить совместимость с другими серийно выпускаемыми устройствами.

На рис. 2 показан пример применения автомобильных дисплеев. Иллюстрация взята из документации MIPI Alliance и сопровождается ссылкой на вновь выпущенный стандарт A-PHY [1].

Некоторые функции SerDes следующего поколения поддерживают будущую сервис-ориентирован-



Рис. 3. Изображение с камеры заднего вида с разрывами передачи

ную архитектуру с туннелированием и адаптацией протоколов, что позволит новым стандартам SerDes пересылать данные устаревших автомобильных протоколов по шлейфовым соединениям к соответствующему ЭБУ или межсетевому мосту. Дублирование потоков обеспечивает критически важным для безопасности системам возможность резервирования на случай отказа основного канала связи. Соединение шлейфом позволит подключить несколько портов SerDes друг к другу, агрегируя данные на линии связи, прежде чем они поступят в ЭБУ. И наконец, функциональная безопасность достигается путем обеспечения сквозных механизмов защиты, соответствующих стандарту ISO 26262.

Эти функции востребованы в следующем поколении автомобилей, разработанных с системами помощи водителю и беспилотного вождения. Но существует ряд проблем, которые следует преодолеть, включая наличие различных кабелей и разъёмов MDI (интерфейс, зависящий от передающей среды), обеспечение безопасности сети и совместимость с продукцией других производителей, технические проблемы тестирования передатчиков с целью обеспечения линейности и измерения спектральной плотности мощности (PSD) в сетях PAM-N. Также важно проверить устойчивость приёмников к электромагнитным помехам для обеспечения работы в жёстких условиях на борту автомобиля. Это сложное измерение, которое включает в себя подачу заранее определённых, калиброванных уровней шума на вывод RX устройства SerDes и контроль его способности синхронизировать символы в пределах допустимой погрешности.

Тестирование на физическом уровне

Функциональная совместимость – это реальная проблема. Приёмопередатчики – это чувствительные устрой-

ства, которые должны работать в чрезвычайно жёстких условиях на борту автомобиля, включающих в себя тепло, вибрации, электростатические разряды и электромагнитные помехи.

Keysight разделяет три области тестирования. Первая – это передача. Вы должны быть уверены в том, что отправили то, что нужно было отправить. Вторая – это возможность приёма, то есть то, насколько надёжно ваше устройство (шлюз, модуль, коммутатор или другой компонент физического уровня) принимает полезные сигналы. И наконец, это характеристики пассивного соединения между приёмопередатчиками, известного как сегмент линии связи. Проверка на физическом уровне охватывает все три эти области.

Конечная цель этого тестирования – обеспечение совместимости устройств разных производителей. В одном автомобиле может использоваться продукция более 100 поставщиков, для которых организации по сертификации создают соответствующие спецификации. Проверка оборудования по известным мировым стандартам позволяет оценить его способность обеспечить целостность данных и надёжность его функционирования.

Тестирование передачи

В случае с передатчиком мы стремимся удостовериться в хороших характеристиках передаваемого сигнала. Поэтому мы используем прибор, действующий как приёмник – в данном случае осциллограф. Тестируемое устройство (ТУ) переключается в ряд известных состояний, а приёмник проверяет, остаётся ли сигнал в пределах допустимых значений.

На рис. 3 показано изображение с камеры заднего вида с горизонтальными полосами. Полосы соответствуют разрывам передачи, т.е. потерянным пакетам. Одна или две полосы ещё позволяют видеть изображение, но вам определённо не захочется, чтобы оно превратилось в сплошные чёрные полосы, когда в слепой зоне находится ребёнок.

Камера изготовлена одним производителем, кабель – другим. То же самое можно сказать о коммутаторе, передающем сигнал, центральном процессоре или ЭБУ, обрабатывающим данные, и затем о тормозах, которые в конечном итоге должны остановить автомобиль. Все они выпускаются разными производителями, но должны исправно рабо-

тать вместе, что подчёркивает важность совместимости различных компонентов между собой.

Кроме того, требуемая скорость передачи данных возрастает в 100...1000 раз по сравнению с пропускной способностью шины CAN, а для обработки высокоскоростных сигналов требуются более сложные решения. Схемы модуляции становятся всё более сложными. Прежние стандарты, такие как CAN, использовали NRZ или PAM-2, в то время как для автомобильных интерфейсов Ethernet и SerDes используются уже PAM-3 и PAM-4. Таким образом, при тестировании передачи данных необходимо проверять их целостность, что требует:

- измерения джиттера передатчика, который может быть вызван ошибками синхронизации;
- тестирования спектральной плотности мощности, которая измеряется как шум в диапазоне частот (с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ) или анализатора спектра), поскольку дорожки печатной платы при высоких скоростях передачи могут вести себя как антенны;
- измерения линейности для выявления любых искажений, вызванных отражениями, которые, в свою очередь, могут вызвать ошибки передатчика и битовые ошибки.

В итоге нам нужно убедиться, что передача данных не вызывает паразитных излучений, отражений или затуханий, а также не создаёт помех для других схем. Если устройство не пройдёт хотя бы один из этих тестов, то это приведет к символьным или пакетным ошибкам, потерянным кадрам в приёмнике, то есть полосам на экране, как проиллюстрировано выше.

Тестирование канала

Кабель, разъём, оснастка и жгут, соединяющий эти устройства, представляют собой канал или сегмент линии связи.

Для оценки влияния канала на сигнал и проверки целостности сигнала между передатчиком и приёмником можно воспользоваться векторным анализатором цепей. Учитывая длину кабеля, используемого в жёстких условиях автомобиля, очень важно рассмотреть зависимость импеданса от частоты, чтобы предсказать, как канал будет работать в автомобиле. Сегмент линии связи состоит из кабеля со штатными разъёмами и ответными разъёмами

устройств на обоих концах. Различные кабели, отвечающие за передачу данных управления и полезной нагрузки, а также подачу питания постоянного тока на удалённые датчики, объединяются в жгут. Измерение характеристик для канала SerDes включает в себя анализ во временной и частотной областях. Для этого необходимо изучить кабельную систему, MDI, а также требования к оснастке и схеме измерений.

Сам разъём MDI не является стандартизированным, но существуют некоторые жёсткие спецификации, позволяющие свести к минимуму взаимодействие между MDI и кабелем. На рис. 4 показан пример соединителя H-MTD, который используется в многогигабитных сетях автомобильного Ethernet, а также в линиях новых стандартов SerDes.

Тестирование канала нацелено на обнаружение таких ошибок, как:

- рассогласование импеданса;
- искажения или дефекты сигнала;
- перекрёстные помехи между кабелями.

Тестирование приемника

Приёмники выполняют первичную обработку данных, переданных по каналу связи, а затем пересылают их для дальнейшей обработки в ЭБУ или устройство отображения. Битовые

ошибки в приёмнике приводят к потере или повреждению данных, поступающих от критически важных датчиков, таких как камеры, радары и лидары.

Обеспечение правильного функционирования приёмника становится всё более трудным для сложных типов модуляции, таких как PAM-4, особенно при передаче по длинным линиям, подверженным одновременному воздействию многих источников шума.

Чтобы охарактеризовать возможности приёмника, необходимо измерить уровни ошибок в присутствии многочисленных источников шума, включая:

- узкополосные помехи;
- подачу большого тока;
- переходные процессы в линии;
- перекрёстные помехи внутри жгута и между жгутами.

Схема измерений может включать источники шума, усилители и схемы связи, которые позволяют подавать точные уровни шума в активный канал интерфейса SerDes. Затем опрашиваются регистры качества сигнала TU, чтобы проверить, может ли приёмник правильно интерпретировать символы в присутствии шума. При тестировании приёмника особое внимание уделяется предельным показателям, чтобы убедиться, что он всё ещё может поддерживать приемлемый коэффициент битовых ошибок (BER).



Рис. 4. Пример соединителя MDI с H-MTD и SMA

Прогноз на будущее

Будет больше камер, больше соединений и больше датчиков при лучшей точности, меньшем весе и повышенной надёжности. Несомненно, при этом возникнет потребность в бортовой автомобильной сети, которая способна беспрепятственно решать задачи быстрой передачи данных. Такие автомобильные сети должны тщательно тестироваться, поскольку они должны быть совместимыми и безопасными.

Литература

1. URL: https://standards.ieee.org/content/dam/ieee-standards/standards/web/documents/other/eipatd-presentations/2019/D1-04_KLAUS-Zonal_EE_Architecture.pdf.
2. URL: <https://semiengineering.com/shedding-pounds-in-automotive-electronics/>.
3. URL: <https://groups.vesa.org/wg/AES/document/16623>.



НОВОСТИ МИРА

КЕВОТИХ УТВЕРЖДАЕТ, ЧТО НАХОДИТСЯ НА ПОРОГЕ «МНОГООБЕЩАЮЩЕГО» ПРОРЫВА В ОБЛАСТИ OLED

Компания Kemetix, занимающаяся разработкой реактивов и материалов с использованием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, утверждает, что находится на пороге «многообещающего» прорыва в области органических светодиодов (OLED).

Технология OLED уже достаточно широко используется в электронных устройствах, включая смартфоны, компьютеры, телевизоры, портативные игровые консоли и другие устройства с плоскими экранами, которые требуют высокого качества изображения и низкого энергопотребления. По словам Kemetix, светодиоды OLED также набирают популярность в освещении, поскольку они обеспечивают рассеянный свет, менее вредный для человеческих глаз, и могут найти приме-

нение в секторе здравоохранения в виде носимых смарт-патчей со встроенными датчиками.

Технология OLED была изобретена в 1987 году специалистами компании Eastman Kodak и коммерциализирована в дисплее для автомобильных стереосистем Pioneer в 1997 году. Она не лишена недостатков. В частности, это низкий процент выхода годной продукции, высокая стоимость, проблемы с синим эмиттером и меньший срок службы органических материалов.

Используя свою запатентованную инновационную платформу с обратной связью, которая ускоряет открытия, компания Kemetix создала «конвейер» для интеллектуального проектирования молекул эмиттера OLED. Он использует способность искусственного интеллекта анализировать огромные объёмы данных с участием экспертов. Менее чем за шесть месяцев было обнаружено не-

сколько новых классов молекул-кандидатов, которые были проверены в прототипах.

В Kemetix рассчитывают, что уже в первом полугодии 2022 года всё будет готово к испытаниям новых материалов с партнёрами-производителями, заинтересованными в том, чтобы первыми внедрить коммерчески жизнеспособную технологию следующего поколения.

Новые материалы-эмиттеры, найденные Kemetix, лучше современных, наносимых в производстве дисплеев с помощью технологии молекулярного осаждения из паровой фазы. Они могут быть депонированы в стек из раствора, например, методом печати. Это открывает путь к более широкой коммерциализации технологии OLED в умных упаковках, носимых датчиках и других областях применения, где производственные затраты относятся к решающим факторам.

ixbt.com

Схемотехническое моделирование в Delta Design SimOne

Андрей Смирнов, Алексей Гимейн (компания ЭРЕМЕКС)

В статье рассмотрены возможности схемотехнического моделирования в среде САПР Delta Design, а также практический пример моделирования аналоговой электрической схемы средствами Delta Design SimOne.

Введение

При проектировании электрических схем необходимо обеспечить соответствие выходных характеристик устройства желаемым целевым значениям. На этапе проектирования инженер-схемотехник создаёт электрическую схему и подбирает значения компонентов схемы на основании своего опыта и уже имеющихся решений. Наличие в инструментарии проектирования средств моделирования позволяет оптимизировать процесс подбора значений компонентов и сократить трудозатраты на достижение требуемых параметров электрической схемы.

Пакет схемотехнического моделирования SimOne разработки компании ЭРЕМЕКС был представлен на рынке в 2012 году и зарекомендовал себя как высокоэффективный инструмент моделирования, многие возможности SimOne (анализ устойчивости схемы, оригинальные технологии параллельных вычислений) до сих пор не имеют аналогов. До 2020 года система SimOne поставлялась в виде отдельного приложения, которое можно было приобрести как отдельный пакет или в составе САПР Delta Design, также разрабатываемой компанией ЭРЕМЕКС. Delta Design – первая отечественная САПР электроники, реализующая сквозной цикл проектирования изделий

РЭА, включена в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. С момента выпуска системы схемотехнического моделирования разработчики ЭРЕМЕКС вели работу по интеграции SimOne в единую среду проектирования. Полная интеграция была реализована в версии Delta Design 3.0. Были перенесены методы моделирования, библиотеки, появился ряд новых инструментов. Теперь весь процесс проектирования осуществляется в единой среде, нет необходимости проводить схемотехническое моделирование в отдельном приложении, а затем заново создавать электрическую схему в САПР, чтобы затем проектировать печатную плату.

Возможности SimOne

Delta Design SimOne обладает широким набором методов схемотехнического моделирования и инструментов, облегчающих анализ электрических схем. К таким инструментам можно отнести следующие.

Расчёт статического режима схем по постоянному току. Включает в себя расчёт рабочей точки схемы, определе-

ние передаточных функций по постоянному току.

Частотный анализ. Включает в себя расчёт и построение частотных характеристик схемы, в том числе амплитудно-фазовой характеристики.

Анализ переходных процессов. Используется оригинальный метод интегрирования дифференциально-алгебраических уравнений. Метод имеет повышенную точность и устойчивость в сравнении с методами, применяемыми в обычном SPICE-моделировании. Вычисления в традиционных для SPICE-моделирования методах – методе Гира, трапеций и Эйлера производятся с помощью кодового матричного процессора, что позволяет значительно сократить время расчёта.

Анализ установившихся периодических режимов. Расчёт периодических режимов ведётся с помощью пристрелочного метода Ньютона (Shooting Newton), при этом используется высокоэффективный подход – без явного формирования матрицы чувствительности.

Температурный анализ. Аналоговое моделирование поведения схемы при изменении рабочей температуры.

Параметрический анализ схемы. Моделирование поведения схемы при изменении параметров сигналов, моделей схемных компонентов.

Анализ устойчивости схемы. Для анализа устойчивости схемы в

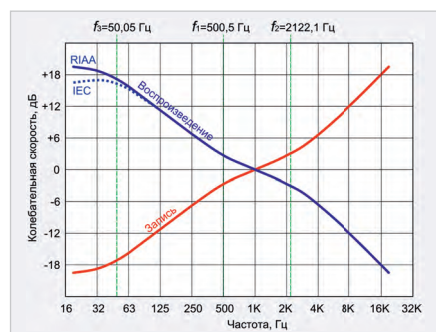


Рис. 1. Кривая RIAA (источник – Википедия)

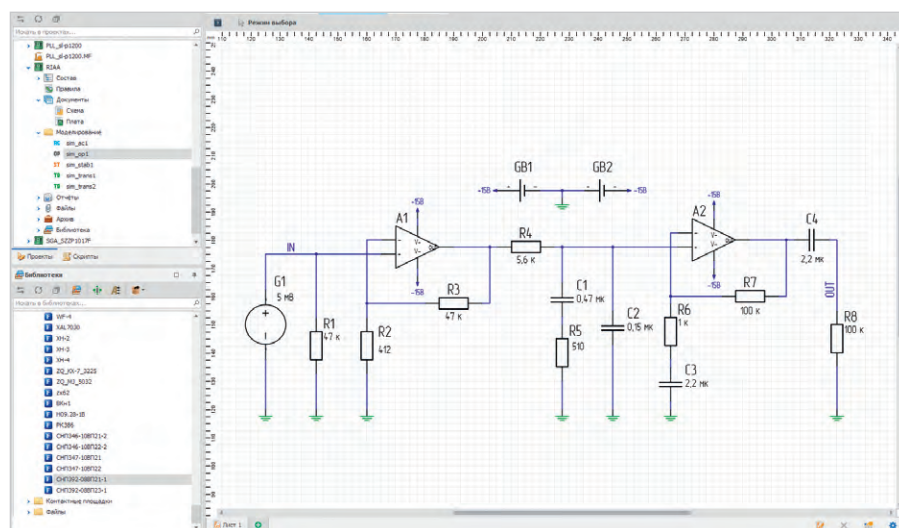


Рис. 2. Электрическая схема усилителя в среде Delta Design

окрестности рабочей точки пользователю предлагаются два независимых способа. Первый – на основе расчёта собственных частот схемы, второй – на основе критерия Михайлова. Результат анализа – вывод об устойчивости схемы, построение годографа Михайлова, вывод таблицы собственных частот схемы. Пользователь также имеет возможность построить график годографа Михайлова в заданном произвольном диапазоне и принять решение об устойчивости схемы самостоятельно.

В дополнение к этому система SimOne обладает инструментами, упрощающими моделирование и анализ схемы – «щуп», «метка измерения», «тюнер». Обеспечена возможность создания фильтров, реализовано задание сигналов через графическую оболочку. Есть возможность загрузки графиков в формат Excel, Matlab, Maple, Текстовый, WAV, PWL, Touchstone, Freq. Библиотека SimOne содержит свыше 30 тысяч моделей электронных компонентов, включая около 500 моделей отечественных производителей.

Практический пример схемотехнического моделирования в SimOne

Процесс схемотехнического моделирования рассмотрим на примере усилителя с частотной коррекцией, используемого при воспроизведении аудиозаписей. По результатам моделирования и внесения изменений в параметры электрической схемы получим требуемые частотные характеристики и коэффициент усиления.

В рамках примера средствами Delta Design SimOne решим следующие задачи схемотехнического моделирования – расчёт статического режима, расчёт переходных процессов и построение частотных характеристик. Также проведем анализ устойчивости проектируемой схемы.

В проектируемом усилителе будем использовать частотную коррекцию RIAA (рис. 1), как общепринятый стандарт.

Таким образом, АЧХ проектируемого усилителя должна соответствовать кривой RIAA (синяя кривая на рис. 1).

В данной статье не будем рассматривать подробно разработку схемы электрической. Вместо этого исполь-

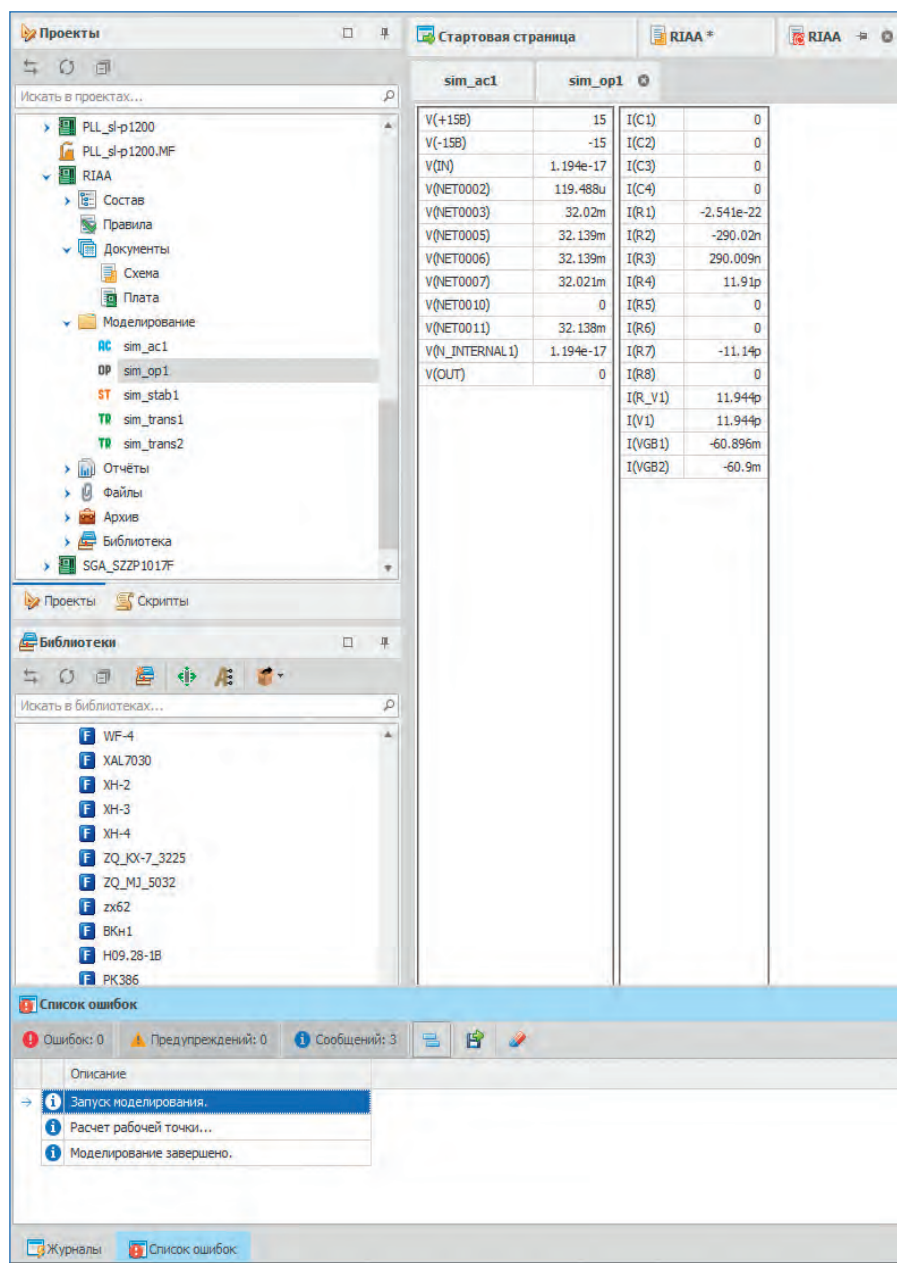


Рис. 3. Результаты анализа «Расчёт рабочей точки»

зуем распространённую схему на двух операционных усилителях с необходимой «обвязкой» (рис. 2). Создадим схему средствами схемотехнического редактора Delta Design.

Проектируемый усилитель предназначен для усиления и коррекции сигнала с магнитных головок, у которых выходное напряжение соответствует 5 мВ, коэффициент усиления на частоте 1 кГц должен быть около 200. Чтобы обеспечить линейную характеристику на выходе, АЧХ усилителя должна компенсировать частотную характеристику звукозаписи (красная кривая на рис. 1).

Выставим параметры источников питания GB1 и GB2, на вход усилителя подадим синусоидальный сигнал с амплитудой 5 мВ и частотой 1000 Гц.

Расчёт статического режима

Проверим схему на работоспособность. Используем режим SimOne «Расчёт рабочей точки». В меню SimOne выберем «Новое моделирование» -> «Рабочая точка». Результат моделирования представлен на рис. 3. Расчёт рабочей точки ошибок не выявил, следовательно, схема работоспособна.

Анализ переходных процессов

Далее проверим сигнал на выходе – цепь OUT, резистор R8. Используем анализ переходных процессов. Выбираем в меню SimOne – «Новое моделирование» -> «Анализ переходных процессов». Время анализа установим с 0 до 0,02 с. Результаты анализа представлены на рис. 4. В начале графика мы видим стабилизацию работы схемы, далее – ровная синусоида.

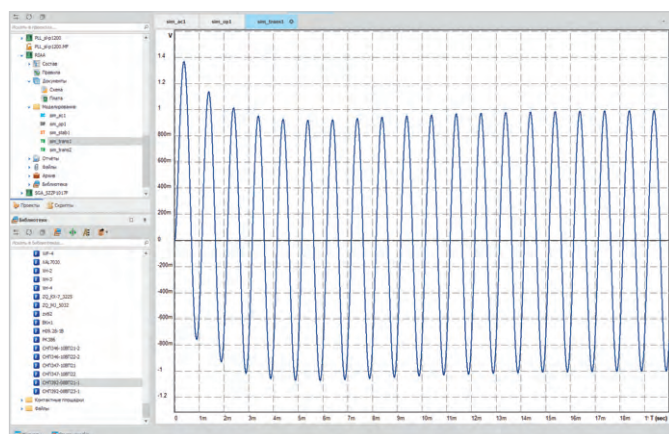


Рис. 4. Анализ переходных процессов на цепи OUT

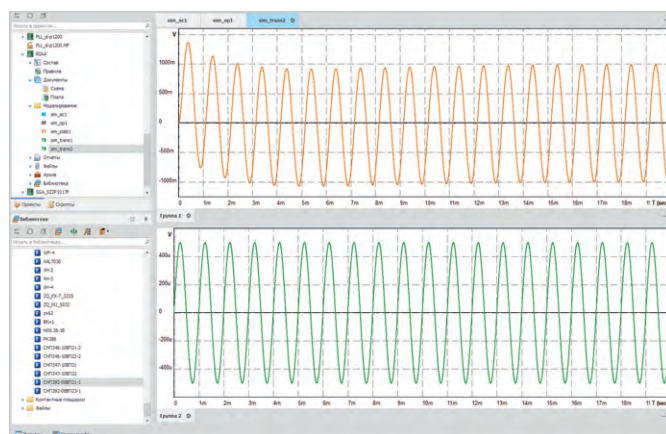


Рис. 5. Сравнение входного и выходного сигналов усилителя

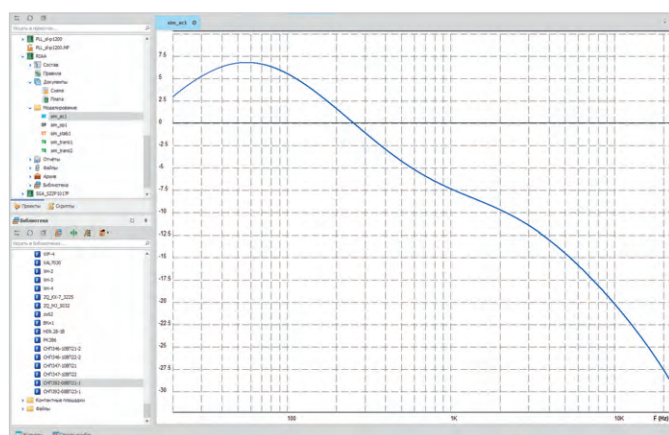


Рис. 6. Частотный анализ схемы

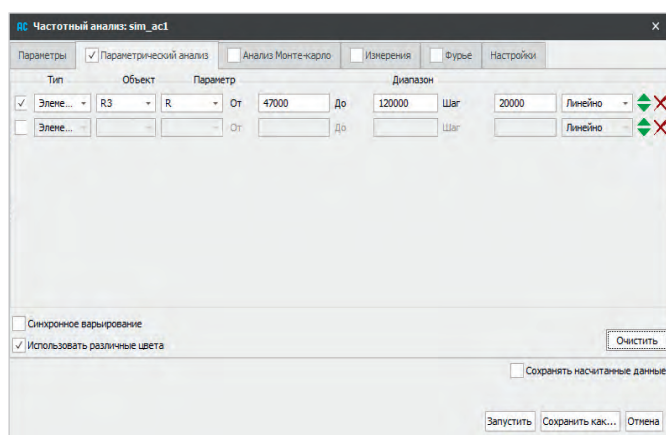


Рис. 7. Настройка параметрического частотного анализа

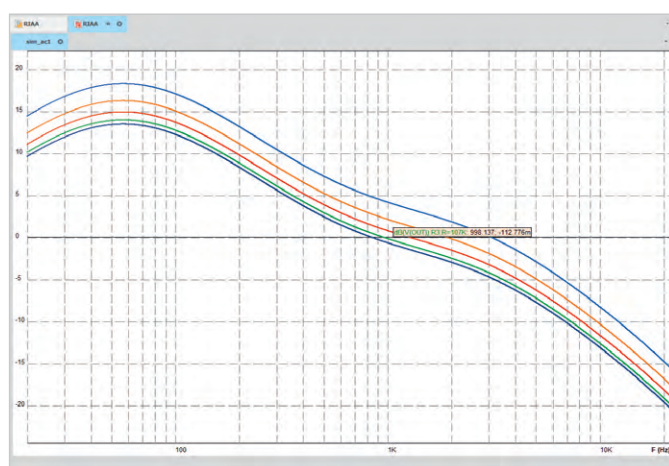


Рис. 8. Результаты параметрического частотного анализа

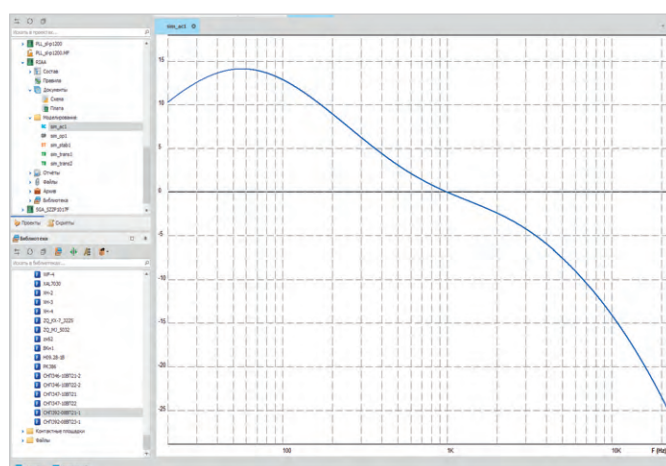


Рис. 9. Частотный анализ схемы после корректировки номиналов

Рассмотрим, как меняется выходной сигнал относительно входного, используем также анализ переходных процессов. При подаче сигнала частотой 1 кГц и амплитудой 5 мВ (рис. 5, нижний график) на вход усилителя получим на выходе 1 кГц и амплитуду 1 В (рис. 5, верхний график).

Частотный анализ

Проведём частотный анализ схемы в диапазоне от 20 Гц до 22 кГц. В меню

SimOne выберем «Новое моделирование» → «Частотный анализ».

Видим, что кривая на графике (рис. 6) не соответствует целевой кривой RIAA, представленной на рис. 1. На частоте 1 кГц значение отличается от требуемого на 7,5 дБ. На схеме электрической необходимо изменить номиналы для приведения ЧХ к стандарту. Для определения номинала резистора R3 выполним параметрический частотный анализ. Будем менять значение сопротивления резистора R3 в диа-

пазоне от 47 кОм до 120 кОм с шагом 20 кОм (рис. 7).

В результате получим кривые, представленные на рис. 8. Видим, что ближайшим к целевой кривой является график зелёного цвета ($R3 = 107$ кОм).

Скорректируем номинал R3, установив его значение в 110 кОм, и заново проведём частотный анализ схемы (рис. 9). Видим, что частотная характеристика скорректировалась и теперь соответствует целевым значениям кривой RIAA.

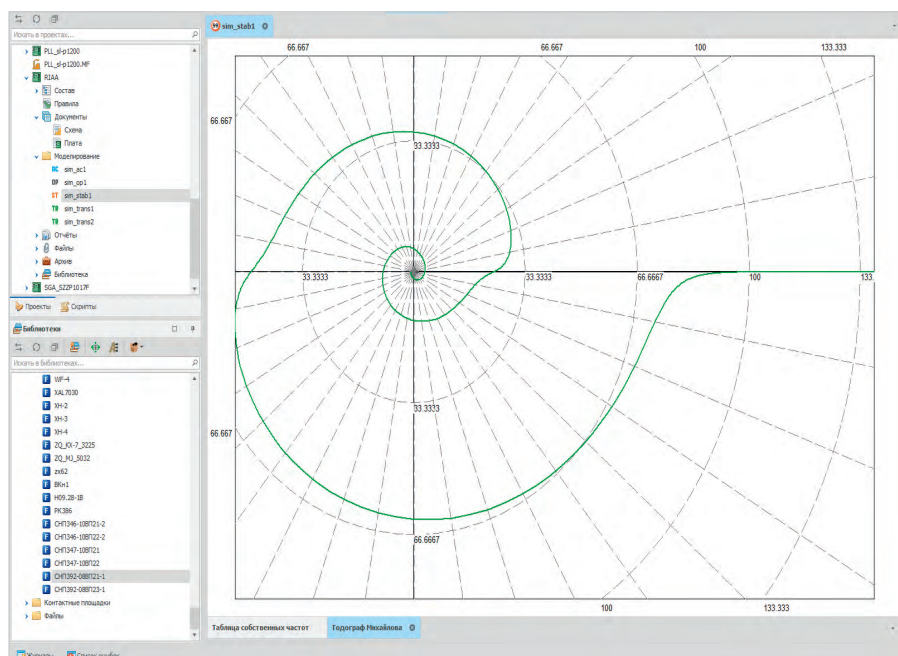


Рис. 10. Проверка устойчивости схемы годографом Михайлова

Анализ устойчивости

На финальном шаге проведём анализ устойчивости электрической схемы усилителя. В меню SimOne выберем «Новое моделирование» →

«Анализ устойчивости», в окне параметров отметим «Проверить годографом Михайлова». Результаты анализа отображены на рис. 10. Видим, что на графике отсутствуют обратные заги-

бы, следовательно, схема устойчива. Таким образом, мы получили работоспособную схему, параметры которой и частотная характеристика соответствуют целевым значениям. Теперь инженер может переходить к проектированию печатной платы в среде Delta Design.

Заключение

На практическом примере схемы усилителя показано, как средствами Delta Design SimOne провести моделирование и анализ электрической схемы, скорректировать номиналы компонентов схемы и привести частотную характеристику схемы к заданным целевым значениям.

Возможность моделирования и анализа электрической схемы в сквозном цикле проектирования в среде САПР Delta Design обеспечивает снижение общих затрат на проектирование изделия, как трудозатрат, так и затрат на создание прототипов, и, в целом, повышает качество разработки РЭА. ©



Сделано в России

МИКРОВОЛНОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

+7 (495) 137-5335 | INWAVE.RU

Частота дискретизации
4 ГГц

Разрядность
12 бит

Максимальная глубина записи
2 млрд. отсч.
по 16 бит (4 ГБ)

Полоса единичного анализа в режиме анализатора спектра реального времени
800 МГц

Скорость захвата осциллограмм
15 млн. осц/с

Сенсорный мультитач-дисплей
15.1"



Осциллограф цифровой
с функцией анализатора спектра реального времени

MWO-4000

Реклама

Работа с последовательным интерфейсом SPI в программной среде Proteus 8.11

Часть 1

Татьяна Колесникова (beluikluk@gmail.com)

В статье рассматривается проектирование схем микроэлектронных устройств с использованием интерфейса SPI в Proteus на примере его реализации в микроконтроллерах AVR (семейства Mega) и STM32 (семейства Cortex-M3). Описаны особенности написания программного кода для инициализации интерфейса и работы с ним, а также моделирования схем, в которых проводится передача данных через SPI между двумя и тремя устройствами, сконфигурированными как master и slave. Выполнено отображение принятых ведомым устройством данных на экране виртуального терминала. С помощью осциллографа проведён контроль входных/выходных сигналов, присутствующих на выводах устройств схемы.

Введение

Интерфейс SPI (Serial Peripheral Interface – последовательный периферийный интерфейс) является высокоскоростным синхронным последовательным интерфейсом и реализован во всех микроконтроллерах STM32 Cortex-M3 и AVR семейства Mega. Он обеспечивает обмен данными между микроконтроллером и различными периферийными устройствами, такими как АЦП, ЦАП, цифровые потенциометры, FLASH-ПЗУ, другие микросхемы и микроконтроллеры. Каждый модуль SPI может работать в ведущем или подчинённом режиме, что позволяет ему связаться с любой другой интегральной схемой, оснащённой интерфейсом SPI. Ведущий микро-

контроллер можно связать с одним или несколькими ведомыми устройствами. Схема подключения устройств по интерфейсу SPI показана на рис. 1. Связь между устройствами осуществляется с помощью следующих цифровых сигналов:

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

Ведущее устройство формирует один или несколько сигналов SS (Slave Select) для выбора ведомых устройств. При этом количество формируемых сигналов соответствует количеству ведомых устройств. Ведомое устройство получит данные только в том случае, если оно было выбрано ведущим.

Передача данных осуществляется посредством линий MOSI и MISO. Процессом передачи данных управляет ведущее устройство (Master), формируя тактовые импульсы через линию SCK. Вывод SCK ведущего микроконтроллера является выходом тактового сигнала, а ведомого микроконтроллера – входом. Одновременно с передачей данных от ведущего к ведомому устройству происходит приём данных ведущим устройством от ведомого по кольцу. Таким образом, за один полный цикл сдвига всех разрядов регистра происходит обмен данными между двумя устройствами. Ведомые устройства не могут обмениваться данными друг с другом.

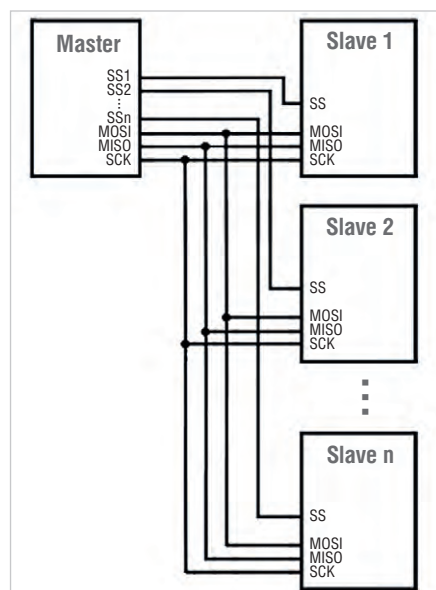


Рис. 1. Схема подключения устройств по интерфейсу SPI

Рассмотрим работу с SPI на примере микроконтроллеров AVR (микросхема ATmega16) и STM32 (микросхема STM32F103C4 [1]), для чего воспользуемся программой компьютерного моделирования электронных схем Proteus [2].

Передача данных через последовательный интерфейс SPI в микроконтроллерах Cortex-M3 в Proteus

Для организации быстродействующей связи с интегральными схемами у микроконтроллеров STM32 Cortex-M3 имеется до трёх модулей SPI [3], предназначенных для полнодуплексной передачи данных на частоте до 18 МГц. Важно обратить внимание, что один модуль SPI подключён к высокоскоростной шине APB2, два других модуля связаны с более низкоскоростной шиной APB1.

Выводы микроконтроллера, используемые модулями SPI, являются линиями ввода/вывода общего назначения. Назначение выводам функции SPI осуществляется в регистрах настройки GPIO. В микроконтроллере STM32F103C4 модулем SPI1 используются линии PA4 – NSS, PA5 – SCK, PA6 – MISO, PA7 – MOSI. Однако, используя регистры AFIO, линии SPI1 можно перенести на выводы PA15, PB3, PB4 и PB5 соответственно.

В модуле SPI имеются следующие регистры ввода/вывода, необходимые для работы интерфейса:

- SPI_DR – регистр данных, содержит посылаемые или принятые 8 или 16 бит данных;
- SPI_CR1, SPI_CR2 – регистры управления, определяют функционирование модуля SPI;
- SPI_SR – регистр состояния, отображает состояние модуля SPI.

Для обнаружения ошибок, возникших при приёме и передаче данных, используются регистры SPI_CRCPR, SPI_RXCRCR и SPI_TXCRCR.

Включение/выключение SPI выполняется установкой шестого бита (SPE) регистра SPI_CR1, седьмой бит (LSBFIRST) задаёт порядок передачи данных, а второй бит (MSTR) этого регистра задаёт выбор режима рабо-

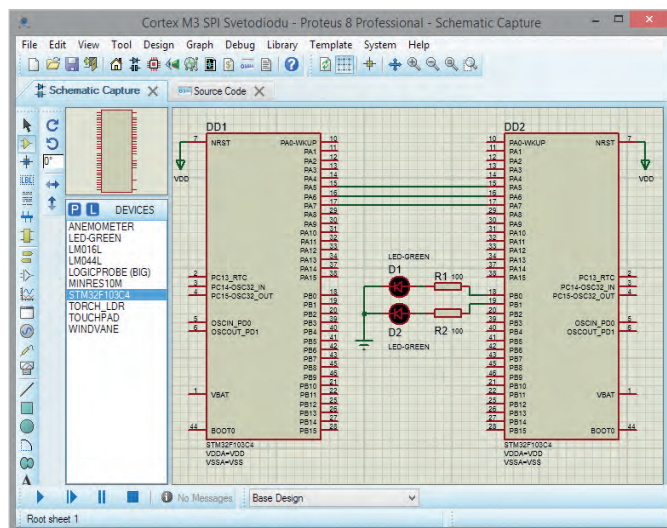


Рис. 2. Демонстрационная схема с использованием двух микроконтроллеров STM32F103C4 и светодиодов

ты интерфейса. При чтении регистра SPI_DR выполняется обращение к буферному регистру приёмника, при записи – к буферному регистру передатчика. Для передачи данных их необходимо записать в регистр передатчика. Принятые данные читаются из регистра приёмника. Для программы существует один регистр с именем SPI_DR. Скорость обмена по SPI определяет блок генератора скорости, который задаёт частоту следования тактовых импульсов. Для этого предназначены разряды BR0, BR1 и BR2 регистра SPI_CR1. Три разряда предполагают наличие восьми значений скорости.

При написании программы инициализации микроконтроллера для передачи данных через интерфейс SPI их записывают в регистр SPI_DR с помощью команды `SPy->DR = data_tx`, где `y` – это номер интерфейса SPI. Окончание передачи контролируется проверкой флага TXE регистра SPI_SR, для чего можно использовать команду `while (!(SPy->SR & SPI_SR_TXE)) { }`. Одновременно с передачей происходит приём данных в регистр SPI_DR. Принятые данные считываются из регистра данных с помощью команды `data_gx = SPy->DR`. Для проверки работоспособности интерфейса SPI в режиме мастера достаточно соединить выводы MISO и MOSI между собой и сравнить переданные данные с полученными. Если они совпадают, это значит, что интерфейс работает правильно.

Управляя значениями битов регистров модуля SPI микроконтроллеров Cortex-M3, реализуют процесс обмена данными. Регистр данных SPI_DR состоит из 16 разрядов данных. В этот

регистр данные записываются для передачи и читаются из него при приёме. В одноранговой шине SPI (где имеется только одно ведущее и одно ведомое устройство) сигнал SS может быть опущен, а соответствующий вывод ведомого устройства подключён к земле.

Передача данных через интерфейс SPI между двумя микроконтроллерами Cortex-M3

Рассмотрим процесс передачи данных между двумя микроконтроллерами Cortex-M3 на примере микросхемы STM32F103C4, для чего создадим в Proteus новый схемный проект и добавим в рабочее поле на вкладке Schematic Capture две микросхемы STM32F103C4, два светодиода, два резистора (100 Ом), символ земли. Соединим компоненты так, как показано на рис. 2, и напомним на языке программирования C программный код управления передачей данных. В микроконтроллере STM32F103C4 имеется только один модуль SPI, к регистрам которого в Proteus в программе инициализации обращаются с указанием номера интерфейса (например, по имени SPI1_SR, SPI1_DR). Обращение без указания номера интерфейса (по имени SPI_SR, SPI_DR) при компиляции кода программы вызывает ошибку. Необходимо отметить, что программа инициализации пишется как для ведущего, так и для ведомого микроконтроллера. Определим микроконтроллер DD1 как ведущий, а микроконтроллер DD2 как ведомый. При этом задачей мастера будет послать управляющий сигнал (кодovou комбинацию), задачей ведомого

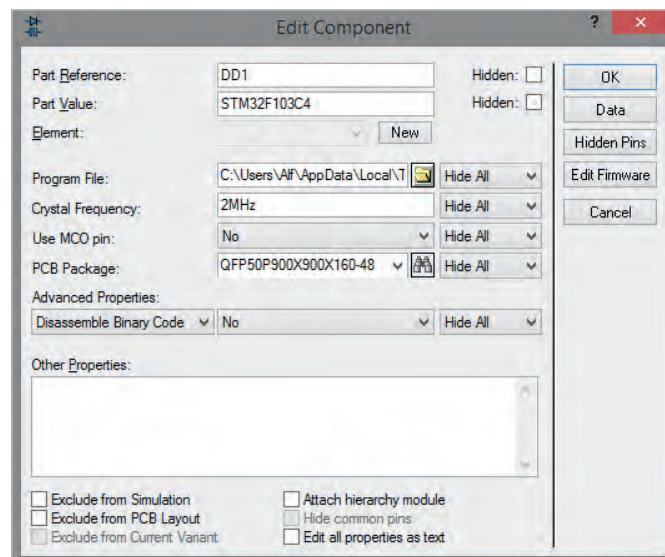


Рис. 3. Настройка частоты работы микроконтроллера DD1

устройства – принять его и последовательно включить и выключить оба светодиода.

Перед передачей и приёмом данных необходимо сформировать сигналы выбора для того устройства, с которым будет производиться обмен. Если ведомое устройство одно, то можно использовать сигнал выбора NSS. Если же ведомых устройств несколько, то придётся для каждого из них формировать индивидуальный сигнал выбора. В качестве источников таких сигналов могут выступать свободные выводы портов GPIO.

Для удобства соединения можно отразить в рабочей области микросхему DD1, для чего выделим её левой кнопкой мыши, правой кнопкой мыши вызовем контекстное меню и выберем в нём пункт X-Mirror. В результате микросхема будет отражена по горизонтали в рабочем поле проекта. В таком положении выводы PA4 (NSS), PA5 (SCK), PA6 (MISO), PA7 (MOSI) обеих микросхем соединить намного проще, при этом соединительные линии на схеме будут короче. Для каждого микроконтроллера двойным щелчком левой кнопки мыши откроем окно настроек Edit Component и в поле Crystal Frequency установим частоту работы 2 МГц (см. рис. 3). Кнопкой Hidden Pins для каждого микроконтроллера откроем окно Edit Hidden Power Pins, где выполним согласование скрытых выводов питания и цепей питания (см. рис. 4). В нашем примере в полях Pin VDD и Pin VDDA введём значение VDD, а в полях Pin VSS и Pin VSSA – значение VSS. Нажмём кнопку OK для вступления в силу внесённых изменений.

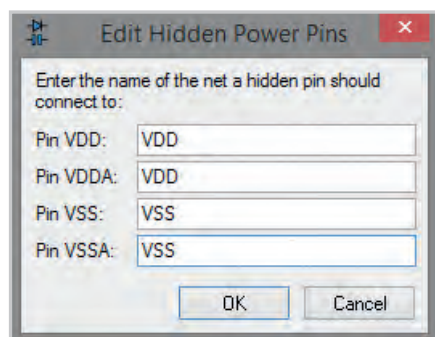


Рис. 4. Подключение цепей питания к скрытым выводам микроконтроллера в окне Edit Hidden Power Pins

Таблица 1. Задание частоты тактового сигнала SCK

BR5	BR4	BR3	Частота сигнала SCK
0	0	0	fPCLK/2
0	0	1	fPCLK/4
0	1	0	fPCLK/8
0	1	1	fPCLK/16
1	0	0	fPCLK/32
1	0	1	fPCLK/64
1	1	0	fPCLK/128
1	1	1	fPCLK/256

Примечание: fPCLK – это тактовая частота микроконтроллера.

Перед выполнением передачи данных необходимо, прежде всего, разрешить работу модуля SPI. Для этого следует установить в единицу шестой бит регистра SPI_CR1. Режим работы определяется состоянием второго бита этого регистра: если бит установлен в 1, микроконтроллер работает в режиме Master, если сброшен в 0 – в режиме Slave. Программно (на языке программирования C) эти действия можно реализовать следующим образом:

```
SPI1->CR1 = (1<<6)|(1<<2); // включение SPI1 в ведущем микроконтроллере
SPI1->CR1 = (1<<6)|(0<<2); // включение SPI1 в ведомом микроконтроллере.
```

Передача данных осуществляется следующим образом. При записи в регистр данных SPI ведущего микроконтроллера запускается генератор тактового сигнала модуля SPI. Данные начинают побитно выдаваться на вывод MOSI устройства Master и соответственно поступать на вывод MOSI устройства Slave. Порядок передачи битов данных определяется состоянием седьмого бита регистра LSBFIRST. Если бит сброшен в 0, первым передаётся младший бит данных, если же установлен в 1 – старший бит. Частота тактового сигнала SCK и соответственно скорость

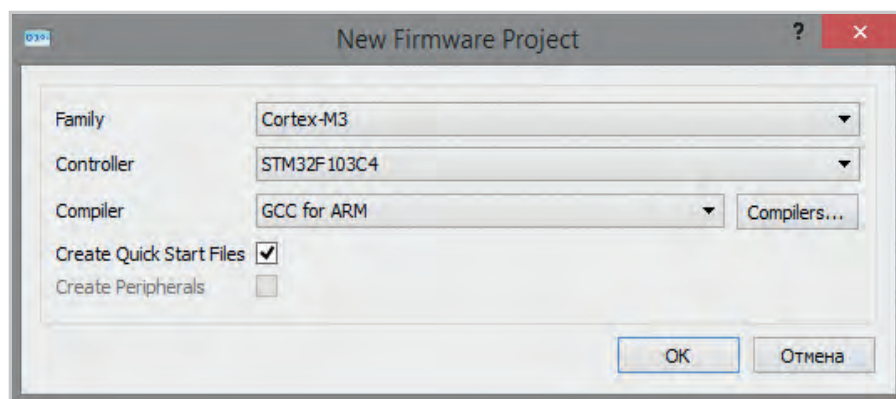


Рис. 5. Окно New Firmware Project

передачи данных по интерфейсу определяются состоянием пятого, четвертого и третьего битов регистра BR ведущего микроконтроллера (см. табл. 1), так как именно он является источником тактового сигнала. Для ведомого микроконтроллера состояние этих битов не имеет значения.

Напишем на языке программирования C следующий код программы инициализации для ведущего микроконтроллера:

```
#include <stm32f1xx.h> // подключение заголовочного файла
int main() { // начало программы
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_SPI1EN; // включаем тактирование SPI1
    // подсоединение линий порта PA к шине APB2
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;

    // настройка линий PA5 (SCK), PA6 (MISO), PA7 (MOSI) порта PA
    // биты CNF5, CNF7 = 10, биты MODE5, MODE7 = 11
    // биты CNF6 = 10, биты MODE6 = 00
    GPIOA->CRL = 0xb8b33333;

    // конфигурация SPI1
    SPI1->CR1 = (0<<11) // формат кадра данных 8 бит
    | (0<<7) // направление передачи младшим разрядом вперед
    | (1<<9) // включаем программное управление сигналом NSS
    | (1<<8) // NSS в высоком состоянии
    | (1<<5)|(0<<4)|(0<<3) // скорость передачи данных: F_PCLK/32
    | (1<<2) // режим работы Master (ведущий)
    | (0<<1)|(0<<0) // полярность (0) и фаза тактового сигнала (0)
```

```
| (1<<6); // включаем SPI
// после установки в 1 флага TXE регистра SPI1_SR
while(!(SPI1->SR & SPI_SR_TXE))
{ }
// заполняем буфер передатчика
SPI1->DR = 0b11111110; }
```

Для ведомого микроконтроллера был написан следующий код программы инициализации:

```
#include <stm32f1xx.h> // подключение заголовочного файла
void delay (int dly) // подпрограмма формирования задержки
{ int i;
  for(; dly>0; dly--)
  for ( i=0; i<10000; i++); }

int main() { // начало программы
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_SPI1EN; // включаем тактирование SPI1
    // подсоединение линий порта PA к шине APB2
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;
    // подсоединение линий порта PB к шине APB2
    RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPBEN;

    // настройка линий PA5 (SCK), PA6 (MISO), PA7 (MOSI) порта PA
    // биты CNF5, CNF7 = 10, биты MODE5, MODE7 = 00
    // биты CNF6 = 10, биты MODE6 = 11
    GPIOA->CRL = 0xb8b33333;
    // настройка линий порта PB
    // биты CNF = 10, биты MODE = 00
    GPIOB->CRL = 0x88888888;

    // конфигурация SPI1
    SPI1->CR1 = (1<<6) | (0<<2); // включаем SPI, режим работы Slave (ведомый)
```

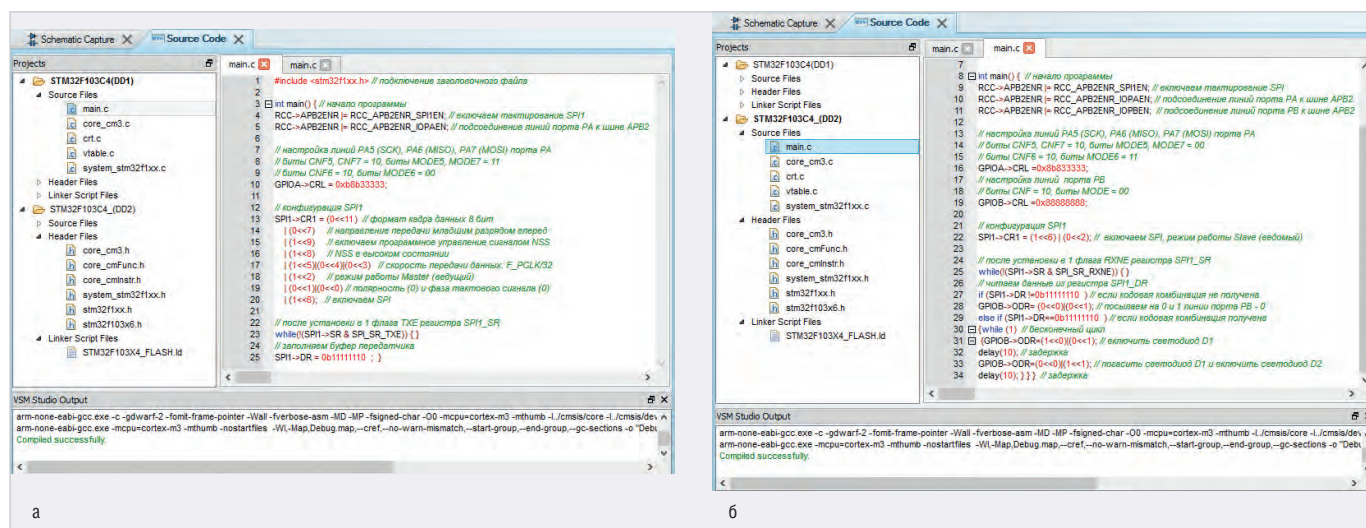


Рис. 6. Вкладка Source Code, код программы инициализации: ведущего микроконтроллера (а) и ведомого микроконтроллера (б)

```
// после установки в 1 флага RXNE
регистра SPI1_SR
while(!(SPI1->SR & SPI_SR_RXNE))
{
}

// читаем данные из регистра SPI1_DR
if (SPI1->DR !=0b11111110) //
если кодовая комбинация не получена
GPIOB->ODR= (0<<0)|(0<<1); //
посылаем лог. 0 на линии PB0 и PB1
порта PB
else if (SPI1->DR==0b11111110) //
если кодовая комбинация получена
{while (1) // бесконечный цикл
{GPIOB->ODR=(1<<0)|(0<<1); //
включить светодиод D1
delay(10); // задержка
GPIOB->ODR=(0<<0)|(1<<1); //
погасить светодиод D1 и включить
светодиод D2
delay(10); } } } // задержка
```

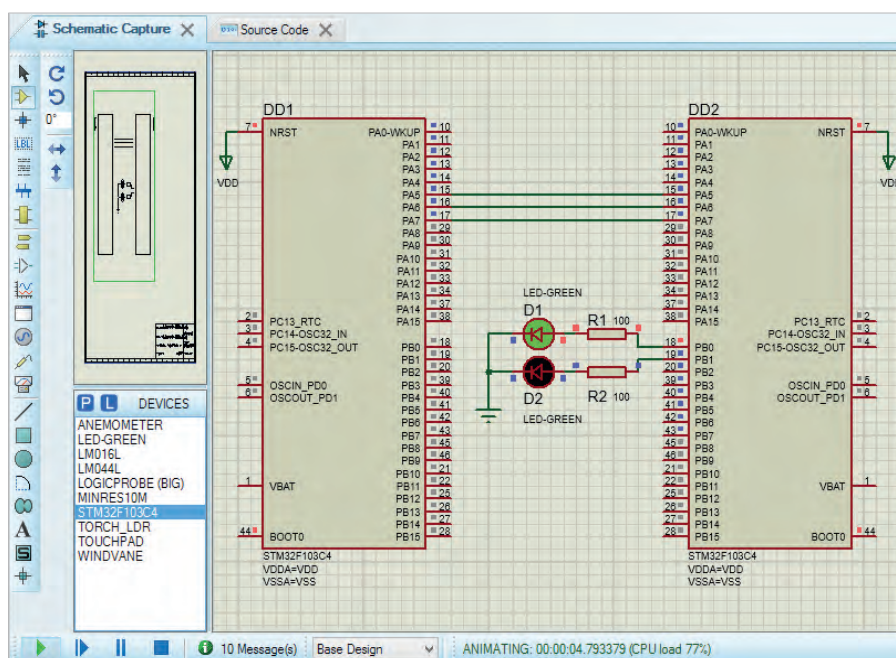


Рис. 7. Моделирование передачи данных между двумя микроконтроллерами STM32F103C4 через интерфейс SPI в программной среде Proteus

В Proteus программа инициализации микроконтроллера вводится на вкладке Source Code. Для её открытия выделяют левой кнопкой мыши символ ведущего микроконтроллера в рабочем поле схемного проекта, правой кнопкой мыши вызывают контекстное меню и выбирают в нём пункт Edit Source Code. В результате откроется окно New Firmware Project (см. рис. 5), в котором устанавливают следующие параметры:

- Family – семейство микроконтроллера (Cortex-M3);
- Controller – модель микроконтроллера (STM32F103C4);
- Compiler – компилятор (GCC for ARM);
- Create Quick Start Files – автоматическое создание заготовки программного кода для микроконтроллера (установим флажок в поле).

Когда все значения установлены, нажмём на кнопку OK, в результате в проект будет добавлена вкладка Source Code, на которой и необходимо ввести код программы управления ведущим микроконтроллером (см. рис. 6а). Перейти на вкладку для написания программы инициализации ведомого микроконтроллера (см. рис. 6б) можно таким же образом, как и для ведущего, однако в этом случае на вкладку будет добавлена отдельная закладка. После того как в рабочей области проекта собрана схема, а на вкладке Source Code введён код программы для всех микроконтроллеров проекта, кнопкой Run the simulation (кнопка находится в левом нижнем углу окна программы) можно запустить модели-

рование (см. рис. 7). Для компиляции кода программы, написанного на языке программирования C, для микроконтроллеров STM32 Cortex-M3 в Proteus применяется компилятор GCC for ARM. Проанализируем работу демонстрационной схемы, представленной на рис. 7. На вкладке Source Code программным путём были даны указания ведущему микроконтроллеру через интерфейс SPI1 отправить ведомому микроконтроллеру кодовую комбинацию. Программа ведомого микроконтроллера находится в ожидании установки в 1 флага RXNE регистра SPI1_SR. Как только по интерфейсу SPI1 получена кодовая комбинация от ведущего микроконтроллера, запускается подпрограмма, которая даёт указания

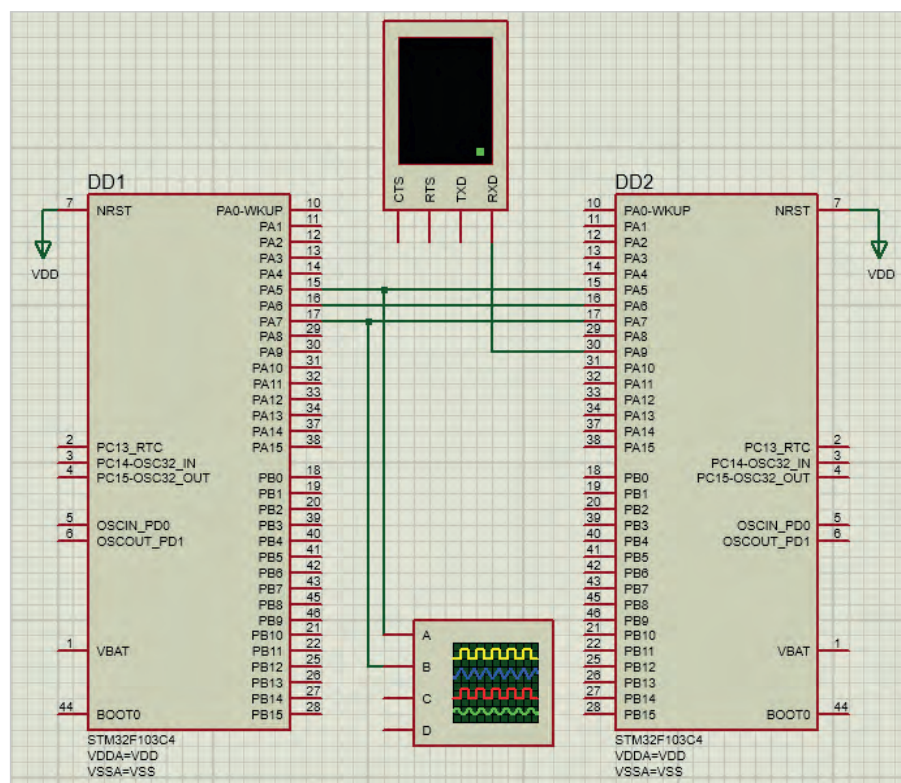


Рис. 8. Демонстрационная схема с использованием двух микроконтроллеров STM32F103C4, виртуального терминала и осциллографа

ведомому микроконтроллеру вывести на линии PB0 и PB1 порта PB значения логической 1 и 0 соответственно, которые удерживаются на этих линиях при помощи команды задержки. Затем на линии PB0 и PB1 выводятся значения логического 0 и 1 соответственно, после чего по истечении времени задержки выполнение этого фрагмента программы повторяется. После запуска моделирования при помощи двух светодиодов, подключённых к линиям PB0 и PB1, мы можем проверить правильность работы программы – светодиоды подсвечиваются и гаснут поочередно.

Передача инициируется записью передаваемых данных (в 8- или 16-битном формате) в буферный регистр передатчика, т.е. в регистр данных SPI_DR. После чего автоматически сбрасывается первый бит регистра SPI_SR (TXE = 0), что говорит о том, что буфер передатчика уже не пуст. При этом устанавливается в 1 и седьмой бит регистра SPI_SR (BSY = 1), что означает, что интерфейс занят. После этого данные пересылаются из регистра SPI_DR в сдвиговый регистр передатчика. Передача данных осуществляется посредством линий MOSI и MISO.

Сдвиговые регистры ведущего и ведомого устройства объединяются линиями связи в единый сдвиговый регистр.

Процессом передачи данных управляет ведущее устройство, формируя тактовые импульсы через линию SCK. Одновременно с передачей данных от ведущего к ведомому устройству происходит приём данных ведущим устройством от ведомого по кольцу. Таким образом, за один полный цикл сдвига всех разрядов регистра происходит обмен данными между двумя устройствами. При написании программного кода необходимо указывать номер модуля, к которому мы обращаемся. В нашем примере это SPI1.

Рассмотрим ещё один пример, где ведущий микроконтроллер пересылает через интерфейс SPI1 комбинацию символов английского алфавита ведомому микроконтроллеру, который выводит принятые данные через интерфейс USART [4] на экран виртуального терминала. Для чего создадим в Proteus новый схемный проект, добавим в рабочее поле на вкладке Schematic Capture две микросхемы STM32F103C4 и соединим их так, как показано на рис. 8. Щёлкнув левой кнопкой мыши на панели INSTRUMENTS (см. рис. 9) строку с названием VIRTUAL TERMINAL, а затем строку OSCILLOSCOPE, разместим мышью в рабочем поле проекта виртуальный терминал и виртуальный осциллограф, которым воспользуемся для просмотра осциллограммы рабо-

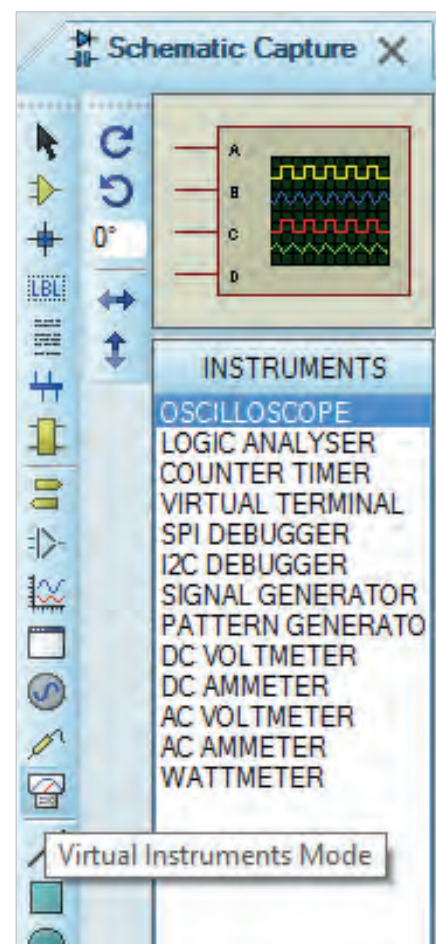


Рис. 9. Открытие панели INSTRUMENTS с помощью пиктограммы Virtual Instruments Mode

ты SPI. Подсоединим вывод PA9 (TXD) микроконтроллера DD2 к выводу RXD виртуального терминала, а выводы PA5 (SCK) и PA7 (MOSI) – к каналам A и B осциллографа.

В окне настроек Edit Component в поле Crystal Frequency для каждого микроконтроллера установим частоту его работы 2 МГц. Кнопкой Hidden Pins откроем окно Edit Hidden Power Pins, где выполним согласование скрытых выводов питания и цепей питания. В окне настроек терминала (см. рис. 10) определим значения следующих параметров:

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

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

Напишем на языке программирования C для ведущего (DD1) и для ведомо-

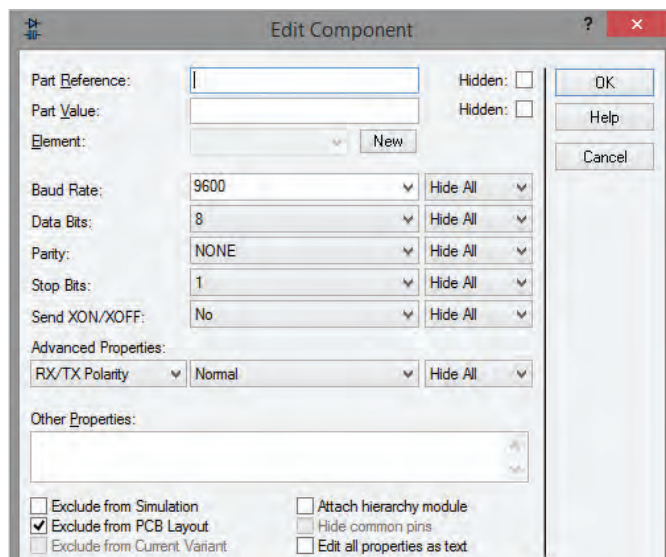


Рис. 10. Окно настроек виртуального терминала

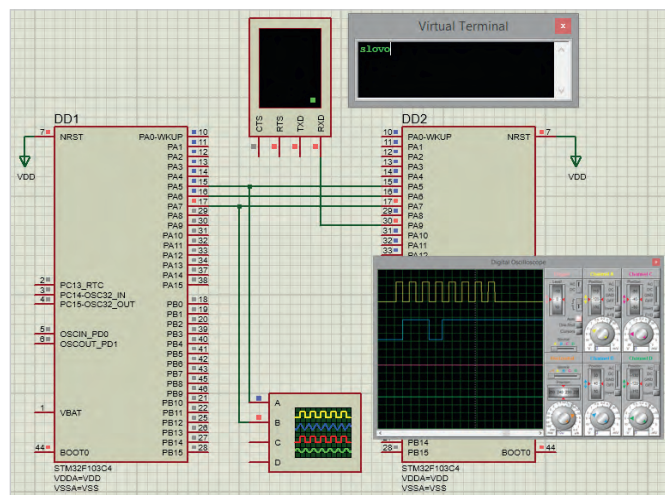


Рис. 11. Приём ведомым микроконтроллером через интерфейс SPI данных и их вывод на экран виртуального терминала через интерфейс USART

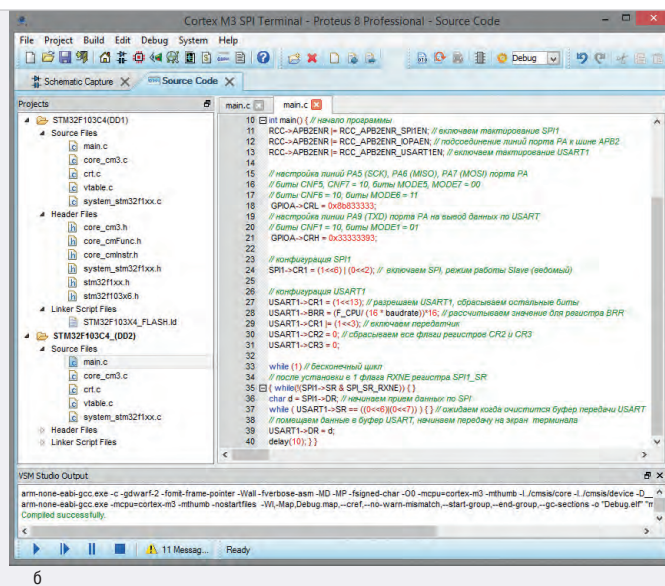
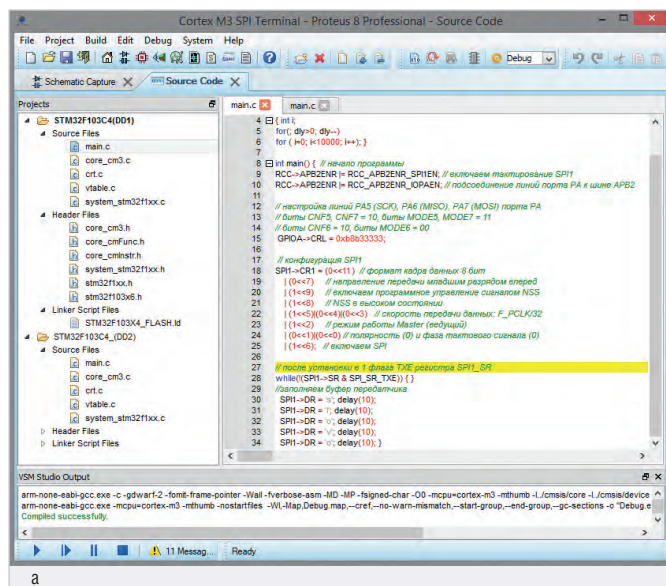


Рис. 12. Передача данных между двумя устройствами через интерфейс SPI. Вкладка Source Code, код программы инициализации: ведущего (а) и ведомого (б) микроконтроллера

мого (DD2) микроконтроллеров программный код управления передачей данных. Для получения осциллограммы работы интерфейса SPI настроим параметры осциллографа так, как показано на рис. 11.

Код программы инициализации для ведущего микроконтроллера (см. рис. 12а):

```
#include <stm32f1xx.h> // подключение заголовочного файла

void delay (int dly) // подпрограмма формирования задержки
{ int i;
  for(; dly>0; dly--)
  for ( i=0; i<10000; i++); }

int main() { // начало программы
```

```
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_SPI1EN; // включаем тактирование SPI1
// подсоединение линий порта PA к шине APB2
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;

// настройка линий PA5 (SCK), PA6 (MISO), PA7 (MOSI) порта PA
// биты CNF5, CNF7 = 10, биты MODE5, MODE7 = 11
// биты CNF6 = 10, биты MODE6 = 00
GPIOA->CRL = 0xb8b33333;

// конфигурация SPI1
SPI1->CR1 = (0<<11) // формат кадра данных 8 бит
| (0<<7) // направление передачи младшим разрядом вперед
```

```
| (1<<9) // включаем программное управление сигналом NSS
| (1<<8) // NSS в высоком состоянии
| (1<<5)|(0<<4)|(0<<3) // скорость передачи данных: F_PCLK/32
| (1<<2) // режим работы Master (ведущий)
| (0<<1)|(0<<0) // полярность (0) и фаза тактового сигнала (0)
| (1<<6); // включаем SPI

// после установки в 1 флага TXE регистра SPI1_SR
while(!(SPI1->SR & SPI_SR_TXE))
{ }

//заполняем буфер передатчика
SPI1->DR = 's'; delay(10);
SPI1->DR = 'l'; delay(10);
SPI1->DR = 'o'; delay(10);
```

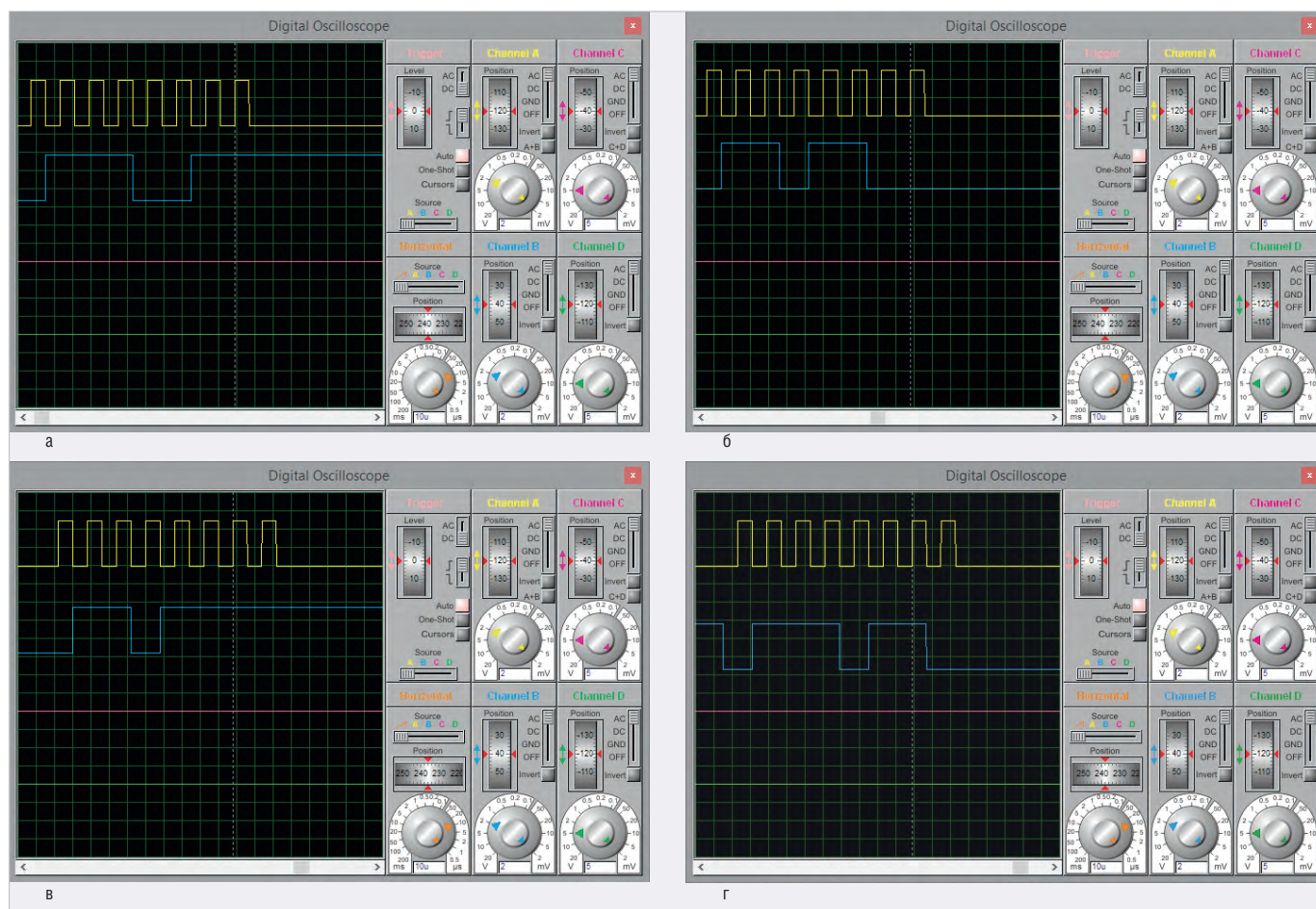



Рис. 13. Осциллограммы передачи данных через интерфейс SPI. Передача символов: «s» (а), «f» (б), «o» (в) и «v» (г), двоичные коды которых (01110011, 01101100, 01101111 и 01110110 соответственно) на осциллограмме отображены голубым цветом

```
SPI1->DR = 'v'; delay(10);
SPI1->DR = 'o'; delay(10); }
```

Код программы инициализации для ведомого микроконтроллера (см. рис. 126):

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

void delay (int dly) // подпрограмма формирования задержки
{ int i;
  for(; dly>0; dly--)
  for ( i=0; i<10000; i++); }

int main() { // начало программы
  RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_SPI1EN; // включаем тактирование SPI1
  // подсоединение линий порта PA к шине APB2
  RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;
  RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_USART1EN; // включаем тактирование USART1
```

```
// настройка линий PA5 (SCK), PA6 (MISO), PA7 (MOSI) порта PA
// биты CNF5, CNF7 = 10, биты MODE5, MODE7 = 00
// биты CNF6 = 10, биты MODE6 = 11
GPIOA->CRL = 0x8b833333;
// настройка линии PA9 (TXD) порта PA на вывод данных по USART
// биты CNF1 = 10, биты MODE1 = 01
GPIOA->CRH = 0x33333393;

// конфигурация SPI1
SPI1->CR1 = (1<<6) | (0<<2); // включаем SPI, режим работы Slave (ведомый)

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

```
// после установки в 1 флага RXNE регистра SPI1_SR
{ while(!(SPI1->SR & SPI_SR_RXNE)) { }
  char d = SPI1->DR; // начинаем приём данных по SPI
  // ожидаем когда очистится буфер передачи USART
  while ( USART1->SR == ((0<<6)|(0<<7)) ) { }
  // помещаем данные в буфер USART, начинаем передачу на экран терминала
  USART1->DR = d;
  delay(10); } }
```

После того как в рабочей области проекта собрана схема, а на вкладке Source Code введён код программы, можно запускать моделирование, для чего предусмотрена кнопка Run the simulation в левом нижнем углу окна программы. Как видно на рис. 12, компиляция закончена успешно – в коде программы отсутствуют ошибки. Разработанный проект (см. рис. 11) функционирует верно – на экран виртуального терминала была выведена указанная в коде программы комбинация символов. Осциллограм-

мы передачи данных через интерфейс SPI между микроконтроллерами DD1 и DD2 показаны на рис. 13.

Таким образом, чтобы передать данные через SPI между двумя микроконтроллерами STM32F103C4 в ведущем микроконтроллере, необходимо:

- включить тактирование выбранного модуля SPIx (где x – номер модуля) и порта ввода/вывода, через который будет вестись передача данных;
- настроить режим работы линий синхронизации и передачи данных на вывод данных с альтернативной функцией, записав в соответствующие разряды регистров конфигурации линий GPIO нужную комбинацию бит;
- разрешить работу с выбранным модулем SPIx;
- управляя значениями битов регистра SPIx_CR1, перевести интерфейс SPIx в режим Master (флаг MSTR) и задать скорость передачи (флаг BR [2:0]), размер кадра данных (флаг DFF), направление передачи (флаг LSBFIRST), источник сигнала NSS (флаг SSM), полярность (флаг CPOL) и фазу (флаг CPHA) тактового сигнала;

- после установки в 1 флага TXE регистра SPIx_SR записать данные в регистр SPIx_DR.

Для настройки интерфейса SPI в режим ведомого устройства выполняются следующие действия:

- включают тактирование выбранного модуля SPIx (где x – номер модуля) и порта ввода/вывода, через который будет вестись приём данных;
- настраивают режим работы линий синхронизации и приёма данных на ввод данных, записав в соответствующие разряды регистров конфигурации линий GPIO нужную комбинацию бит;
- разрешают работу с выбранным модулем SPIx;
- переводят интерфейс SPIx в режим Slave;
- после установки в 1 флага RXNE регистра SPIx_SR читают данные из регистра SPIx_DR.

Важно обратить внимание, что шина APB2 может работать с максимальным быстродействием 72 МГц, а быстродействие шины APB1 ограничено частотой 36 МГц. По умолчанию тактирование отключено, и перед началом работы с любым

периферийным устройством необходимо разрешить подачу на него тактового сигнала, что выполняется разработчиком программно в регистрах RCC_APB2ENR, RCC_APB1ENR. Шина APB2 обслуживает контроллеры последовательных интерфейсов USART1, SPI1 и порты ввода/вывода общего назначения (GPIO), шина APB1 обслуживает контроллеры интерфейсов USART2, USART3, SPI2, SPI3.

Литература

1. STM32F103x4, STM32F103x6 MCU Datasheet. STMicroelectronics. 2009.
2. Proteus VSM Help. Labcenter Electronics. 2020.
3. STM32F101xx, STM32F102xx, STM32F103xx, STM32F105xx and STM32F107xx advanced ARM-based 32-bit MCUs. Reference manual. STMicroelectronics. 2010.
4. Колесникова Т. Работа с универсальным синхронно/асинхронным приёмо-передатчиком USART в программной среде Proteus 8.11 // Современная электроника. 2021. № 8.
5. 8-bit AVR Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash. ATmega16, ATmega16L. Atmel Corporation. 2010.



IF/RF & Microwave Design

advantex UNO-2XM

100 кГц – 21 ГГц

Малощумящий синтезатор частот

Уровень фазового шума: -140 дБн/Гц
при отстройке 10 кГц @1 ГГц

Время перестройки: < 60 мкс

Шаг перестройки: 0.0001 Гц

Фазовый шум, нормированный к 1 ГГц

Offset, Hz

Мощность выходного сигнала: -5...+15 дБм, шаг 0,5 дБ

Опорный сигнал: 1-250 МГц

Выход опорной частоты: 10/100 МГц

Рабочий диапазон: -40...+60 °C

Габаритные размеры: 30,5 × 87,5 × 195,0 мм

Сделано в России

www.advantex.ru

Монтаж компонентов и связанные с ним технологии.

Подсистема ГРИФ-4 – Монтаж.

Часть 1

Юрий Ёлшин (elshin.juri@yandex.ru)

В статье приводится описание подсистемы формирования исходной информации для реализации этапа подготовки данных для монтажа компонентов на печатной плате и собственно этапа монтажа компонентов на основе этих данных. Программное обеспечение этих этапов реализовано в рамках ГРИФ-4 – «Информационно-программного комплекса расширения функционала САПР P-CAD 200X».

Под термином «монтаж» понимается этап выполнения проекта электронного модуля в виде печатной платы, который следует после выполнения этапов размещения компонентов и этапа трассировки. На этом этапе выполняется формирование проектной документации, которая должна позволить изготовителю осуществить подготовку компонентов к размещению на изготовленную печатную плату (нередко здесь производится и формовка выводов компонентов по изготовленным чертежам или по габаритным чертежам в ТУ на компонент), их размещение, распайка и контроль исполнения.

В настоящее время этот этап выполняется в соответствии с ЕСКД, а именно, по ГОСТ 2.123-93-1 «Единая система конструкторской документации. Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании» (с датой актуализации 10.06.2020). При этом документация ориентирована в основном на бумажный состав КД, что в целом является архаичным, т.е. не учитывает современную тенденцию максимального использования безбумажного состава КД. Тем не менее при использовании программного комплекса ГРИФ-4 [1] практически все документы выполняются в цифровом электронном формате, в частности, предусмотрена определённая формализация процесса разработки комплекта КД. Это требует обязательного выполнения формальных требований при сдаче проекта печатной платы в хранилище, что позволяет выстроить строгий типовый процесс проектирования в рамках предприятия. Изменение маршрута проектирования, уровней проверки шаблонов проекта доступно только администратору.

Автоматизация проектирования – одно из главных направлений научно-технического процесса. Как справедливо отмечено в [2], промышленный потенциал страны определяется не только возможностями массового производства новейших изделий техники, но и возможностями их быстрого проектирования. И если конвейеры для массового производства изделий уже имеются почти во всех отраслях промышленности, то время создания конвейеров для массового проектирования новых изделий только наступает. При этом полная автоматизация трудоёмких процессов, встречающихся при проектировании конструкций, является актуальной задачей.

Проектирование печатных плат с помощью САПР (CAD) представляет собой систему проектирования, способную осуществлять процесс проектирования при решении задач, не поддающихся полной автоматизации. При этом структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, понятийный аппарат и языки представления данных такой САПР должны быть стандартизованы. Чтобы достичь должного уровня взаимодействия промышленных автоматизированных информационных систем, требуется создание единого информационного пространства. Такое пространство обеспечивается благодаря унификации как формы, так и содержания информации о конкретных изделиях на различных этапах их жизненного цикла. Человек сам принимает решение там, где процесс проектирования не поддаётся формализации, т.е. оценка проектных решений не имеет количественного выражения. Таким образом, здесь важен профессиональ-

ный уровень проектировщика. Именно поэтому электронные САПР относятся к эвристическим системам.

Согласно ГОСТ 23501.0-89 подсистемы, т.е. составные структурные части САПР, которые представляют элементы всех «обеспечений» автоматизированного проектирования, необходимые для выполнения системой её функций, по своим свойствам и функциям могут рассматриваться как отдельные подсистемы. В рамках подсистемы ГРИФ-4 первый этап выполнения проекта рассматривается как схемотехнический этап. На этом этапе выполняются перечисленные ниже задачи:

- формирование новых условных графических отображений (УГО) для компонентов схемы в формате SCH и поиск технических условий (ТУ) (или других достоверных источников исходных данных) на эти компоненты;
 - ведение базы данных УГО: пополнение библиотечных файлов новыми компонентами в формате SCH;
 - подготовка схемы принципиальной электрической в формате SCH;
 - контроль исполнения схемы в соответствии с государственными и/или внутренними стандартами предприятия;
 - формирование файла электрических связей в простом текстовом формате, например, в формате TANGO в САПР P-CAD 2006;
 - поиск информационного источника функционального и конструктивного описания нового компонента. Этим могут быть технические условия (ТУ) или фирменный буклет;
 - формирование служебной записки о вводе в конструкторскую базу данных (БД) информации с характеристиками нового компонента. В их состав входят необходимые данные о компоненте, предусмотренные в шаблоне служебной записки, например, в формате .docx в подсистеме ГРИФ-4.
- Эти этапы выполняются библиотекарем УГО и заказчиком проекта печатной платы (инженером-схемотехником) с помощью САПР P-CAD 2006 и подси-

системы ГРИФ-4. Следующий этап является этапом формирования конструкторской БД описаний компонентов. Он состоит в решении следующих задач:

- приём исходных данных от инженера-схемотехника на ввод нового компонента в централизованное хранение в базе данных – каталог файлов ComrBox;
- формирование файлов библиотек различных графических и текстовых видов (свойств) компонентов;
- формирование файлов описаний типоразмеров печатных плат;
- контроль корректности содержимого БД компонентов;
- пополнение БД топологически идентичными вариантами компонентов с помощью методики Torrent, входящей в состав ГРИФ-4;
- пополнение БД типовыми вариантами исполнения конструкции компонентов с помощью специальных калькуляторов;
- пополнение главного реестра компонентов.

Следующий этап является этапом подготовки и формирования «кучи» файлов компонентов с одновременным выводом на монитор изображений посадочных мест компонентов и файлов типоразмера печатной платы в качестве исходных данных для выполнения этапа расстановки (размещения) компонентов на слоях платы. На рис. 1 показан файл «кучи» и типоразмера печатной платы, подготовленный на этом этапе.

После размещения компонентов на внешних слоях платы может выполняться этап трассировки. Оба этих этапа требуют тщательного выполнения технологического контроля полученных результатов. Затем наступает этап подготовки проектных данных для монтажа компонентов.

Стандартный и общепринятый на сегодняшний день способ реализации этого этапа состоит в следующих шагах. При полном совпадении количественных и других данных после выполнения предыдущих этапов (наименований типов, десятичных номеров и количеств, отсутствия ошибок в базах данных и реализации задач размещения и трассировки) специальный программный модуль выполняет формирование файлов сборочных чертежей ячейки (СБ).

При большом количестве чертежей установок компонентов на первом листе СБ модуль автоматически открывает файл второго листа СБ соответству-

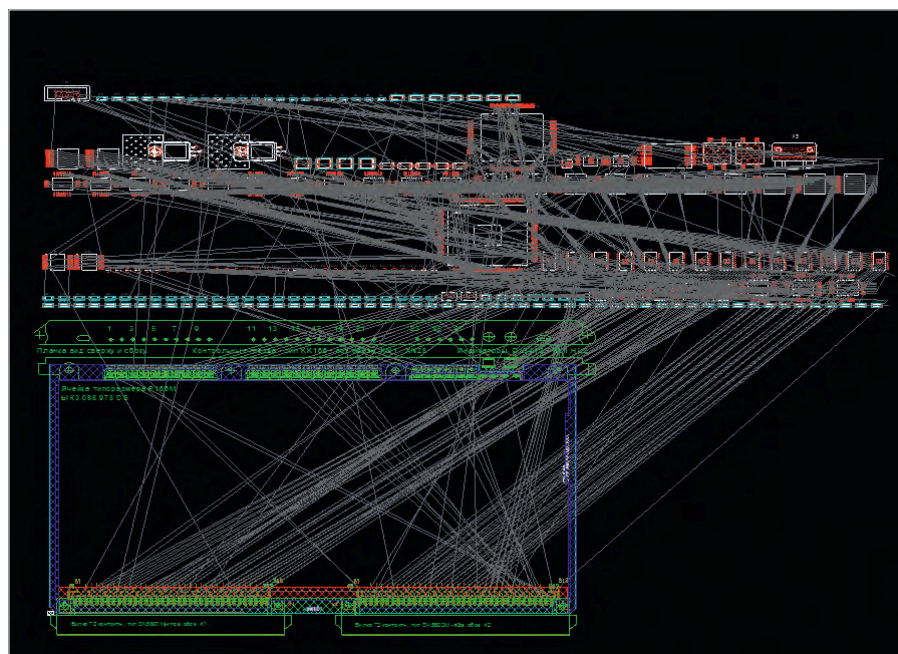


Рис. 1. «Куча» компонентов и конструкция печатной платы для размещения компонентов. Линии коричневого цвета – линии электрических связей компонентов

ющего формата. Размещение готовых чертежей установки компонентов на заготовке чертежа заготовки СБ (обычно это лист с чертежом стандартного типоразмера печатной платы) производится по аналогии с размещением компонентов на плате в виде «кучи», которое формируется специальным модулем. Этот модуль размещает чертежи установки (монтажа) компонентов платы (Mounting) на свободном месте файла сборочного чертежа платы, но в пределах контура границы платы.

В настоящее время сборочные чертежи выполняются исходя из необходимости расположения на листе большого формата (обычно А1) контура печатной платы (без индикации запретных зон для трассировки и размещения, печатных проводников, переходных отверстий и т.п.) с целью удобства размещения текстов позиционных обозначений компонентов и удобства их считывания монтажником при своей работе.

На свободном месте сборочного чертежа (обычно в масштабе 1:1) размещается вспомогательная информация, например, таблица отверстий, но самое главное, размещаются чертежи формовки выводов, элементов крепления (хомуты, радиаторы и т.п.), использованных в проекте компонентов монтажа. Отметим особенность такого представления данных, состоящую в том, что конструктор должен ввести на чертёж платы указатели с меткой соответствующего чертежа установки компонента и ввести эти чертежи дополнительно к виду черте-

жа для каждого внешнего слоя платы. При этом такие указатели применяются к одному из группы компонентов единого конструктивного типа и в любом из возможных ориентаций компонентов на поле платы, в то время как на выносной чертеж формовки и установки компонент представляется в нулевой ориентации в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р МЭК 61188-7-2017 «Печатные платы и печатные узлы. Проектирование и применение. Часть 7. Нулевая ориентация электронных компонентов для создания библиотек САПР».

На чертежах установки компонентов можно обнаружить компоненты, которые нуждаются в специальных операциях формовки выводов или выполнении чего-либо подобного. В таком случае необходимо передать эти чертежи на участок формовки (или доработки) компонента. Сделать это совсем не просто. Как отмечено выше, для удобства работы с чертежами в масштабе 1:1 на листе формата А1 их необходимо вывести на бумагу, а для этого необходим достаточно дорогой плоттер. Сделать копию такого чертежа практически невозможно, что приводит к необходимости передавать подлинники полных сборочных чертежей на участок формовки, что, по существу, приводит к простоям в работе монтажника. Более того, выбор однотипных компонентов для их размещения возможен только при использовании спецификации на ячейку, формат и размер которой не очень удобен для извлечения необходимых данных, с одной сторо-

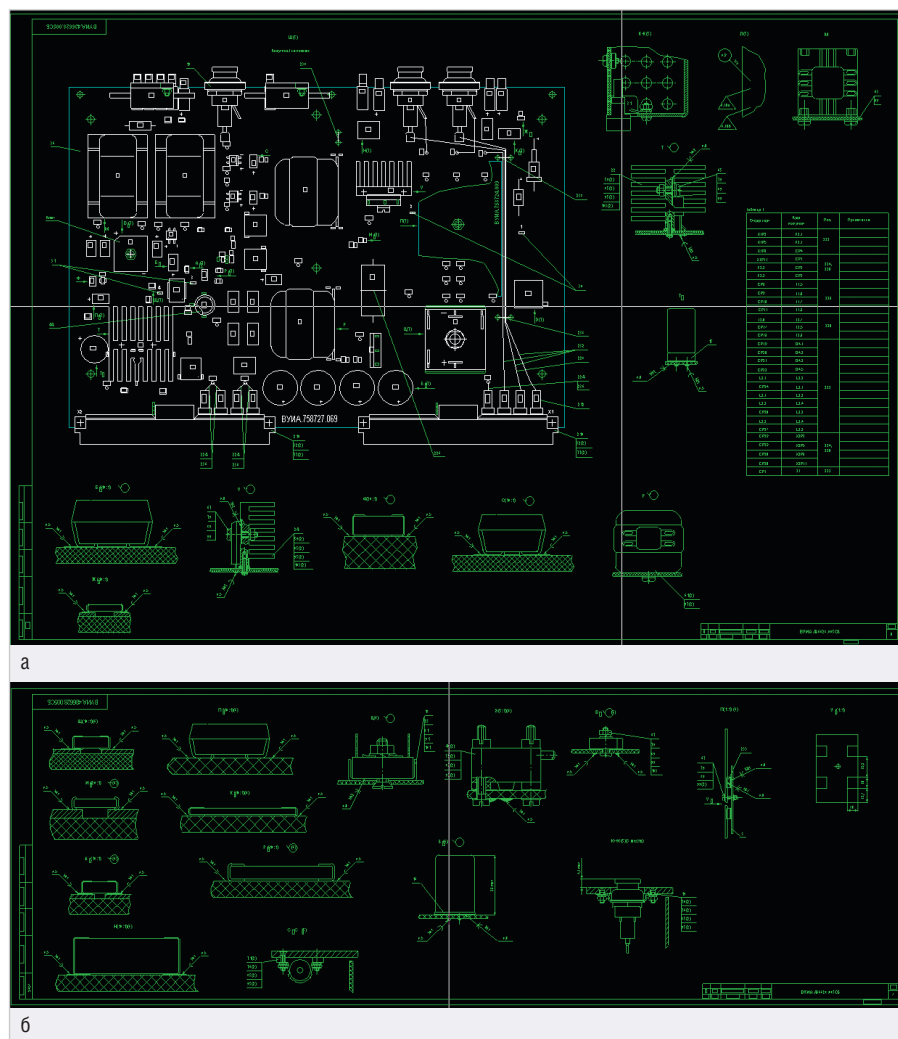


Рис. 2. Размещение чертежей установки компонентов: а) на листе 1 сборочного чертежа печатной платы (слои TOP Silk – белый цвет и TOP Assy – зелёный цвет); б) на листе 2 сборочного чертежа печатной платы (слой TOP Assy – зелёный цвет)

ны, а сам формат данных о компонентах недостаточно удобен для использования.

Пример выполнения первого листа сборки ячейки (слой TOP), которое получено после работы специального модуля и после интерактивного размещения компонентов на листах СБ, показан на рис. 2а и 2б. Отметим, что обычно для полной информации о вариантах установки компонентов, как правило, требуется формирование и второго листа (слой BOTTOM) для компонентов, не уместившихся на первом. Оба листа зачастую выполняются ещё и в формате А1. Но конструктору также предстоит выполнить подобные чертежи для слоя BOTTOM. Важно отметить, что и монтажнику приходится работать с этими широкоформатными чертежами чаще всего при недостатках места на его рабочем столе. Разумеется, в конкретной ситуации проблемы монтажно-сборочного участка не выглядят так пессимистично, но вышесказанное актуально в большинстве случаев.

Таким образом, рассмотренная выше практика выполнения этапа монтажных работ не является оптимальной как с точки зрения инженера-проектировщика этого этапа, так и с точки зрения монтажника ячейки. Однако формально такое исполнение монтажа соответствует ГОСТам, разработанным фактически в прошлом веке. На крупных предприятиях соответствующего профиля отступления от этих ГОСТов просто не допускаются.

Однако, как справедливо отмечено в ГОСТ Р МЭК 61191-1-2017 «Печатные узлы. Часть 1. Поверхностный монтаж и связанные с ним технологии. Общие технические требования», основные принципы, алгоритмы выполнения, инструментальные средства и технологические операции допускается применять в различной последовательности в зависимости от специфики производства и технологических процессов или готовности к пересмотру технологий для приведения их в соответствие с требованиями к конечному изделию.

Именно поэтому был инициативно разработан программный комплекс «ГРИФ-4-Монтаж». Данный комплекс содержит 3 программных модуля: FSBMount.exe, FormPage00.exe, FormHeap01. Рассмотрим их функции и свойства.

Модуль FSBMount.exe выполняет формирование файлов листов расположения для слоёв TOP и Bottom одновременно при одном запуске программы. В системе ГРИФ-4 для этого после запуска модуля необходимо указать имя файла печатной платы в формате PCAD-2006 и файла паспорта платы в формате TXT. В качестве имён исходных файлов используются их наименования или десятичные номера. Модуль также частично использует файл Главного реестра компонентов S-P.txt, структура и содержание которого приведены в монографии [1]. Примеры выполнения чертежей расположения компонентов на внешних слоях платы приведены на рис. 3а и 3б.

Следует сразу отметить, что формат этих чертежей А3 и их распечатка выполняется на сравнительно недорогом принтере. При этом тексты позиционных обозначений имеют высоту 1,7 мм и легко читаются при размещении такого чертежа на столе монтажника. В этом смысле никаких дополнительных данных для работы монтажника не требуется.

Результат работы модуля позволяет его эффективно использовать в режиме работы PCB Design Manager системы P-CAD-2006 для выбора требуемых к установке компонентов при наличии его на рабочем месте монтажника. При отсутствии компьютера есть возможность произвести распечатку этих файлов PCB в формате А3 на любом принтере с установленной САПР P-CAD. При работе с компьютером (или при распечатке при отсутствии компьютера) есть возможность произвести цветовую индикацию компонентов, указав их позиционные обозначения.

На рис. 4 показано выделение группы конденсаторов одного типа на слое TOP, а на рис. 5 выделены компоненты различного конструктивного типа.

Модуль FormPage00.exe формирует таблицу компонентов в проекте в качестве специальной информации для работника монтажно-сборочного цеха, пример содержания такого списка приведён ниже.

Начальный диалог модуля показан на рис. 6.

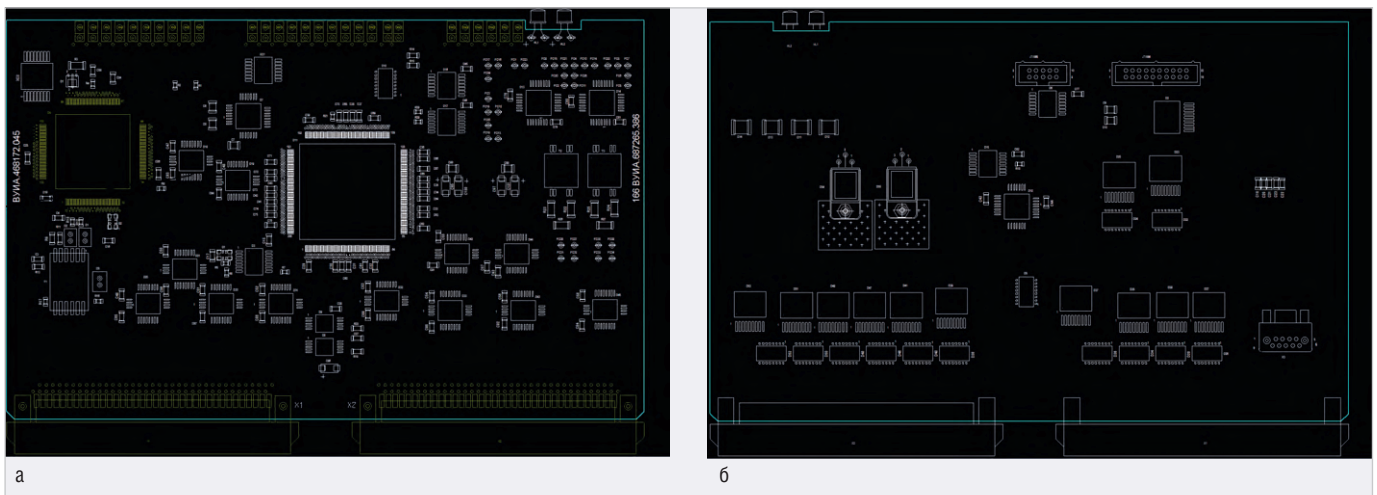


Рис. 3. Чертёж расположения компонентов платы: а) слой TOP; б) слой BOTTOM

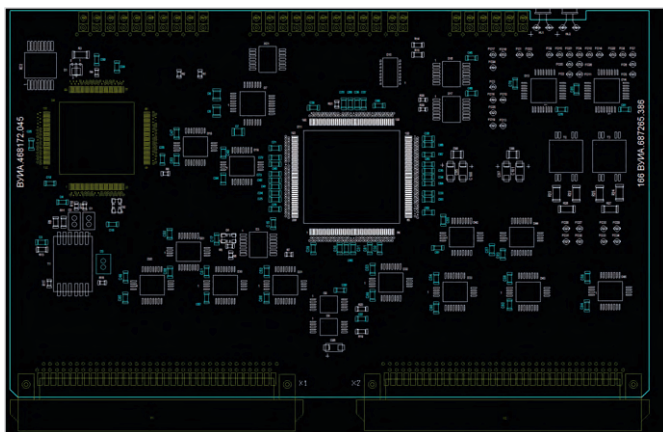


Рис. 4. На слое TOP синим цветом выделены конденсаторы с корпусом типа K1084-3 с позиционными обозначениями C3-C97

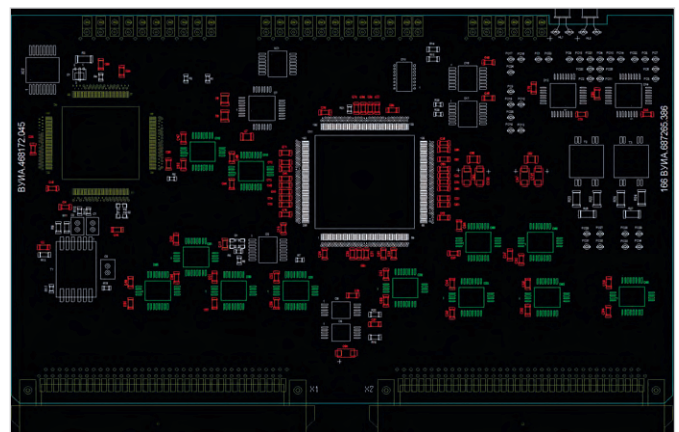


Рис. 5. На слое TOP разными цветами выделены компоненты различного конструктивного типа

Ниже приведён пример сформированной этим модулем таблицы компонентов для их монтажа на плате по слоям раздельно (смотри в таблице).

Таблица состоит из двух частей (для слоёв TOP и Bottom) и колонок, первая из которых содержит строки с наименованиями позиционных обозначений для единичных компонентов или их групп. Вторая колонка содержит ссылки на чертёж посадочного места компонента в формате САПР P-CAD 2006 и косвенно (через такое же имя файла) ссылается на файл описания неграфических атрибутов указанного компонента. Формат записи данных в файлах неграфической атрибутики является стандартным видом записи в СУБД реляционного типа. Обычно имя файла неграфических атрибутов (НГА) имеет то же имя, что и имя корпуса компонента, но с расширением .nga. Эти данные представляют собой текстовую информацию и состоят из строк, причём каждая строка состоит из метки атрибута (не более 3 символов), пробела и текста значения атри-

Программа FormPage00.exe формирует справочную информацию о размещении компонентов на печатной плате по слоям Top и Bottom в виде таблицы. Таблица содержит данные о варианте установки, ориентации и корпусе компонента. Вариант установки корпуса выбирается из таблицы "Symbol-Pattern" S-P.TXT. Программа определяет каталог в котором находится таблица "Symbol-Pattern" S-P.TXT по следующей схеме:

1. в рабочем каталоге;
2. в каталоге O:\660308\GRIF\TAB\;
3. в каталоге C:\GRIF\TAB\;
4. на рабочем диске в каталоге GRIF\TAB\

Для запуска работы программы щёлкните левой кнопкой мыши по этой панели и откройте 2 файла:

- *.rcb - файл спроектированной ячейки;
- *.irx - файл паспорта ячейки.

Рис. 6. Начальный диалог программы формирования таблицы компонентов на печатной плате

бута. В составе этой информации имеется список всех элементов крепежа, дополнительных элементов (радиаторов, прокладок, винтов, гаек и т.п.). Третья колонка индицирует ориентацию компонента в градусах в данном проекте. Четвёртая колонка содержит ссылку на файлы описания варианта установки компонента на плате. При необходимости формирования выводов компонента именно этот файл содержит все необходимые данные для формовки выводов и установки компонента. Как правило, при создании файла установки компонента используется

ГОСТ 29137-91 «Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования». Необходимые файлы, ссылки на которые содержат перечисленные колонки, содержатся в файлах, формируемых программным модулем FormNear01.

Первая и последняя части таблицы содержат неформализованную информацию о выполненном проекте и служат вспомогательными данными для монтажа печатной платы, что дублирует раздел технических требований на ячейку в составе документации на проект.

Таблица компонентов для их монтажа на плате (текст таблицы сформирован системой ГРИФ-4)

ПОДСИСТЕМА ГРИФ-4-МОНТАЖ. Информация для монтажно-сборочного цеха Шифр ячейки: HP381E2-01 Обозначение ячейки: ВУИА.468172.045 Типоразмер ячейки: P166M Регистрационный номер разработчика схемы: 2446 Разработчик схемы: Саяпин В.Г. тел: 1-78-56 Исходные файлы для работы программы: Главный Реестр Компонентов: O:\660308\GRIF\TAB\S-P.TXT; Файл спроектированной ячейки: O:\660308\M2446\КД\ВУИА.687265.386Д33_.pcb; Файл паспорта ячейки: O:\660308\M2446\КД\ВУИА.687265.386Д33_.ipx. Конструктор: Шаталин А.Ф. тел: 1-13-66 Нач. отдела 35: Елшин Ю.М. тел: 1-75-32			
Слой Top			
Поз. обозначение компонента	Файл корпуса/NGA	Ориен.	Файл установки (монтаж)
C1-C2	K1017A-1	270	200.00.0000.00.00
C3-C4,C15-C18,C24-C42,C45-C76	K1084V-3	Любая	Без черт уст
C78-C81,C83-C94	K1084V-3	Любая	Без черт уст
C5	K1084A-1	270	K1084a-1.pcb
C6-C8,C98-C99	K1084V-5	Любая	Без черт уст
C95-C97,C100-C101	K5356A-3	Любая	Без черт уст
D1	4601.3-1	270	Без черт уст
D3	M401	0	Рис.103
D4	4229.132-3-F	90	4229.132-3.pcb
D7	N09.28-1V	0	N09.28-1V
D8-D9	5559IN28U	0	5559IN28U
D10	NR1-1R	180	Без черт уст
D11	4244.256-3-F	90	4244.256-3.pcb
D13-D14	N09.28-1V	90	N09.28-1V
D16-D17	M401.14-5	0	Рис.103
D18-D21,D30-D33,D42-D45	H06.24-1V	0	Нет корпуса в S-P.txt
FC1-FC34	KT1	0	KT1
G1-G2	GK323TK	Любая	Без черт уст
HL1-HL2	DL341S	0	Рис.63
R1-R2,R4,R8,R16-R17,R28-R29	R18-7	Любая	Без черт уст
R3,R22-R27	R18-10	Любая	Без черт уст
R5-R7,R10,R12,R21	R18-2	Любая	Без черт уст
R9-R11	R18-3	0	Без черт уст
R13-R15,R19-R20	R18-8	Любая	Без черт уст
T1	TRS-LS5	0	Без черт уст
T2-T3	TIL3B	0	Рис.28
X1	SN5801M	0	ВУИА.468361.056_л.3
X2	SN5802M	0	ВУИА.468361.056_л.4
XC1	M401.14-5	0	Рис.103
XC2	M402A	90	M402A
XN1-XN28	KK166	0	Рис.56
Слой Bottom			
C9-C10	K1084V-5	0	Без черт уст
C11-C14	K1084V-11	Любая	Без черт уст
C19-C23,C43-C44,C77,C82	K1084V-3	Любая	Без черт уст
D2	M9	180	Рис.107
D5,D22,D24,D26,D28,D34,D36,D38,D40	NR1-1R	Любая	Без черт уст
D46,D48,D50,D52	NR1-1R	Любая	Без черт уст
D6-D15	M401	0	Рис.103
D12	N09.28-1V	180	N09.28-1V
D23,D25,D27,D29,D35,D37,D39,D41	M9	90	Рис.107
D47,D49,D51,D53	M9	90	Рис.107
D54-D55	KT-28A-2.02-RAD	90	KT-28A-2.02-rad
R18	R18-7	180	Без черт уст
X3	SP397	180	Нет корпуса в S-P.txt
X4	SNP347-20VP21-V	0	SNP347-20VP21-V
X5	SNP347-10VP21-V	0	SNP347-10VP21-V
Общие технические требования к печатной плате: Компоненты паять припоем ПОС 61 ГОСТ 21931-76. Допускаются паяльные пасты RM92, RM89, SMT и припой Х39. Покрывается лак УР-231 УХЛ2.3 ТУ 6-21-14-90. Наплывы лака по контуру платы не допускаются. Остальное – см. БКЗ.088.975			

Литература:

1. Елшин Ю.М. Гриф-4. Информационно-программный комплекс расширения функционала САПР P-CAD 200x: монография. М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017. 496 с.: ил.
2. Андреев Г.И., Созинов П.А., Тихомиров В.А. Управленческие решения при проектировании радиотехнических систем: монография / под ред. П.А. Созинова. М.: Радиотехника, 2018. 560 с. (научная

серия «Принятие решений в управлении»)

3. ГОСТ Р 53386-2009 «Платы печатные. Термины и определения».
4. ГОСТ ИЕС 61188-5-8-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-8. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Компоненты с матрицей контактов (BGA, FBGA, CGA, LGA)».
5. ГОСТ ИЕС 61188-5-6-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-6. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Компоненты с J-образными выводами с четырёх сторон».
6. ГОСТ ИЕС 61188-5-4-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-4. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Компоненты с J-образными выводами с двух сторон».
7. ГОСТ ИЕС 61188-5-5-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-5. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Компоненты с выводами в виде «крыла чайки» с четырёх сторон».
8. ГОСТ ИЕС 61188-5-3-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-3. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Компоненты с выводами в виде «крыла чайки» с двух сторон».
9. ГОСТ ИЕС 61188-5-2-2013 «Печатные платы и печатные узлы. проектирование и применение. Часть 5-2. Общие требования. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов). Дисcrete компоненты».
10. ГОСТ Р МЭК 61191-2-2017 «Печатные узлы. Часть 2. Поверхностный монтаж. Технические требования».
11. ГОСТ Р МЭК 61188-7-2017 «Печатные платы и печатные узлы. Часть 7. Нулевая ориентация электронных компонентов для создания библиотек САПР».
12. ГОСТ Р МЭК 611-1-2017 «Часть 1. Поверхностный монтаж и связанные с ним технологии. Общие технические требования».
13. ГОСТ Р МЭК 61191-3-2019 «Часть 3. Монтаж в сквозные отверстия. Технические требования».
14. ГОСТ Р МЭК 61191-4-2019 «Часть 4. Монтаж компонентов. Технические требования».





ЧИТАЙТЕ В КОМФОРТЕ



ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА «СТА»

подписка с гарантированной доставкой



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

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

Отражательный режекторный фильтр

Андрей Соколов (sklv56@mail.ru), Вадим Машков (rz3djo@mail.ru)

В статье рассмотрен способ построения отражательного режекторного фильтра с использованием полосового ПАВ-фильтра и направленного ответвителя. Описан принцип его работы и возможные варианты применения. Приведён пример расчёта параметров модели и представлено их сравнение с характеристиками изготовленного прототипа для конкретного варианта использования.

Введение

Решение задач электромагнитной совместимости приёмо-передающих радиотехнических устройств, а также обеспечение их работы в условиях сложной электромагнитной обстановки (обусловленной наличием как преднамеренных, так и непреднамеренных помех, наряду с общей перегруженностью выделенного участка частотного спектра) вынуждают разработчика уделять проблеме фильтрации сигналов повышенное внимание. В некоторых случаях оказывается более оправданным применение режекторного фильтра, нежели полосового. Так, например, режекторные фильтры (реализуемые программным способом) широко используются для исключения части спектра, поражённого узкополосной помехой, при приёме широкополосных сигналов, в частности, сигналов GNSS.

При обработке аналоговых сигналов в широкой полосе частот подход с устранением помехи режекторным фильтром позволяет во многих случаях сократить количество используемых фильтрующих и развязывающих элементов и тем самым значительно уменьшить сроки разработки, стоимость и габариты конеч-

ного устройства с сохранением требуемых параметров (в частности, неравномерности характеристики группового времени запаздывания). Однако номенклатура представленных на рынке серийно выпускаемых режекторных фильтров ограничена, тогда как выбор полосовых фильтров разнообразных типов и конструкций весьма велик. Ниже описан незаслуженно редко используемый на практике способ переделки полосового фильтра в режекторный с применением современной элементной базы и программных продуктов.

Краткие теоретические основы для конструирования режекторного фильтра на основе полосового фильтра и направленного ответвителя

Для начала дадим определение 3 дБ направленного ответвителя – это взаимное многополюсное СВЧ-устройство для ответвления половины электромагнитной энергии из основного канала передачи во вспомогательный. В квадратурном направленном ответвителе волна во вспомогательном канале приобретает сдвиг фазы в 90° относительно волны в основном канале.

Матрица рассеяния идеального квадратурного 3 дБ направленного ответвителя (НО) в обозначениях рис. 1 имеет вид [1]:

$$[S] = \begin{pmatrix} 0 & 0 & S_{13} & S_{14} \\ 0 & 0 & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & 0 & 0 \\ S_{41} & S_{42} & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

где $|S_{13}| = |S_{14}| = |S_{23}| = |S_{24}| = |S_{31}| = |S_{32}| = |S_{41}| = |S_{42}|$, а $\arg S_{31} = \arg S_{41} + \pi/2$, $\arg S_{42} = \arg S_{32} + \pi/2$, $\arg S_{24} = \arg S_{14} + \pi/2$, $\arg S_{13} = \arg S_{23} + \pi/2$.

В дальнейшем для простоты и наглядности анализа волн напряжений на входах и выходах НО воспользуемся векторными диаграммами.

Поступающая на вход 1 идеального квадратурного 3 дБ направленного ответвителя волна W1 с условными амплитудой и фазой, изображёнными на рис. 1 (фаза отсчитывается в направлении против часовой стрелки), разделяется НО на две волны W31 и W41 с равными и уменьшенными на 3 дБ амплитудами (мощность волны W1 делится между волнами поровну), причем фаза W31 повернута на 90° относительно фазы W1, тогда как фаза W41 совпадает с ней. В силу свойств матрицы рассеяния идеального НО непосредственно волна со входа 1 на выход 2 не проходит (вход 1 и выход 2 развязаны). Поскольку выходы 3 и 4 НО не нагружены (режим холостого хода, далее х.х.), фаза отражённой от вывода 3 волны W3 совпадает с фазой волны W31, а фаза отражённой от вывода 4 волны W4 совпадает с фазой волны W41. Отражённая от ненагруженного выхода 3 волна W3 аналогично волне W1 (3 дБ НО – взаимный восьми-полюсник) разделяется на две волны W23 и W13 с равными и уменьшенными на 3 дБ амплитудами, причём фаза W13 повернута на 90° относительно фазы W3, тогда как фаза W23 совпадает с ней. В силу свойств матрицы рассеяния идеального НО волна W3 на выход 4 не проходит (плечи 3 и 4 развязаны). Аналогичным образом, в силу действия принципа взаимности, отражённая от ненагруженного выхо-

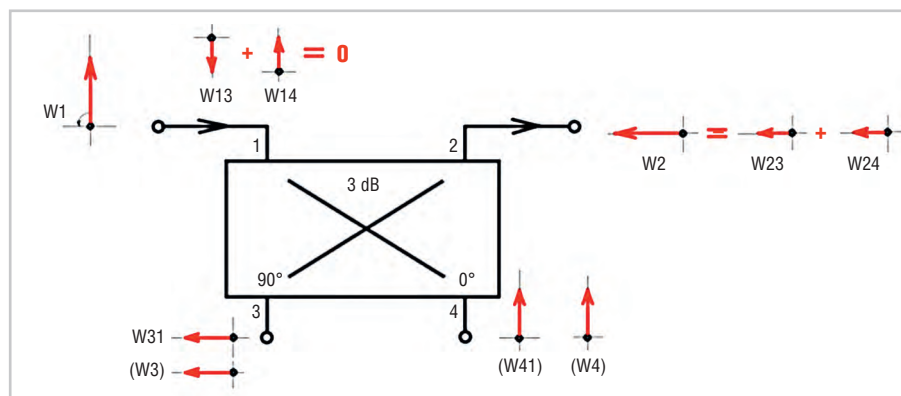


Рис. 1. Векторные диаграммы сигналов на входе и выходе НО при отсутствии нагрузок в плечах 3 и 4 (режим х.х.)

да 4 волна W4 разделяется идеальным НО на две волны W14 и W24 с равными и уменьшенными на 3 дБ амплитудами, причём фаза W24 повернута на 90° относительно фазы W4, тогда как фаза W14 совпадает с ней. На выходе 2 синфазные волны W23 и W24 суммируются, а на входе 1 противофазные волны W13 и W14 взаимно компенсируют друг друга. Таким образом, поступающая на вход 1 волна после переотражений на выходах 3 и 4 без потерь проходит на выход 2 со сдвигом фазы, показанным на рис. 1. Необходимым условием для этого является одинаковость коэффициентов отражения (в данном случае +1 для режима х.х.) нагрузок, подключённых к выходам 3 и 4. Заметим также, что при таком режиме отражённая волна на входе 1 отсутствует.

Рассмотрим далее случай, когда плечи 3 и 4 гибридного 3 дБ НО закорочены на землю. Векторные диаграммы сигналов для этого состояния приведены на рис. 2. Все вышеперечисленные соображения справедливы также и для этого варианта. Необходимо только заметить, что фаза W3 теперь будет противоположна фазе W31, а фаза W4 теперь будет противоположна фазе W41 (коэффициент отражения волны от закороченной нагрузки равен -1). Так же, как и в рассмотренном выше примере, поступающая на вход 1 волна после переотражений на выходах 3 и 4 без потерь проходит на выход 2 теперь уже со сдвигом фазы $\Delta_\phi = 180^\circ$ (противоположным тому, что имел место при режиме х.х.).

Указанная характерная особенность гибридного 3 дБ моста широко используется при создании фазовых манипуляторов, аналоговых фазовращателей, фазовых модуляторов и прочих СВЧ-устройств.

В случае, когда к плечам 3 и 4 НО подключены согласованные нагрузки, энергия волны W1 на выход 2 не поступает, так как полностью поглощается нагрузками. Отражённая волна на входе 1, как и во всех рассмотренных выше случаях, будет отсутствовать. Условием отсутствия отражённой волны на входе 1 в общем случае является наличие идеальной согласованной нагрузки на выходе 2, одинаковость комплексных нагрузок в плечах 3 и 4, а также одинаковость отрезков линий передачи (длина и волновое сопротивление), которыми нагрузки подключаются к этим плечам.

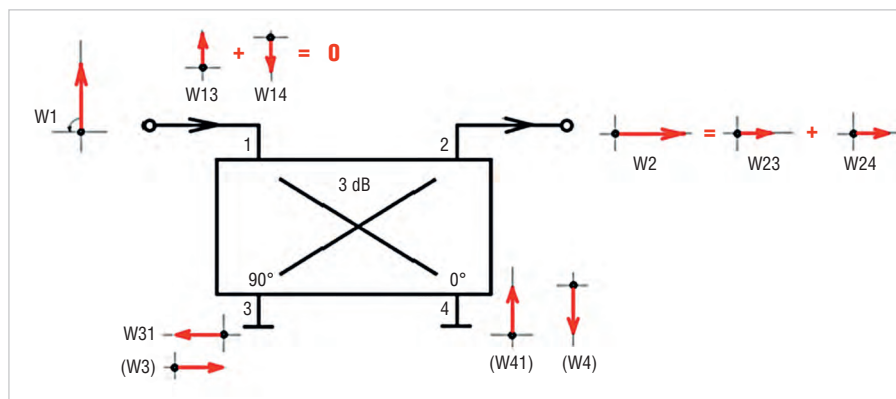


Рис. 2. Векторные диаграммы сигналов на входе и выходе НО при закороченных на землю плечах 3 и 4 (режим к.з.)

С учётом вышеизложенного схема режекторного фильтра поглощающего типа на основе двух одинаковых полосовых фильтров будет выглядеть так, как показано на рис. 3, где PBF (band-pass filter) – полосовой фильтр, L – длина соединительной линии между 3 дБ НО и фильтром, Z_0 – волновое сопротивление соединительной линии, R – согласованная нагрузка. Обычно $Z_0 = R = 50$ Ом.

Однако режекторный фильтр по схеме рис. 3 на практике применяется редко. Причина этого заключается в необходимости использования двух полосовых фильтров с одинаковыми частотными характеристиками в полосах пропускания и задержания. Необходимо также, чтобы характеристики фильтров одинаково изменялись в рабочем температурном диапазоне. Вот почему во многих случаях более предпочтительным выглядит режекторный фильтр отражательного типа, принцип работы которого становится понятным при рассмотрении векторной диаграммы, изображённой на рис. 4.

Как и в ранее рассмотренных случаях, волна W1 образует на выходах плеч 3 и 4 две волны W31 и W41, распространяющиеся в противоположных направлениях. Эти волны имеют равные амплитуды и сдвинуты по фазе относительно друг друга на 90° . Теперь волной возбуждения для плеча 3 (W3) является волна W41, а для плеча 4 (W4) – волна W31. Волны W3 и W4 создают на входе и выходе НО волны W13, W14 и W23, W24 соответственно. Результат суммирования этих волн таков, что в плече 2 (на выходе НО) волна отсутствует, а вся энергия поступающей волны W1 возвращается в плечо 1 в качестве отражённой волны. В общем случае перемычка между

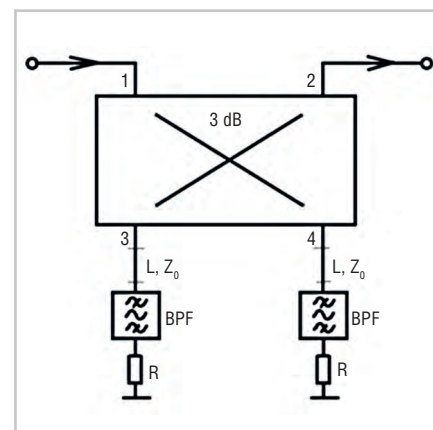


Рис. 3. Схема режекторного фильтра поглощающего типа с использованием двух одинаковых полосовых фильтров

плечами 3 и 4 НО представляет собой линию с определённой длиной и волновым сопротивлением. Суперпозиция бегущих волн W41 и W31 равной амплитуды образует в этой линии стоячую волну, что, впрочем, никак не сказывается на результате суммирования волн W23 и W24, которые по-прежнему будут взаимно компенсироваться на выходном плече 2. Волны W13 и W14 также будут суммироваться в фазе на входе 1. Однако теперь суммарный вектор отражённой волны будет сдвинут на угол, зависящий от электрической длины соединительной перемычки, с сохранением прежней величины модуля коэффициента отражения по входу 1.

С учётом вышеизложенного отражательный режекторный фильтр на базе полосового фильтра и 3 дБ НО будет выглядеть так, как показано на рис. 5 [2].

Действительно, в полосе пропускания идеальный BPF без потерь эквивалентен отрезку длинной линии, что соответствует векторной диаграмме рис. 4, а в полосе задержания работа схемы будет соответствовать вектор-

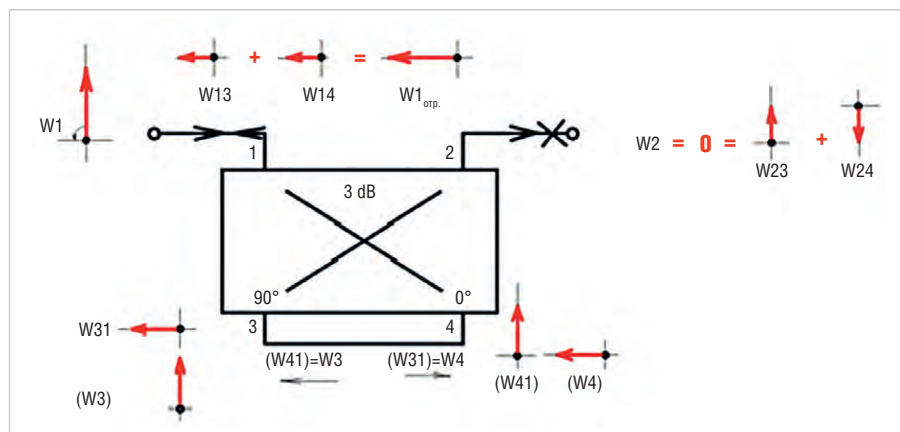


Рис. 4. Векторные диаграммы сигналов на входе и выходе НО при соединении плеч 3 и 4 переключкой

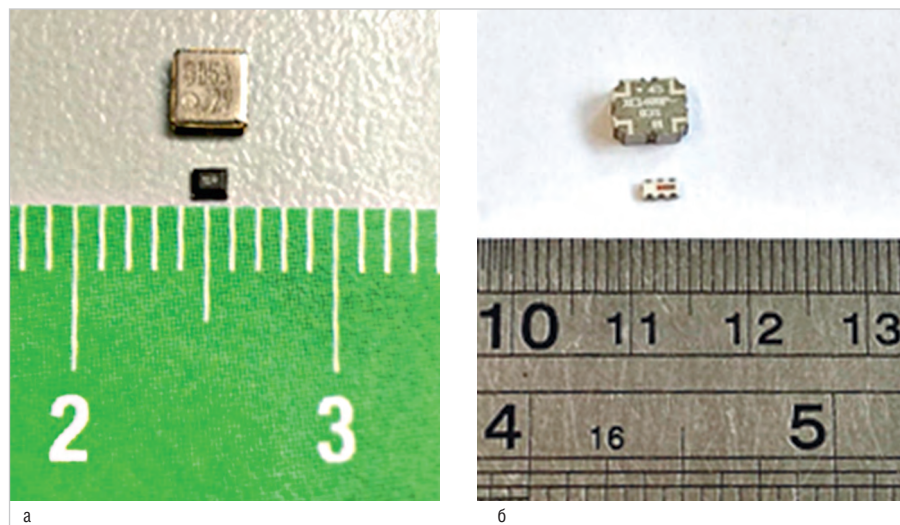


Рис. 6. Внешний вид полосовых ПАВ-фильтров (а) и 3 дБ направленных ответвителей (б)

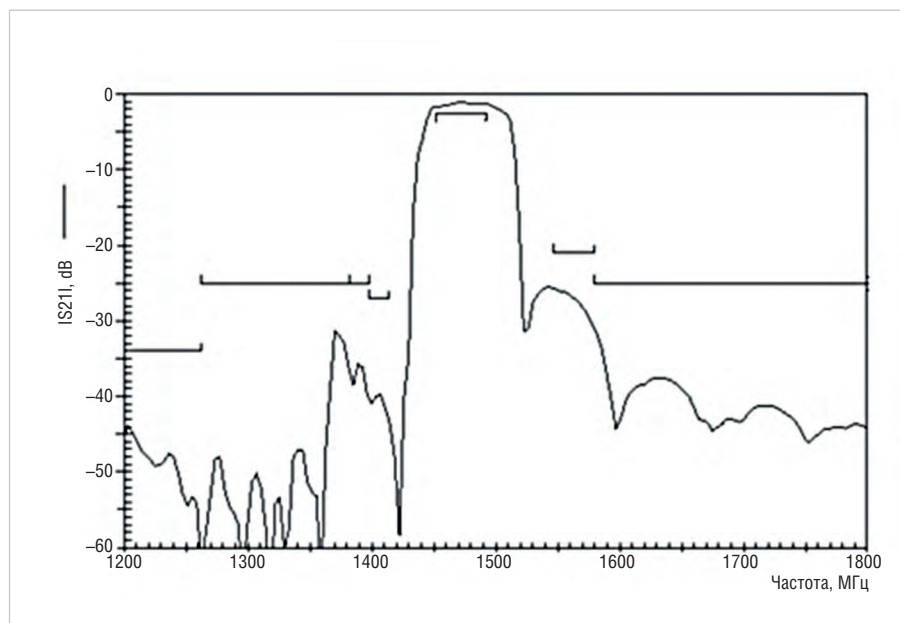


Рис. 7. АЧХ полосового ПАВ-фильтра B39152B1664U410 (Qualcomm)

ным диаграммам рис. 1 и рис. 2 (вход и выход BPF в полосе задержания представляют собой либо х.х., либо к.з., либо реактивное сопротивление с модулем

коэффициента отражения, во всех случаях равным 1).

Имеющиеся в распоряжении разработчика полосовые фильтры и 3 дБ НО

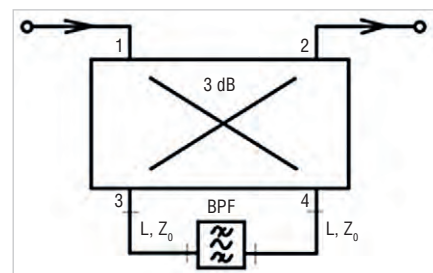


Рис. 5. Отражательный режекторный фильтр на основе полосового фильтра и 3 дБ НО

Таблица

№ п/п	Наименование параметра	Требуемое значение
1	КСВН вх.	Не более 2
2	КСВН вых.	Не более 2
3	Затухание в полосе задержания 1452...1496 МГц, дБ	Не менее 23
4	Затухание в полосе пропускания 1160...1300 МГц, дБ Затухание в полосе пропускания 1540...1610 МГц, дБ	Не более 3 Не более 3
5	Неравномерность характеристики группового времени запаздывания в полосе частот 1590...1610 МГц, нс Неравномерность характеристики группового времени запаздывания в полосе частот 1235...1255 МГц, нс	Не более 1 Не более 1
6	Тип соединителя на входе и выходе фильтра	TNC
7	Сопротивление постоянному току (для питания антенного МШУ по центральному проводнику коаксиального кабеля), Ом	Не более 2

не являются идеальными, что сказывается на параметрах построенной с их использованием конструкции, изображенной на рис. 5. Так, например, потери в направленном ответвителе и в полосовом фильтре приводят к потерям в полосе пропускания режекторного фильтра, границы которой ограничены рабочим диапазоном частот НО, определяемым, в основном, амплитудным и фазовым разбалансом коэффициентов передачи его плеч. Коэффициенты S_{21} и S_{12} матрицы рассеяния BPF хотя и близки, но не всегда в точности совпадают, что также обуславливает появление разбаланса волн W_{23} и W_{24} на выходе 2 в диапазоне частот. В полосе задержания этот разбаланс, а также конечная величина развязки изолированных плеч НО ограничивают максимальную величину подавления (режекции) фильтра, а в полосе пропускания увеличивают неравномерность

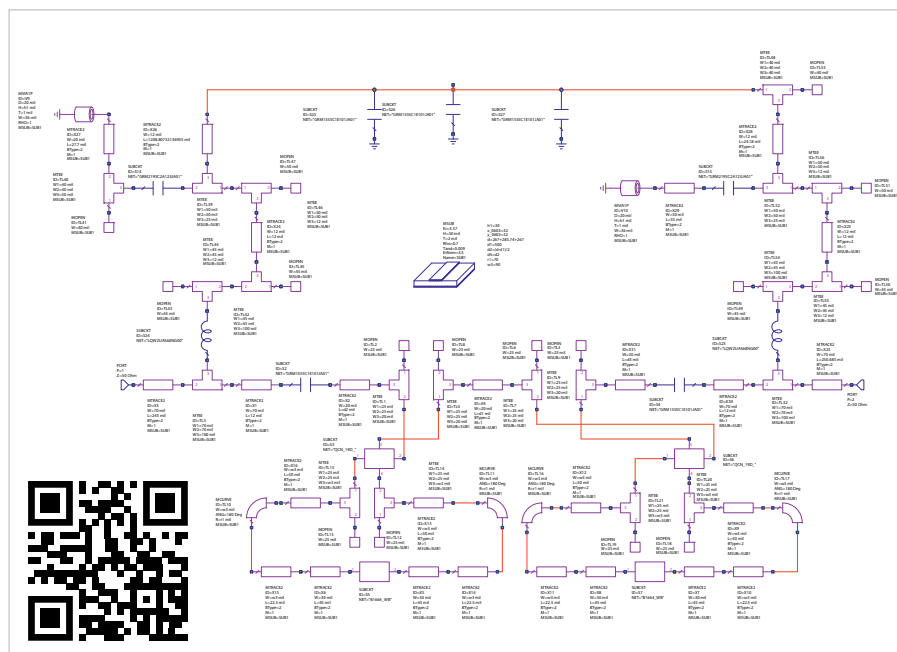


Рис. 8. Общий план схемы фильтра из модуля Circuit Schematic. Детальная схема доступна по ссылке из QR-кода

его коэффициента передачи. По этой причине длину линий L подключения BPF к плечам 3 и 4 желательно выбирать минимально возможной, а центральную рабочую частоту НО – близкой к требуемой центральной частоте режекции.

Механизм подавления сигнала в полосе задержания отражательного режекторного фильтра отличается от того, что имеет место в полосе задержания обычного, как правило, многорезонаторного BPF. В полосно-пропускающем фильтре, представляющем собой цепочку связанных резонаторов, сигнал в полосе задержания по мере прохождения через фильтр претерпевает отражение последовательно от каждого элемента цепочки, что, в частности, позволяет наращивать величину его затухания простым увеличением количества элементов (резонаторов). В отражательном режекторном фильтре величина затухания сигнала в полосе задержания определяется результатом векторного сложения (вычитания модулей амплитуд) волн W_{23} и W_{24} , а они формируются в результате прохождения волн W_{31} и W_{41} через BPF, как это показано на рис. 4 и рис. 5. При этом в реальном BPF, помимо затухания сигнала, имеют место и его отражения от входа/выхода полосно-пропускающего фильтра, которые не обязательно будут одинаковыми. Неблагоприятными факторами являются также уже

упомянутый амплитудный и фазовый разбаланс плеч моста, а также возможный разброс электрических длин соединительных линий L . Совокупное действие всех этих факторов, пересчитанное к точке суммирования (выход 2), не позволяет достичь надёжной режекции сигнала одним звеном более 10...15 дБ, но позволяет сохранить крутизну АЧХ при переходе от полосы пропускания к полосе задержания такой же, как и у полосно-пропускающего фильтра. С увеличением количества звеньев крутизна АЧХ увеличивается, равно как и глубина подавления (режекции) сигнала в полосе задержания.

С учётом вышесказанного весьма перспективным для применения в отражательном режекторном фильтре выглядит использование полосовых устройств на ПАВ (поверхностно-акустических волнах), отличающихся низкими потерями и крутыми скатами АЧХ (амплитудно-частотной характеристики). В настоящее время разработчикам доступна широкая номенклатура серийно выпускаемых ПАВ-фильтров диапазона частот 300...3000 МГц таких производителей, как Qualcomm, TaiSaw, Vectron, Qorvo и проч. Широкой известностью на рынке пользуются также и малогабаритные гибридные 3 дБ НО компаний Minicircuits и Anapen. Внешний вид ПАВ-фильтров и направленных ответвителей показан на рис. 6а и рис. 6б.

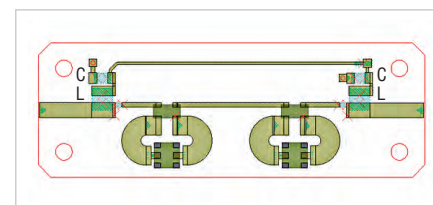


Рис. 9. Электромагнитная 2D-модель топологии печатной платы и элементов режекторного фильтра (дрессели L и блокировочные конденсаторы C образуют ФНЧ для пропускания постоянного тока)

Моделирование отражательного режекторного фильтра в программном продукте Microwave Office среды NI AWR Design

Отражательный режекторный фильтр предполагалось использовать для подавления помехи приёма слабых сигналов GNSS от мощного передатчика близко расположенной базовой станции сотовой связи стандарта 4G LTE (Band 32, 1452...1496 МГц, Downlink). Малошумящий усилитель (МШУ) установленной на крыше здания стационарной активной приёмной GNSS-антенны обеспечивал приемлемое усиление сигналов в широком динамическом диапазоне и не испытывал, несмотря на его недостаточную избирательность, никакого негативного воздействия от помехи. Поэтому было принято решение отфильтровывать её в кабельной магистрали, распределяющей сигнал GNSS с выхода МШУ между пользователями. Тем самым удалось устранить негативное влияние потерь режекторного фильтра в полосе пропускания на коэффициент шума приёмной системы. Основные требования к фильтру указаны в таблице.

С учётом приведённых выше соображений было принято решение использовать в двухзвенном отражательном режекторном фильтре полосовые ПАВ-фильтры B39152B1664U410 (компания Qualcomm), а в качестве 3 дБ НО применить QCN-19D (компания Minicircuits). АЧХ полосового фильтра приведена на рис. 7. Квадратурный делитель мощности QCN-19D имеет рабочий диапазон частот 1100...1925 МГц. Более подробно с этими и другими характеристиками указанных продуктов можно ознакомиться в [3, 4].

На рис. 8 показана схема фильтра, построенная и оптимизированная в модуле Circuit Schematic [5]. В модели использовались S-параметры

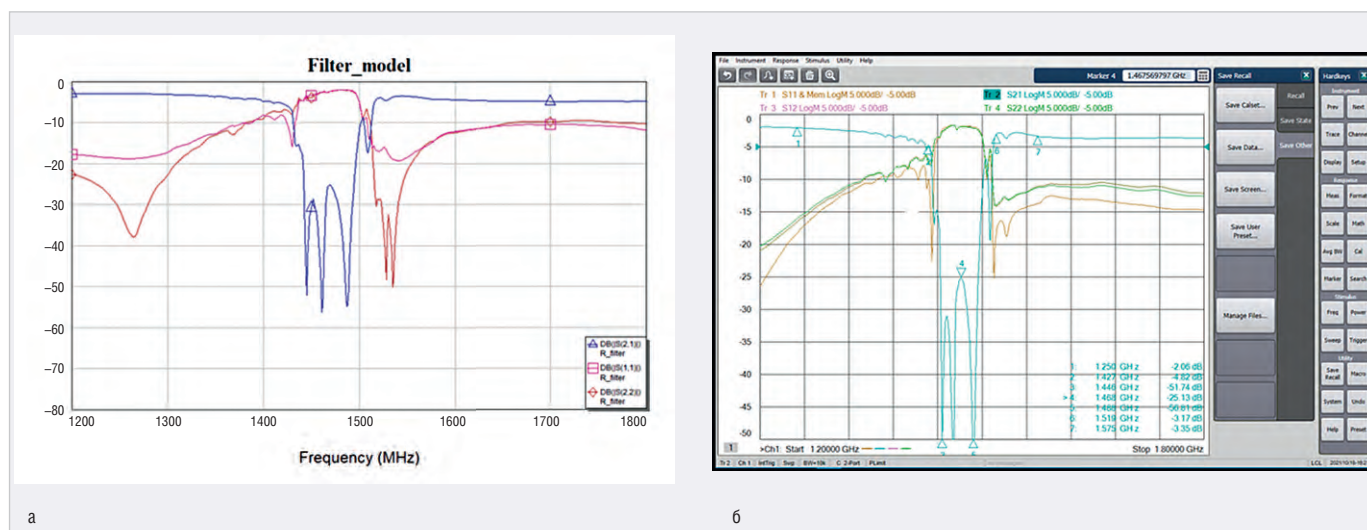


Рис. 10. S-параметры модели фильтра (а) и изготовленного прототипа (б)

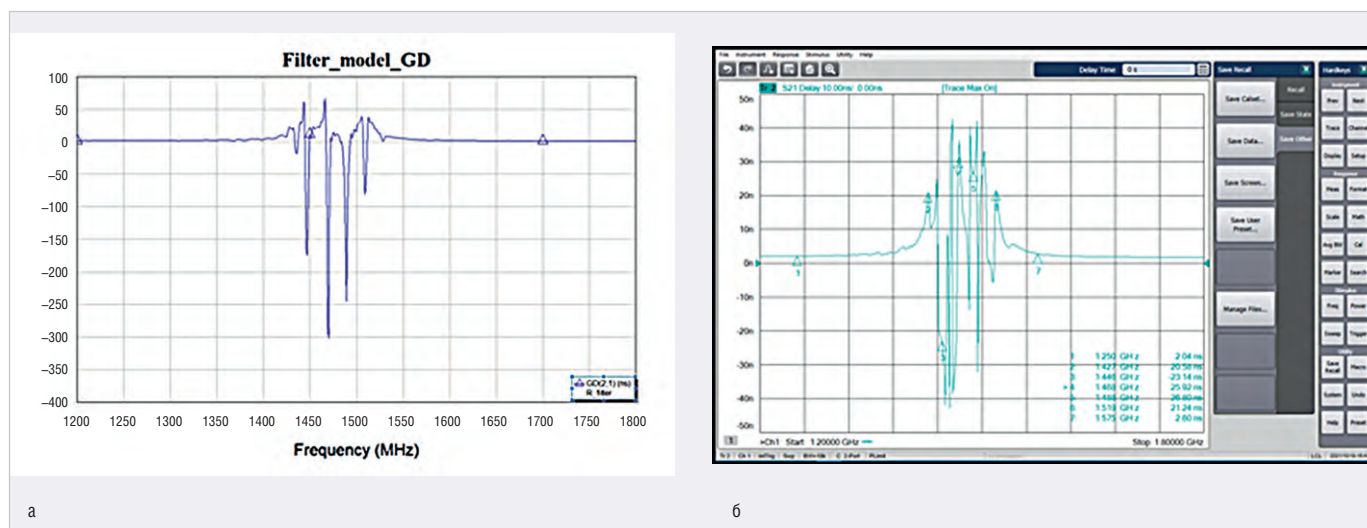


Рис. 11. Характеристика НГВЗ модели фильтра (а) и изготовленного прототипа (б)

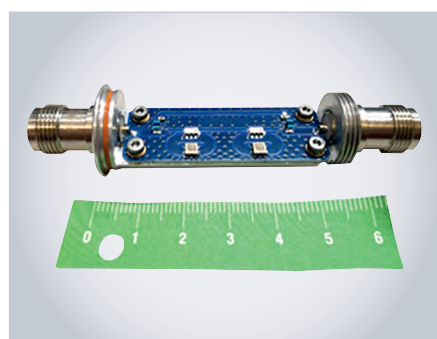


Рис. 12. Внешний вид конструкции фильтра

ПАВ-фильтра и направленного ответвителя, предоставленные компаниями-производителями. Оптимизации подвергалась длина соединительной линии между звеньями, а также волновое сопротивление и длина линий, подключающих полосовой фильтр к направленному ответвителю. Электромагнитная 2D-модель топологии печатной платы (материал FR-4, толщина 0,8 мм) с элемен-

тами фильтра изображена на рис. 9. Рассчитанные S-параметры модели в сравнении с прототипом показаны на рис. 10. На рис. 11 изображены характеристики группового времени запаздывания модели и прототипа. Внешний вид конструкции фильтра в цилиндрическом корпусе изображён на рис. 12.

Разработанная конструкция фильтра получилась простой и малогабаритной. Необходимо заметить, что перечисленные в таблице требования могли быть реализованы и иными путями, например, посредством параллельного соединения двух полосовых фильтров с указанными в таблице полосами пропускания (помеха при этом попадала бы в их полосы задержания). Однако такой подход потребовал бы применения частотных диплексеров или иных схем мультиплексирования, что, в конечном итоге, значительно усложнило бы конструк-

цию устройства и существенно затруднило достижение требуемых значений потерь в полосах пропускания и неравномерности ГВЗ (время групповой задержки).

Заключение

Рассмотрен способ построения отражательного режекторного фильтра с использованием полосового ПАВ-фильтра и направленного ответвителя. Описан принцип его работы и возможные варианты применения. Дан пример расчёта параметров модели и представлено их сравнение с характеристиками изготовленного прототипа для конкретного варианта использования. Показано, что в ряде случаев применение режекторного фильтра более целесообразно, нежели полосового, по причинам его низкой стоимости, простоты, надёжности конструкции и незначительности вносимого им вклада в общую неравномерность ГВЗ тракта.



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 (342) 255-3045 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

Человек, который изобрёл цифровую фотографию

Александр Александровский (Калифорния, Ранчо Санта Маргарита)

Не один десяток лет минул с того момента, как цветная цифровая фотография прочно вошла в нашу жизнь и стала настолько привычной, что все мы уже позабыли о тех временах, когда делать цветные снимки могли только профессиональные фотографы. Причём процесс этот был очень сложным и довольно дорогостоящим. Но кто из нас знает, кому мы обязаны этим и многими другими изобретениями? Я решил рассказать о том, кто это сделал, по одной простой причине: мне довелось почти четыре года проработать бок о бок с этим выдающимся человеком. Правда, уже в то время, когда всё это было изобретено, а сам он, уйдя на пенсию, создал небольшую компанию по разработке медицинского софта. Сделал он это потому, что его жена работала психиатром, и ей нужно было вести многочисленные записи истории болезни пациентов, выписывать лекарства, вести бухгалтерию и т.д. Замечу, что до этого момента Майкл Томпсетт (Michael Francis Tompsett) – человек, о котором я говорю, – никогда не занимался программированием. Большую часть того, о чём я расскажу, вы можете найти в Википедии, а также посмотреть в YouTube [1], но кое-что туда не попало по ряду причин.

Майкл родился в Англии в 1939 году, изучал физику в Кембридже и получил степень PhD в 1966 году. Будучи докторантом в Кембридже в 1968 году, изучая рассеивание электронов на кристаллических поверхностях и работая в EEV Ltd в Англии, он создал систему Reflection High Energy Electron Diffraction (RHEED), с помощью которой можно было контролировать осаждение тонких плёнок. Первая коммерческая система данного типа, которая была продана IBM Labs, использовалась доктором Лео Осаки для создания первых высокочастотных транзисторов с гетеропереходом. Системы этого типа по-прежнему обычно используются для мониторинга роста эпитаксиальных слоёв III–V и II–VI методом молекулярно-лучевой эпитаксии для твердотельных светоизлучающих

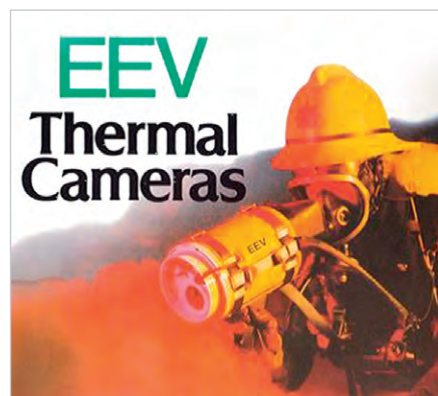


Рис. 1. Прибор ночного видения с тепловизионной камерой

диодов и лазеров. В это же время, работая в той же компании, он узнал о приборе, который позволяет получать изображение в инфракрасных лучах. Прибор был массивным, тяжёлым, для его работы использовался жидкий азот, и он работал очень медленно. Майкл решил сделать его переносным. Он изобрёл электронно-лучевую трубку под назва-

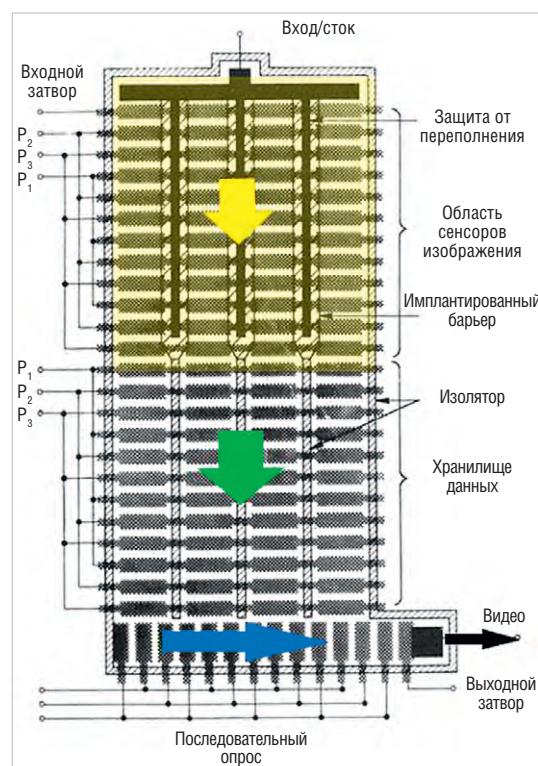
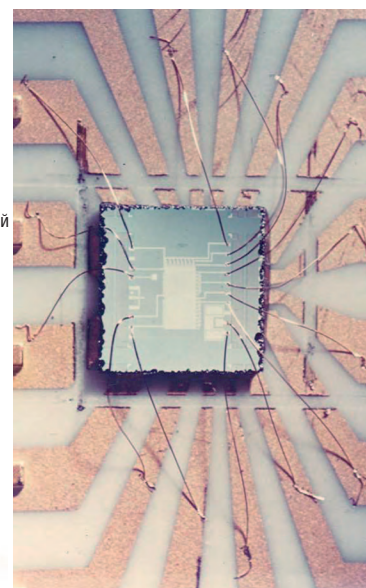


Рис. 2. Первый ССД-датчик

нием Vidicon [2], которую стали использовать в приборах ночного видения. В 1987 году он получил за это награду от королевы Великобритании (British Queen's Award). На этом он не остановился и в 1969 году запатентовал твердотельный инфракрасный датчик на основе матрицы МОП-транзисторов (патенты US 3,646,267 [3], UK 1,239,243 [4], UK 1,266,529 [5]). В 1990 году Алекс Хэнсон в Texas Instruments [6] и Р. Вуд в Honeywell создали первые работающие твердотельные датчики. Этими двумя изобретениями доктор Томпсетт решил проблему размера/скорости/мощности в тепловидении. То есть он создал две технологии, которые используются военными и пожарными до сих пор (см. рис. 1).

В 1969 году Майкл переехал в США и начал работать в Bell Laboratories. Он занимался созданием кристаллических приборов для получения изображения. В это время два учёных этой лаборатории, Уиллард Бойл и Джордж Смит, работали над созданием устройств памяти на основе магнитного пузырькового эффекта. Они открыли похожий эффект в полупроводниках и хотели



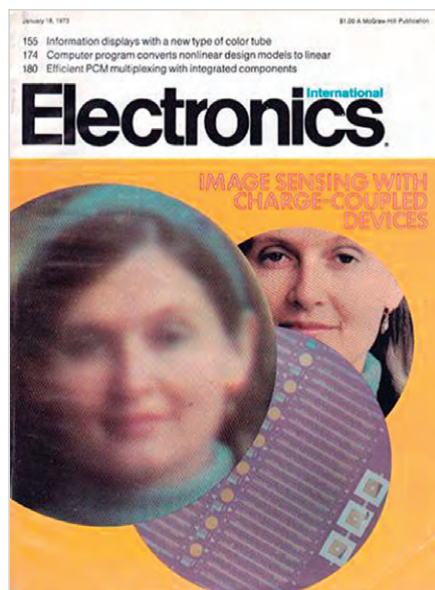


Рис. 3. Обложка журнала Electronic Magazine с первой цветной цифровой фотографией Маргарет Томпсетт

использовать его для хранения информации. Они назвали это Charge Coupled Device (см. рис. 2), или CCD (прибор с зарядовой связью) [7]. Данные должны были вводить в датчик с помощью регистра, но оказалось, что заряд может создаваться и фотонами света. Бойл и Смит не занимались этой разработкой (Бойл в то время был одним из директоров лаборатории). Разработкой данного устройства занимался Майкл, и он же получил единоличный патент на первый CCD-датчик (United States Patent Number 4,085,456 «Charge transfer imaging devices») [8]. Мало того, первая цветная фотография, которую сделали с помощью этого устройства, – это фотография Маргарет Томпсетт, жены Майкла. Фотография была напечатана на обложке журнала Electronic Magazine в 1972 году вместе со статьей о цифровой видеокамере (см. рис. 3). В статье была также фотография Майкла с цифровой



Рис. 4. Майкл Томпсетт (слева) и Эдвард Зимани в 1972 г. демонстрируют первую цифровую цветную видеокамеру

камерой, которую он держит в руках (см. рис. 4). В 1981 году фирма Sony выпустила первую коммерческую видеокамеру Mavica NTSC 570 490 с аналоговой памятью (см. рис. 5). Камера позволяла хранить 50 цветных снимков и воспроизводить их на экране монитора.

Ну а теперь о том, кто получил награду за изобретение цифровой фотографии. В 2009 году Нобелевская премия за создание CCD-датчика была присуждена Бойлю и Смиту. Но они его не создавали! Они придумали концепцию, однако в формулировке комитета было написано, что премия выдана за создание датчика. Майкл решил задачу считывания пикселей изображения без их разрушения во время считывания и получил патент на датчик. Если бы Майкл не создал первый работающий датчик, возможно, что сама идея использования этого эффекта многие годы оставалась бы на уровне идеи. Это решение и историю создания устройства участники событий обсуждали на страницах журнала IEEE Spectrum в 2009 году. И пришли к выводу, что на



Рис. 5. Sony Mavica NTSC 570×490 – первая коммерческая видеокамера с аналоговой памятью

самом деле премию должен был получить Томпсетт, но, как известно, Нобелевский комитет никогда не меняет своих решений. Тем не менее отчасти справедливость была восстановлена. В 2011 году он получил Национальную медаль в области технологий и инноваций (высочайшая награда для изобретателей в США) (см. рис. 6). В следующем, 2012 году он получил медаль Эдисона (IEEE Edison Medal). Эту медаль присуждают раз в год лучшему изобретателю в США. В 2017 году он получил Премию королевы Елизаветы II в области инженерного дела (см. рис. 7) в Англии, разделив её с ещё тремя выдающимися изобретателями: Эриком Фоссумом (Eric Fossum, USA), Джорджем Смитом (George E. Smith, USA) и Нобуказу Тераниши (Nobukazu Teranishi, Japan). В том же году – медаль королевского фотографического общества (Progress Medal from the Royal Photographic Society). Ну а в 2019 году – Эмми (National Academy of Television Arts and Sciences Technology and Engineering Emmy Award) (см. рис. 8).



Рис. 6. Президент Обама вручает Майклу медаль в области технологий и инноваций



Рис. 7а. Принц Чарльз вручает Майклу приз королевы Елизаветы за инженерные достижения



Рис. 7б. Премия королевы Елизаветы II в области инженерного дела (Queen Elizabeth Prize for Engineering)



Рис. 8. «Эмми» за достижения в области инженерии



Рис. 9. Линейный сканер, использующийся в сканерах и спутниках для сканирования Земли в Google Maps

На основе CCD-датчика Майкл построил первую цветную твердотельную телевизионную камеру. Кстати, телевизионная камера появилась раньше, чем цветной фотоаппарат. В 1975 году он вместе с Карло Секином (Carlo H. Séquin) выпустил книгу под названием «Charge Transfer Devices (Advances in Electronics and Electron Physics Supplement)», в которой описываются принципы работы таких устройств [9]. Она была переведена на 80 с лишним языков, включая русский, и до сих пор её можно купить на Амазоне.

В 1973 году Майкл получил патент на линейный сканер на основе CCD-матрицы. Подобного рода устройства используются для сканирования документов и сканирования земной поверхности (см. рис. 9). Например, с их помощью Google сейчас делает свои карты.

В 1979 году он первым разработал интегральную микросхему, модем данных с использованием кремниевых фильтров с переключаемыми конденсаторами из металлооксидных полупроводников (MOSFET) и запатентованной системой автоматической регулировки усиления. Это была первая смешанная аналого-цифровая интегральная микросхема, поступившая в производство, а технология обусловила появление многомиллиардной отрасли (см. рис. 10). В

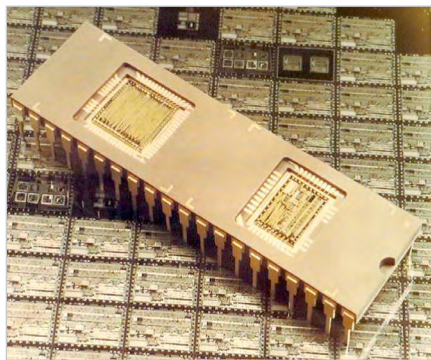


Рис. 10. Модем в одной микросхеме. Первая аналого-цифровая микросхема



Рис. 11. 1980 год. 16 Мп CCD-датчик для станции Вояджер

1980-х годах Томпсетт занялся поиском решения задачи по уменьшению размера, мощности и стоимости оцифровки видеосигналов от устройств формирования изображений и сканеров. Он изобрёл интегрированный двухступенчатый аналого-цифровой преобразователь видеосигнала с рециркуляцией.

В 1989 году Майкл ушёл из Bell Labs и ещё в течение шести лет проработал в американской армии в должности директора отдела исследований электронных устройств. Насколько я знаю, он там занимался системами геолокации. Большая часть работ до сих пор засекречена, за исключением того, что один из датчиков, построенных по этой технологии, находится на спутнике Вояджер (см. рис. 11).

Немного о Майкле в жизни. Я встретился с ним в 2008 году, когда он, как уже говорилось выше, основал компанию по разработке программного обеспечения. В это время, если вы помните, был кризис. Я потерял работу в одной из крупнейших финансовых компаний США под названием Cantor Fitzgerald. С работой было плохо, программистов массово увольняли. Мне попалось на глаза объявление о работе недалеко от того места, где я снимал квартиру. Так совершенно случайно я встретился с этим выдающимся учёным и в

итоге проработал у него четыре года до момента, когда он решил продать компанию каким-то сомнительного вида ребятам из Канады.

Это был очень высокий, энергичный, худощавый человек в возрасте под 70. С очень приятным британским акцентом. С ним было легко работать, он всё понимал ещё до того, как я успевал закончить свою мысль. В фирме работало 5–6 человек. Майкл приходил первым и уходил последним. Он сам писал код. Я не скажу, что это был хороший код, всё же он был самоучкой. Но, что интересно, он очень оригинально мыслил. И интерфейс программного продукта, придуманный им, был очень необычен (что, как правило, плохо), но, с другой стороны, очень удобен для пользователей-врачей. То есть и тут сказывалась его способность нестандартно думать и находить совершенно неожиданные решения.

В 65 лет Майкл и его жена Маргарет в качестве подарка себе на годовщину свадьбы поднялись на Эверест. Конечно же, не на вершину, а до базового лагеря, который расположен на высоте около пяти тысяч метров. Фотографии, сделанные им тогда, висели на стенах офиса.

Майкл не был бизнесменом и основал компанию в первую очередь с целью как-то занять себя на пенсии. Он занял деньги у родственников, но продажи шли так себе, на рынке было много конкурентов. И хотя платил сотрудникам Майкл, скажем так, не особо, вместе прибыли у него были одни убытки. В 2009 году он очень сильно переживал из-за того, что Нобелевскую премию дали не ему. Ну а потом возраст стал брать своё. Майкл стал приходить позже, уходить раньше, начались попытки продать кампанию и рассчитаться с долгами. В середине 2011 года его жена продала свою врачебную практику, и они стали готовиться к переезду в Массачусетс, поближе к родственникам. Я понял, что пора уходить, потому что во многом работал из-за Майкла, который был действительно незаурядным человеком. Буквально за две недели до продажи компании я нашёл работу в Калифорнии и подал заявление об уходе. Майкл расстроился, потому что продавалась компания с программистами, а их там в итоге не оставалось. Я не знаю, заплатили ли ему покупатели обещанные деньги. Последний раз, лет семь тому назад, он писал, что до сих пор не получил их полностью. Но почему-то полагаю, что он рассчитался с долгами и не бедствует.

Сейчас Майкл и Маргарет живут в живописном городке Чатхем в Массачусетсе на берегу маленького озера, в километре от океана, совсем недалеко от места, где когда-то высадились первые переселенцы. В очень красивом доме площадью в триста квадратных метров, который стоит больше миллиона долларов. Майкл по-прежнему активен, увлекается спортом, путешествует. Кстати, несколько лет тому назад он с женой посетил Россию.

Майкл всегда говорил, что все свои изобретения он сделал тогда, когда

у него было свободное время, и ему было нечем заняться. Так что, может быть, и всем нам вместо бездумного сидения перед телевизором или компьютером имеет смысл задуматься о творчестве?

Литература

1. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=fcCn8LZlu8I>.
2. United States Patent Number 3,646,267 «CAMERA SYSTEM FOR PRODUCING TEMPERATURE IMAGE».
3. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US3646267.pdf>.
4. URL: <https://en-academic.com/dic.nsf/enwiki/11733184>.
5. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0080878408626939>.
6. URL: <https://university.ti.com/en/faculty/ti-robotics-system-learning-kit/power-electronics-curriculum>.
7. URL: <https://www.invent.org/inductees/willard-s-boyle>.
8. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/13/d0/52/a83d280ea46d96/US4085456.pdf>.
9. URL: <https://searchworks.stanford.edu/view/10667298>.



НОВОСТИ МИРА

Россия заняла 10 место в рейтинге стран, обладающих суперкомпьютерами

Top500.org опубликовал список 500 самых производительных в мире суперкомпьютеров; в рейтинге стран, обладающих суперкомпьютерами, Россия заняла 10-е место по совокупности факторов, учитывающих количество и мощность машин.

Самый мощный суперкомпьютер Fugaku находится в Японии, его производительность состав-

ляет 442 010 Тфлопс, а количество ядер – 7 630 848. Второй по производительности суперкомпьютер Summit (148 600 Тфлопс, 2 414 592 ядер) находится в США, как и третья по мощности машина – Sierra (94 640 Тфлопс, 1 572 480 ядер).

Первое место в рейтинге стран занимает Китай, второе – США – 149, третье – Япония. Среди компаний-производителей суперкомпьютеров по числу машин, попавших в Top500, лидирует китайская Lenovo. Одна-

ко суммарная производительность суперкомпьютеров HPE (США) и Fujitsu (Япония) выше.

Россия попаданием в Top10 обязана «Яндексу», чьи суперкомпьютеры вошли в Top500 на 19, 36, 40 местах. Ещё одна отечественная машина, вошедшая в рейтинг на 43 месте, принадлежит «Сберу».

В июне этого года Россия была в Top500 шестнадцатой.

vpk.name

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭЛЕКОНД



оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы

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

объемно-пористые танталовые конденсаторы

K52-1, K52-1M, K52-1BM, K52-1Б, K52-9, K52-11, K52-17, K52-18, K52-19, K52-20, K52-21, K52-24, K52-26(чип), K52-27(чип), K52-28, K52-29, K52-30

оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы

K53-1A, K53-7, K53-65(чип), K53-66, K53-68(чип), K53-71(чип), K53-72(чип), K53-74(чип), K53-77(чип), K53-78(чип), K53-79(чип), K53-80(чип), K53-82

ионисторы (суперконденсаторы)

K58-26, K58-27, K58-28, K58-29, K58-33

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

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

КОНДЕНСАТОРЫ разработка и производство



Дефицит полупроводниковых компонентов как причина моратория на оснащение автотранспорта оборудованием для системы «ЭРА-ГЛОНАСС»

Виктор Алексеев (victor.alexeev@gmail.com)

В соответствии с действующим законодательством РФ аппаратурой спутниковой навигации (АСН) для системы «ЭРА-ГЛОНАСС» должны быть оснащены транспортные средства (ТС) определённых категорий [1]. Коллегия Евразийской экономической комиссии приняла решение о том, что вплоть до 31 декабря 2021 года допускается не оснащать некоторые ТС устройствами АСН [7]. Для автомобильного блока АСН «ЭРА-ГЛОНАСС» необходимы электронные компоненты, сроки поставок которых в связи с мировым кризисом производства могут превышать 6 месяцев. Согласно мнению экспертов, сложившаяся ситуация со сроками поставок ЭК, возможно, сохранится в течение 1–2 лет.

Законодательство РФ о системе «ЭРА-ГЛОНАСС»

Российская государственная автоматизированная информационная система экстренного реагирования при авариях транспортных средств (ТС) выполняет две основные функции. Во-первых, «ЭРА-ГЛОНАСС» позволяет оперативно в автоматическом режиме сообщить об аварии ТС в диспетчерскую службу и вызвать медицинскую и техническую помощь. Во-вторых, эта система обеспечивает обработку, хранение и передачу в экстренные оперативные службы информации об аварии, а также доступ к ней государственных органов, органов местного самоуправления, должностных лиц, юридических лиц, физических лиц, имеющих на это право в соответствии с ФЗ № 395. Оператором системы является АО «ГЛОНАСС».

В соответствии с действующим законодательством РФ аппаратурой спутниковой навигации (АСН) для системы «ЭРА-ГЛОНАСС» должны быть оснаще-

ны все транспортные средства (ТС), включая: модели легковых, грузовых автомобилей и автобусов (категории М и N); ТС, предназначенные для коммерческой перевозки пассажиров; ТС категорий EX/II, EX/II, FL, AT, MEMU, сертифицированных для транспортировки опасных грузов, на которые необходимо получать свидетельство в ГИБДД МВД России; ТС, используемые для транспортирования твёрдых коммунальных отходов категорий N1, N2 и N3 [1...5].

Новые правила оснащения ТС аппаратурой спутниковой навигации, утверждённые постановлением Правительства РФ от 22.12.2020 № 2216, вступили в силу с 1 сентября 2021 года [6].

В соответствии со стандартами РФ и другими нормативными документами, регламентирующими систему «ЭРА-ГЛОНАСС» [1...6], АСН должна обеспечивать:

- определение и передачу информации о географической широте и долготе местоположения транспортного средства, его путевом угле и скорости движения, времени и дате фиксации местоположения транспортного средства с интервалом передачи не более 30 секунд через систему «ЭРА-ГЛОНАСС»;
- наличие персональной универсальной идентификационной карты абонента, содержащей профиль сети подвижной радиотелефонной свя-

зи, необходимой для функционирования в системе «ЭРА-ГЛОНАСС».

Навигационные данные должны быть получены с помощью сертифицированной АСН на базе сигналов от не менее двух действующих ГНСС, одной из которых является ГЛОНАСС. Итоговую информацию в объёме, соответствующем стандарту [1], АСН передаёт через центры обработки звонков (ЦОЗ) в Федеральную службу по надзору в сфере транспорта или в региональные, муниципальные и иные информационные системы.

Последние постановления Правительства, вступившие в силу с 1 сентября 2021 года, не подразумевают замены всех ранее установленных АСН новыми моделями. Достаточно приобрести сим-карту от АО «ГЛОНАСС», вставить её в старую модель АСН и пройти процедуру идентификации аппаратуры спутниковой навигации в системе «ЭРА-ГЛОНАСС» [7].

Аппаратура спутниковой навигации должна поддерживать работу в российской системе координат ПЗ-90.11, а также в международной системе координат WGS-84.

Кроме того, с целью определения характера движения ТС до, в момент и после аварии рекомендуется обеспечить непрерывную запись ускорений по трём координатам (x, y, z) с использованием 3-осевого акселерометра [1].

Российская система «ЭРА-ГЛОНАСС» технологически совместима с общеевропейской системой «eCall», а также с казахстанской ГАИС «ЭВАК» (см. рис. 1).

Коллегия Евразийской экономической комиссии приняла 17 августа 2021 года решение № 101 о том, что вплоть до 31 декабря 2021 года допускается не оснащать устройствами вызова экстренных оперативных служб (АСН) транспортные средства категорий М1, М2, М3, N1, N2 и N3, которые изготовлены на таможенной территории ЕАЭС. Исключения составляют ТС, предназначенные для перевозки опасных грузов, а также ТС, специально предназначен-

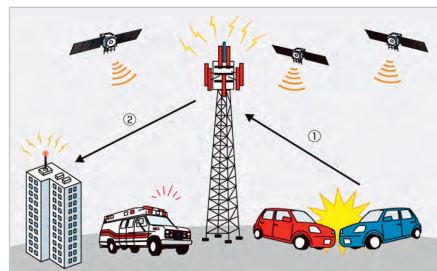


Рис. 1. Российская система «ЭРА-ГЛОНАСС» технологически совместима с общеевропейской системой eCall, а также с казахстанской ГАИС «ЭВАК». Поэтому она поддерживается в странах ЕАЭС [6]

ные для перевозки детей [7]. В соответствии с этим решением указанные ТС должны быть дооснащены изготовителем устройствами вызова экстренных оперативных служб (АСН) не позднее 30 июня 2022 года. Производители ТС обязаны информировать потребителей о необходимости дооснащения приобретённых в указанный период транспортных средств устройствами вызова экстренных оперативных служб (АСН) письменно и в электронном ПТС.

Заместитель директора департамента технического регулирования и аккредитации ЕЭК Виген Енокян объяснил: «Необходимость установления переходных положений вызвана дефицитом используемых при производстве устройств или систем вызова экстренных оперативных служб полупроводников, что создаёт риски вынужденного простоя крупнейших автопроизводителей Союза» [7].

Генеральный директор крупнейшего поставщика «ЭРА-ГЛОНАСС бортовых навигационно-связных устройств» (рис. 2) НПП «ИТЭЛМА» Евгений Горелик отметил, что предприятие начало испытывать трудности с поставками комплектующих для АСН в начале августа 2021 г. [8]. О том, что дефицит некоторых типов полупроводниковых компонентов, охвативший весь мир, может привести к срыву выполнения сроков заказов уже в октябре 2021 г., ИТЭЛМА сообщила таким своим крупным клиентам, как АвтоВАЗ, КамАЗ, ГАЗ, Sollers (УАЗ и Ford Transit) и другие. О возможной приостановке продажи автомобилей, не укомплектованных системами АСН, было сообщено руководству Минпромторга РФ [9].

Как утверждают представители Минпромторга, последующее дооснащение должно быть согласовано Росстандартом в рамках отзывных программ, финансируемых автопроизводителями.

Современное глобальное отраслевое производство полупроводниковых электронных компонентов представляет собой крайне сложную систему с распределёнными по всему миру предприятиями и сложнейшей логистикой. К сожалению, эта система перестала справляться с проблемами, которые обрушились на неё в условиях пандемии COVID-19.

По мнению многих аналитиков, в мире в последние годы назревал очередной мировой экономический кризис [10].

Официально объявленное в марте 2020 г. решение ВОЗ о пандемии



Рис. 2. Терминал ИТЭЛМА «ЭРА-ГЛОНАСС» [8]

COVID-19 сыграло роль триггерного механизма для начала экономической паники во всём мире. Тогда буквально за два дня обвалились все фондовые биржи.

В начале пандемии основная причина возникновения дефицита полупроводниковых электронных компонентов (ПЭК) была связана с транспортными проблемами. В конце 2020 года ставки фрахта морских грузоперевозок резко выросли из-за нехватки контейнеров, связанной с их невозвратом из портов назначения. Эта ситуация только ухудшилась в 2021 году в результате второй и третьей волн коронавируса, вызвавших снижение пропускной способности портов и локальных ограничений доступа персонала к рабочим местам. Если в 2018 году груз можно было погрузить на корабль в течение одной недели, в середине 2021 года это может занять 2–3 недели (рис. 3). Средний срок доставки груза морским путём из Гонконга в США летом 2021 года составлял примерно 35 суток. С учётом погрузки и разгрузки этот срок может увеличиваться до 14–15 недель [11].

Другая причина возникновения дефицита связана с форс-мажорными обстоятельствами, которые так или иначе возникли у всех производителей ПЭК. Общими проблемами для всех производителей IDM (Integrated Device Manufacturers) стали: логистическая катастрофа, отказ ключевых заказчиков от одних моделей ПЭК и взрывной спрос на другие компоненты, дефицит сырья, ограниченные производственные мощности и другие сопутствующие неприятные моменты. Так, например, сразу после объявления пандемии COVID-19 продажи автомобилей во всём мире резко упали, и ведущие автопроизводители отменили свои заказы на специализированные автомобильные полупроводниковые электронные компоненты. Поэтому фирмы IDM, изготавливающие подобного



Рис. 3. В середине 2021 года погрузка корабля в портах Китая занимала от 2 до 3 недель [12]

рода ПЭК, были вынуждены существенно сократить или даже прекратить производство автомобильных чипов. В то же время в связи с локдауном и переходом на домашнее обучение экспоненциально вырос спрос на комплектующие для компьютеров, планшетов, принтеров и другой оргтехники. Производители ПЭК мгновенно переключились на это направление.

Когда в конце 2020 года мировые продажи автомобилей неожиданно вернулись к своему докризисному уровню, возник острый дефицит специализированных ПЛИС и ПЭК, необходимых для автомобильной промышленности.

Однако процесс перестройки производства и изменения логистики с переориентацией на другое направление занимает примерно 7–8 месяцев. Естественно, что погасить всё возрастающий дефицит ПЭК в первом полугодии 2021 года не удалось [13].

Следует подчеркнуть, что каждая IDM-фирма индивидуально решает собственные проблемы с дефицитом ПЭК. Одни фирмы расширяют производство и получают правительственные средства для строительства новых предприятий. Другие компании реанимируют устаревшее оборудование, хранящееся в запасниках. Третьи производители ПЭК отдают приоритет заказам только крупных и перспективных фирм [14].

Кризис с ПЭК в мировой электронной промышленности пока условно можно разбить на три этапа: апрель – декабрь 2020 года; январь – июль 2021 и третий этап с неопределённой длительностью. К сожалению, дефицит ПЭК всё ещё продолжается, причём с плохо предсказуемыми колебаниями сроков поставок на определённые модели.

Принцип работы автомобильной навигационной системы «ЭРА-ГЛОНАСС»

Для того чтобы понять, почему возникший в мире дефицит некоторых

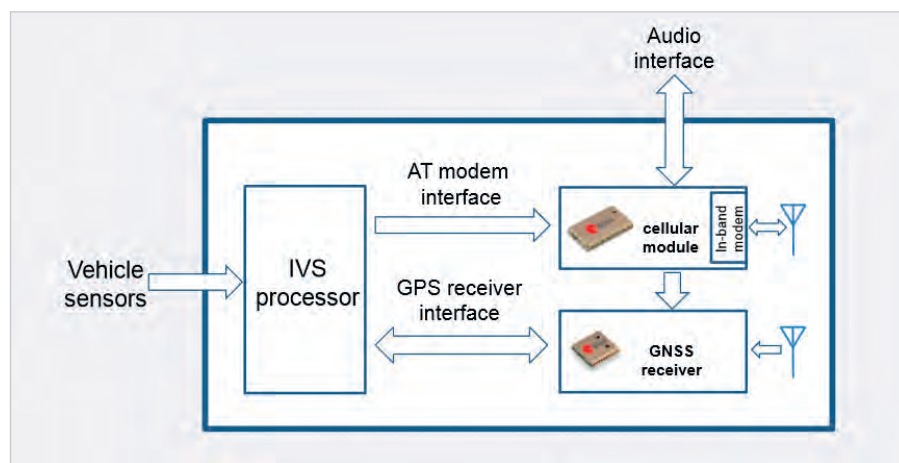


Рис. 4. Упрощённая структурная схема АСН «ЭРА-ГЛОНАСС» [15]

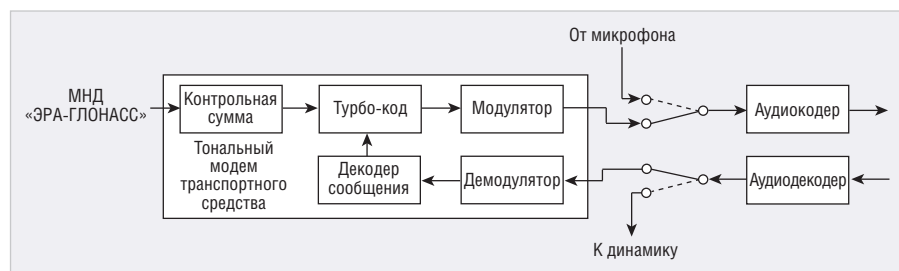


Рис. 5. Структурная схема тонального модема АСН

полупроводниковых комплектующих вызвал проблемы с производством российских АСН, целесообразно рассмотреть несколько подробнее структурную схему и принцип работы автомобильного оборудования системы «ЭРА-ГЛОНАСС».

Упрощённая структурная схема АСН «ЭРА-ГЛОНАСС» показана на рис. 4. Аналогичная структурная схема используется и в автомобильных устройствах европейской системы «eCall».

Автомобильное навигационное устройство имеет четыре основных блока:

- управляющий процессор;
- аудиоблок;
- тональный модем;
- LTE/GSM/GNSS-модуль.

В общем случае алгоритм работы АСН выглядит следующим образом. Навигационный GNSS-модуль постоянно отслеживает спутники и выдаёт информацию в формате NMEA о координатах, направлении и скорости движения автомобиля.

Современные ТС оснащаются сложными МЭМС-датчиками движения, которые в одном корпусе содержат акселерометр, гироскоп и магнитометр. Эти устройства позволяют контролировать изменения параметров движения по девяти осям (три оси линейного ускорения, три направления вращения,

три направления магнитного поля Земли). Таким образом, гарантируется точная автоматическая фиксация момента аварии. Показания этих датчиков записываются и сохраняются в энергонезависимой памяти. В случае тяжёлой аварии (перегрузки 1...3g) датчики срабатывают, и запускаются подушки безопасности, а также автомобильная система вызова экстренных оперативных служб «ЭРА-ГЛОНАСС». Эта система в автоматическом режиме устанавливает связь по каналам UMTS (GSM) или LTE с центром обработки звонков (ЦОЗ). При этом передаётся тревожное сообщение (TPC), которое инициализирует сеанс аварийной связи.

Кроме того, в АСН предусмотрена тревожная кнопка, с помощью которой водитель или пассажиры ТС могут начать сеанс аварийной связи в ручном режиме.

После того как TPC будет принято и обработано, ЦОЗ устанавливает в автоматическом режиме связь с аварийным ТС. При этом микрофон и динамик в автомобиле отключаются, а АСН переходит в режим передачи МНД. Данные об аварии в системе «ЭРА-ГЛОНАСС» передаются в специальном формате, получившем название «минимальный набор данных» – МНД. Сообщение МНД содержит такую обязательную информацию, как: координаты и время ава-

рии; VIN-код и категория ТС; автоматический или ручной режим вызова; тип топлива (бензин, дизель, газ). Кроме того, сообщение МНД может содержать необязательную, дополнительную информацию, для которой зарезервировано 102 байта.

Для контроля работоспособности системы предусмотрен тестовый режим, в котором проверяются основные параметры системы.

Одним из наиболее важных блоков АСН является «тональный модем» – ТМ (In-band Modem).

Структурная схема тонального модема АСН показана на рис. 5.

В самом общем смысле тональный модем представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из двух блоков. Один блок размещается на транспортном средстве, другой – в ЦОЗ. Основная функция автомобильного тонального модема заключается в передаче МНД в режиме голосового вызова. Модулятор передатчика тонального модема преобразует кодированные данные МНД в сигналы специальной формы, соответствующие требованиям 3GPP TS 46.001 и 3GPP TS 26.071, которые предъявляются к аудиокодекам модулей мобильной связи. В результате сообщение МНД плюс код CRC с помощью биполярной фазовой импульсной модуляции преобразуется в форму, которая пригодна для передачи с использованием голосовых AMR-кодеков, включая GSM Full-Rate-кодеки.

Если МНД успешно принят и декодирован приёмником ЦОЗ, на АСН будет отослано уведомление об успешном приёме данных ACK (AC Knowledge). В этом случае автомобильная система (АС) прекращает сеанс связи и переходит в ждущий режим. Если сообщение ACK не было отправлено или получено сообщение NACK (Not ACKnowledge), АСН будет повторять передачу МНД до тех пор, пока не будет подтверждение успешной доставки и декодирования.

Приёмник тонального модема АСН демодулирует и декодирует ответные сообщения, передаваемые ЦОЗ. Основная задача этого приёмника заключается в том, чтобы правильно определить момент начала и окончания передачи МНД по входящим сообщениям START, ACK, NACK. Более подробную информацию о работе тонального модема АСН можно найти в [16, 17].

Вторая важная часть АСН – это модули мобильной связи и приёмники GNSS. Большинство современных

модулей LTE/GSM имеют встроенный тональный модем и программное обеспечение, обеспечивающее его работу. В таких модулях мобильной связи тональный модем, как правило, реализован в виде программной утилиты к радиоинтерфейсу базового чипа. Включение тонального модема производится триггерной АТ-командой, прерывающей голосовой звонок. Входящие вызовы принимаются стандартной командой ATA.

Ведущие мировые производители модулей мобильной связи, такие как, например, Sierra Wireless, Cinterion Wireless Modules (Gemalto), SIMCom Wireless Solutions, Quectel, u-blox, Telit Wireless Solutions выпускают модели со встроенным тональным модемом и поддержкой систем быстрого реагирования «ЭРА-ГЛОНАСС», «eCall». Кроме того, эти фирмы также производят совмещённые модули LTE/GNSS, разработанные на базе чипов производства лидеров мирового рынка Qualcomm и Intel. В качестве примера модулей, поддерживающих «ЭРА-ГЛОНАСС», можно привести: HL8549-G, AG35, SARA-R4, EHS5/6 Rel 3, SIM7100, LE910-EU V2. Эти модели имеют встроенный тональный модем, соответствующий требованиям 3GPP TS 26.267 [17].

В случае аварии тональный модем по умолчанию стартует в режиме с инициативой, принадлежащей автомобильной системе АСН, которая устанавливает запрос на то, чтобы ЦОЗ полностью контролировал, со своей стороны, всю дальнейшую работу. Для того чтобы сократить время, необходимое для установления соединения, в системе «ЭРА-ГЛОНАСС» вводится режим «только аварийный звонок», при котором модуль не регистрируется в сети, а находится в режиме ожидания вызова от ближайшей базовой станции, через которую возможна связь с ЦОЗ. Современные WWAN-модули со встроенным тональным модемом и с поддержкой «ЭРА-ГЛОНАСС» могут по умолчанию стартовать в таком режиме. Для этого необходимо, чтобы конфигурация режима была задана на USIM и чтобы был активирован фиксированный телефонный номер.

Модули WWAN ведущих мировых производителей имеют своё собственное программное обеспечение, поддерживающее работу с системой «ЭРА-ГЛОНАСС», оформленное в виде специальных пошаговых АТ-команд или в формате исполняемых плагин-

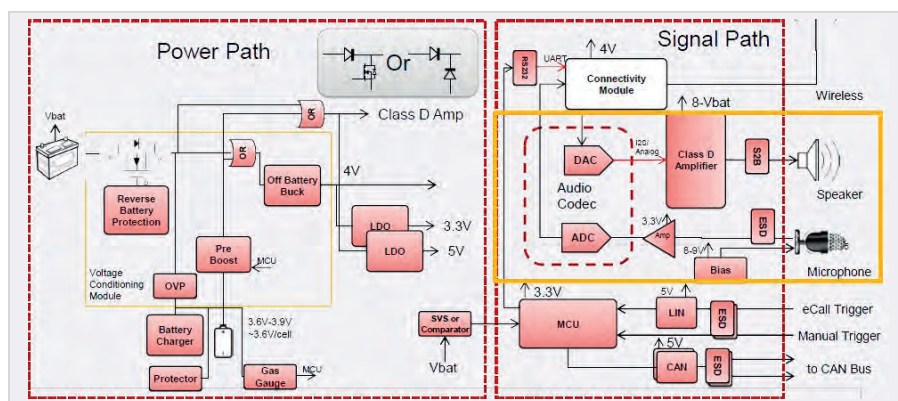


Рис. 6. Структурная схема аудиоблока АСН с питанием от аварийного аккумулятора [20]

нов. Стандарты 3GPP и ETSI не оговаривают конкретный вид этого ПО. В европейском стандарте EN 16062 [18] строго регламентированы и подробно описаны все процедуры, порядок действий, протоколы верхнего и нижнего уровней, временные и частотные характеристики, а также множество других параметров системы «eCall» («ЭРА-ГЛОНАСС»). Другой подход к управлению работой с системами «eCall» и «ЭРА-ГЛОНАСС» основан на разработке управляющих команд с помощью протоколов высокого уровня [19].

Существуют варианты оборудования, которые, кроме «ЭРА-ГЛОНАСС», поддерживают дополнительные сервисы, в том числе спутниковый мониторинг перемещения, удалённую диагностику технического состояния, контроль режима вождения, противоугонную спутниковую систему и другое дополнительное оборудование.

Поскольку голосовой вызов в системе «ЭРА-ГЛОНАСС» является приоритетным, к аудиоблоку АСН предъявляются особые требования.

Структурная схема аудиоблока с питанием от аварийного аккумулятора показана на рис. 6.

Входной аналоговый аудиосигнал, поступающий от ЦОЗ, преобразуется в цифровые выборки с помощью АЦП и подаётся на процессор системы. На выходе ЦАП преобразует цифровой аудиосигнал процессора в аналоговый. В системе АСН может быть использовано объединение входного и выходного интерфейсов аудиосигналов в один кодек со встроенными АЦП и ЦАП. В базовом варианте допустимо применение единого интерфейса, содержащего микрофон, АЦП, ЦАП, усилитель класса D и динамик. Сам кодек может включать в себя встроенный цифровой сигнальный процессор, который освобождает центральный процессор

от обработки аудиосигналов. При этом цифровой микрофон подключается непосредственно к микропроцессору. Для обеспечения максимальной помехоустойчивости рекомендуется тракт аудиосигнала сохранять в цифровой форме вплоть до цифрового входного каскада усилителя класса D.

В техническом описании на систему «ЭРА-ГЛОНАСС» рекомендуется использовать там, где это возможно, схему подключения автомобильной системы вызова экстренных оперативных служб к аудиосистеме транспортного средства.

В АСН системы «ЭРА-ГЛОНАСС» предусмотрена коррекция шумов и эха в исходящем голосовом сообщении при использовании систем громкой связи в кабине транспортного средства. При этом в «ЭРА-ГЛОНАСС» узкополосный аудиоблок громкой связи должен удовлетворять требованиям ITU T-REC-P.1100. Кроме того, должно обеспечиваться автоматическое управление усилением сигнала, компенсирующее низкий уровень звука для тех случаев, когда водитель не в состоянии говорить в направлении, отличающемся от диаграммы направленности микрофона.

Таким образом, автомобильная система аварийного вызова должна быть оснащена: современными кодеками для входного и выходного интерфейсов аудиоканала, микрофонами, динамиками и усилителями высокого качества, управляющим микроконтроллером, автономным блоком бесперебойного питания и другими периферийными устройствами. Более подробную информацию относительно аудиоблока АСН можно найти в работе [20].

Приведённый краткий обзор принципа работы АСН системы «ЭРА-ГЛОНАСС» позволяет понять, что для этого устройства необходимы такие



Рис. 7. Концерн Intel планирует истратить 3,5 млрд долларов на модернизацию своего завода в Рио Ранчо, штат Нью-Мексико, США [28]

важные комплектующие, как датчики движения и ускорения, АЦП, ЦАП, кодеки, ЦСП, управляющий микроконтроллер, модуль мобильной связи (2G/3G/4G) и антенна для него, модуль ГНСС (GPS/GLONASS) и антенна для него, микросхемы для управления питанием, микросхемы памяти, микрофоны, динамики, система БП с резервным аккумулятором, танталовые конденсаторы и другие электронные компоненты.

В настоящее время практически на все перечисленные электронные компоненты значительно увеличены сроки поставки. На некоторые модели срок поставки может составлять 6 месяцев и даже больше [21]. Поэтому, учитывая ситуацию, сложившуюся в мире с производством ЭК, решение Коллегии Евразийской экономической комиссии о временной отмене обязательного оснащения некоторых видов ТС автомобильными системами «ЭРА-ГЛОНАСС» выглядит вполне обоснованным и разумным.

Заключение

Рассмотренное в статье решение ЕЭК о моратории на установку АСН «ЭРА-ГЛОНАСС» показывает, что мировой кризис производства ПЭК затронул также и Российскую Федерацию, которая использует в основном импортные электронные компоненты. Ранее сообщалось о том, что АвтоВАЗ начал выпускать автомобили Lada Vesta, Xray и Largus в комплектации «комфорт лайт»: без мультимедийной системы и оборудования для круиз-контроля [22]. Несомненно, мировой дефицит ЭК скажется и на других отраслях промышленности РФ.

Относительно того, как долго будет продолжаться кризис, в настоящее время нет единого мнения. Самые мрачные прогнозы говорят о том, что ситуация может стабилизиро-

ваться не раньше чем через 2–3 года. Так, например, Вальтер Нгэ, руководитель департамента продаж UMC, говорит о том, что сложившийся спрос на ПЭК сохранится на каком-то среднем уровне и станет нормой на ближайшее будущее. Имеющиеся на данный момент производственные мощности не позволяют производителям выполнять возросшие объёмы заказов в те сроки, которые были приняты до кризиса [23].

Исполнительный директор Intel Пэт Гелсинджер говорит, что худшее в глобальном кризисе ПЭК ещё впереди. Он считает, что дефицит усилится во второй половине 2021 года, и пройдёт год или два, прежде чем сроки поставок вернутся в норму [24].

Отсюда напрашивается единственный возможный способ выхода из сложившейся ситуации: строительство новых заводов по производству ПЭК по новым технологиям и на современных пластинах 200...300 мм. На это требуются огромные деньги, сотни миллиардов долларов, и время порядка двух-трёх лет.

Например, TSMC собирается потратить 100 миллиардов долларов до 2023 года на создание нового производственного центра в Аризоне.

В 2022 году TSMC планирует запустить для массового производства технологическую линию 4 нм (N4), которая обеспечит дальнейшее повышение производительности, мощности и плотности вычислений для следующего поколения специализированных процессоров и ПЛИС [25].

Кроме того, TSMC планирует построить собственный завод микропроцессоров в Японии. С одной стороны, это позволит сократить транспортные расходы за счёт использования базовых подложек, производимых на японских предприятиях. С другой стороны, новый завод поможет заметно увеличить заказы на производство ПЭК от Sony и других японских производителей электроники [26].

В рамках новой национальной программы США по развитию предприятий электронной промышленности на территории страны GlobalFoundries намерена построить новый завод в штате Нью-Йорк, а также модернизировать производственные линии на своём заводе Fab-8. Кроме того, GlobalFoundries собирается участвовать в финансировании построек новых

предприятий и линий в Сингапуре и Германии [27].

Летом 2021 г. Intel объявил о начале работы по строительству двух новых гигантских фабрик в Аризоне стоимостью 20 млрд долларов. Кроме того, фирма планирует вложить около 3,5 млрд долларов в модернизацию оборудования для производства процессоров с торговой маркой Foveros на своём заводе в Нью-Мексико (см. рис. 7).

Расширением производства активно занимаются и другие лидеры мировой индустрии ПЭК.

В Китае развитию электронной промышленности уделяется особое внимание. Правительство вкладывает огромные средства, прежде всего, в крупные государственные проекты. Ещё в 2014 году Пекин объявил о создании инвестиционного фонда China Integrated Circuit Industry с начальным капиталом 138,7 млрд юаней (\$19,8 млрд). Позднее эта цифра увеличилась на порядок за счёт органов власти, частного сектора и налоговых льгот для производителей и покупателей, которые перешли с международных компонентов на китайские. Целью проекта было производство 40% полупроводников, используемых китайскими компаниями, к 2020 году и 70% к 2025 году.

В качестве примера реализации этого проекта можно привести китайскую фирму Yangtze Memory Technologies Company (YMTC), контролируемую государственной корпорацией Tsinghua Unigroup, основной задачей которой является серийное производство инновационной флэш-памяти собственной разработки. Это один из самых значимых проектов, появившихся в рамках China Integrated Circuit Industry. В 2021 г. YMTC начал массовое производство 128-слойных микросхем памяти [29]. Производитель устройств хранения и памяти из Шэньчжэня, фирма Powev Electronic Technology Co, уже начал выпуск новейшего высококлассного твердотельного накопителя на базе 128-слойной трёхмерной ячейки (TLC) NAND флэш-памяти YMTC.

По данным Semiconductor Engineering, по всему миру начато строительство около двадцати новых предприятий по производству ЭК, и на 2022–2023 гг. планируется постройка ещё десяти новых заводов [23]. Эти данные вселяют надежду на то, что рано

или поздно мировой кризис производства ПЭК будет преодолен, и электронная промышленность будет развиваться в нормальном режиме на новом уровне баланса между спросом и предложением.

Литература

1. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095073>.
2. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110786>.
3. URL: <https://aoglonass.ru/ao-glonass/dokumenty/>.
4. URL: https://eraglonass.ru/wp-content/uploads/2021/03/pp_rf_2216.pdf.
5. URL: http://aoglonass.ru/files/docs/tarify_na_uslugi_okazyvaemye_ao_glonass.pdf.
6. URL: <https://www.electropages.com/blog/2015/08/ecall-could-be-coming-to-your-car-very-soon>.
7. URL: <https://eec.eaeunion.org/news/do-kontsa-goda-avtoproizvoditeli-stran-eaes-mogut-ne-ustanavlivat-era-glonass/>.
8. URL: <http://www.itelma.ru/>.
9. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4956461>.
10. URL: <https://www.independent.co.uk/news/world/americas/financial-crisis-2008-coronavirus-donald-trump-economy-stocks-a9392881.html>.
11. URL: <https://www.chinainportal.com/blog/how-long-does-it-take-to-ship-from-china/>.
12. URL: <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3052691/coronavirus-chinas-ports-reach-turning-point-covid-19-backlog>.
13. URL: <https://www.cbsnews.com/news/semiconductor-chip-shortage-60-minutes-2021-08-29/>.
14. URL: <https://semiengineering.com/CHIP-SHORTAGES-GROW-FOR-MATURE-NODES/>.
15. URL: <http://pubs.sciepub.com/ajece/6/1/1/index.html>.
16. URL: https://e2e.ti.com/blogs_/b/behind_the_wheel/posts/how-does-the-ecall-system-work.
17. URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/126200_126299/126267/08.00.00_60/ts_126267v080000p.pdf.
18. URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/126200_126299/126268/09.01.00_60/ts_126268v090100p.pdf.
19. URL: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=1515>.
20. URL: <https://training.ti.com/sites/default/files/docs/2016%20FAE%20Summit%20Presentation%20-%20Audio%20in%20eCall%20and%20Cluster%20-%20recording%20version.pdf>.
21. URL: https://www.scan.co.uk/shops/amd/ryzen-5000-faqs?_cf_chl_captcha_tk__=pmd_iIV1oTIZVg7V6o8rPf1SIFhtjXiEfvaJdzBg1ABM08-1634050089-0-gqNtZGzNAuWjcnBszQjR.
22. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfrenews/60d58e999a79477d97ac0577>.
23. URL: <https://semiengineering.com/chip-shortages-grow-for-mature-nodes/>.
24. URL: <https://www.bbc.com/news/technology-57996908>.
25. URL: <https://www.theverge.com/2021/8/26/22642627/tsmc-chip-price-increase-supply-shortages-apple-qualcomm>.
26. URL: <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/TSMC-eyes-plans-for-first-chip-plant-in-Japan>.
27. URL: <https://www.cnet.com/tech/mobile/intel-investing-3-5b-in-new-mexico-fab-upgrade-boosting-us-chipmaking/>.
28. URL: <https://gf.com/news-events/globalfoundries-press-releases>.
29. URL: <https://www.globaltimes.cn/page/202107/1230069.shtml>.







ВАШ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОПУТЧИК!

Полосковые дисплеи для транспорта

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



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



Специалисты в поисках решений нетривиальных задач

Мария Иванова

Успешный профессиональный рост всегда связан с активной жизненной позицией и желанием учиться новому. О том, как повышают свою квалификацию сотрудники российской компании-производителя электроники ЗАО НПФ «Доломант», мы расскажем в этой статье на примере ведущего инженера-конструктора Алексея Красильникова. В настоящее время ему 45 лет, он магистр техники и технологий, разработчик печатных плат.

Печатная плата – один из основных узлов любого электронного прибора: от простой игрушки до встраиваемого компьютера космического аппарата. Чтобы она функционировала корректно, её нужно правильно спроектировать. А вот тут уже на разных этапах начинается работа множества специалистов: схемотехников, технологов, монтажников, менеджеров, инженеров-тестировщиков. Все они принимают участие в процессе её создания: от идеи до воплощения в готовое изделие. Но именно конструктор печатных плат принимает ключевые решения, и от его квалификации и умения зависит очень многое.

Компания «Доломант» – один из лидеров в разработке и проектировании электроники для ответственных применений в России. Она производит промышленные компьютеры, системы сбора данных, коммуникационные интерфейсы, системы и комплексы для АСУ ТП и встраиваемых систем. За годы работы в компании Алексей спроектировал несколько десятков печатных плат как для собственных проектов компании, так и для её заказчиков.

Путь Алексея к успеху начался с поступления в Государственный университет

телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича в 1993 году. Успешно окончив в 1999 году факультет «Технологии средств связи и биомедицинской электроники», специальность «Проектирование и технология электронных средств», он стал одним из первых магистров факультета. Трудовую карьеру Алексей начал в компании, занимавшейся проектированием встраиваемой электроники для спектрофотометров ЛОМО и спектроанализатора собственной разработки, где проектировал микропроцессорные комплекты для монохроматоров, малопомеховые усилители для инфракрасных спектроанализаторов и фотоумножителей, корпуса и лицевые панели, а также создавал схемы, программировал микроконтроллеры на ассемблере и языке С. За несколько лет он вырос до руководителя группы разработчиков. Затем была работа ведущим конструктором в компании, занимавшейся контрактным проектированием, изготовлением и монтажом печатных плат. Одновременно с этим он продолжал самообразование в проектировании электроники, изучая передовые САПР и их возможности для проведения анализа печатных плат на целостность сигналов.

В 2006 году открылась вакансия в отделе разработки электроники петербургского офиса «Доломант» и Алексей, желая стать её частью, отправил своё резюме. В результате ему предложили должность ведущего инженера-конструктора, на которой он успешно трудится вот уже 15 лет.

Сам он так говорит о своей работе: «Проектирование новой платы – как головоломка с нетривиальными задачами по размещению компонентов, прокладке трасс и полигонов питания».

Алексей проектировал платы для самых разных устройств. Это и компьютеры в формате PC/104, и одноплатные

компьютеры в формате 3,5", и интерфейсные платы Compact PCI 3U/6U, PICMG, и компьютерный модуль стандарта SMARC, и платы для программируемых логических контроллеров Fastwel I/O, и модули беспроводной связи GSM и спутниковой навигации «ГЛОНАСС»/GPS. Особо стоит упомянуть планшетный компьютер «ОНИКС08». Для реализации этого проекта потребовалось разместить компоненты и модули в ограниченном объёме корпуса планшета, для чего были задействованы многослойные и гибко-жесткие платы, шлейфы и платы процессорного модуля. Кроме того, потребовалось провести трассировку соединений высокоскоростных коммуникационных интерфейсов Gigabit Ethernet, CAN, USB, LVDS, CSI с учётом их волновых сопротивлений, шин динамической памяти DDR3 SDRAM, обеспечить помехоустойчивость и электромагнитную совместимость, устранить взаимное влияние элементов друг на друга. При этом Алексей нашёл оптимальное решение по выбору класса точности, снизив стоимость изготовления и улучшив надёжность устройства.

В начале 2016 года Алексей прошёл подготовку к сертификации по международной программе IPC Designer Certification. А в марте 2016 в Нидерландах получил сертификат IPC CID – Certified Interconnect Designer. Это позволило ему освоить проектирование печатных плат в соответствии с международными стандартами IPC. Алексей освоил и технологию Design for Excellence (DfX), позволяющую сокращать время разработки, получать качественные изделия по более низкой стоимости. В сотрудничестве со специалистами компании «Эремекс», являющейся разработчиком отечественного программного обеспечения для автоматизации проектирования радиоэлектронной аппаратуры, он участвует в улучшении возможностей автоматического трассировщика TороR. Полученные Алексеем многолетний опыт и знания позволяют ему проектировать в заданные сроки надёжные печатные платы, удовлетворяющие техническому заданию.



РЫНОК

- № 1 – 9 **Новости рынка**
- № 1 / стр. 10 **Контрафактные компоненты в аппаратуре специального назначения** ВИКТОР ЖДАНКИН
- № 1 / стр. 14 **Срез рынка России по производителям соединителей и разъёмов** ИЛЬЯ ЛЕБЕДЕВ
- № 4 / стр. 10 **Рынок резисторов в России. ТОП-50 брендов** ИЛЬЯ ЛЕБЕДЕВ
- № 5 / стр. 8 **Экосистема умного дома: возможности и решения** ГРУППА LEGRAND

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- № 2 / стр. 8 **Коммуникации в эпоху 6G. Часть 1** ХАРИШ ВИШВАНАТАН, ПРЕБЕН МОГЕНСЕН
- № 2 / стр. 12 **Решение для энергоснабжения системы выращивания коралловых рифов CCell и Vicor**
РОРИ БАКСТЕР
- № 2 / стр. 14 **Нужное – читать, ненужное – не читать** МАКСИМ СЕЛИВАНОВ
- № 3 / стр. 8 **Коммуникации в эпоху 6G. Часть 2** ХАРИШ ВИШВАНАТАН, ПРЕБЕН МОГЕНСЕН
- № 3 / стр. 16 **Терагерцовая квантовая медицина как возможный альтернативный способ эффективной борьбы с коронавирусом** АМИНА АЗИЗОВА, ОЛЬГА БЫЧКОВА, ВИКТОР ВОЙТОВИЧ, АЛЕКСАНДР ГОРДЕЕВ, ДАРЬЯ НИКОЛАЕВА, ЕЛИЗАВЕТА СТЮКОВА
- № 4 / стр. 14 **Граничные вычисления в промышленности** ДМИТРИЙ КАБАЧНИК
- № 4 / стр. 18 **Новый стандарт для проектов «Умный дом» – Connected Home over IP. Часть 1** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- № 4 / стр. 22 **Интегральная фотоника: перспективы применения в системах связи** АНАТОЛИЙ КОВАЛЁВ
- № 5 / стр. 12 **Новый стандарт для проектов «Умный дом» – Connected Home over IP. Часть 2** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- № 6 / стр. 8 **Звёздный час Neutral Host** РИЧАРД ХОУЛИХАН
- № 6 / стр. 12 **Развитие технологий и оборудования для микро 3D-печати** ЮРИЙ ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ
- № 6 / стр. 20 **Новый стандарт для проектов «Умный дом» – Connected Home over IP. Часть 3** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- № 7 / стр. 6 **3D-печать алюминиевым сплавом в радиоэлектронике: опыт оптимизации, перепроектирования и производства** АНТОН НИСАН
- № 8 / стр. 10 **Тестирование работы технологии «eSIM M2M»** БАТОР БАТУЕВ
- № 8 / стр. 12 **Оптимизация производства, которая привела HARTING Technology Group к успеху**
ОЛЬГА РОМАНОВСКАЯ
- № 9 / стр. 8 **Периферийное сканирование экономит деньги и время** СЕМЁН КЛЕЙМАН

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- № 1 / стр. 22 **Индустрия 4.0 и надёжность сетевых коммуникаций** КОМПАНИЯ HARTING
- № 1 / стр. 25 **Микросхемы SRAM-памяти NBT и SyncBurst от GSI Technology** ЕВГЕНИЙ ПАВЛЮКОВИЧ
- № 1 / стр. 28 **Потенциальные направления в промышленности и перспективные решения от компании HARTING** ОЛЬГА РОМАНОВСКАЯ
- № 3 / стр. 24 **SuperCell: достижение новых высот для расширения возможностей подключения к Интернету**
АЛЕКСЕЙ ЛЕЗИНОВ
- № 3 / стр. 32 **Электронные компоненты компании Bourne. Современные датчики давления и влажности**
ЮРИЙ ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ
- № 3 / стр. 38 **Беспилотная навигация: компоненты и решения** АЛЕКСАНДР БЕКМАЧЕВ, АНДРЕЙ МИХЕЕВ
- № 3 / стр. 42 **Модулируемый СВЧ-генератор** АЛЕКСЕЙ ЛОЖНИКОВ, СЕРГЕЙ ДОБЕРШТЕЙН
- № 3 / стр. 44 **Новый сервопривод Futaba BLA21-06U-A01 для промышленных БПЛА** АЛЕКСЕЙ КУЗНЕЦОВ
- № 4 / стр. 24 **Исследование эксплуатационных качеств покрытий для радиочастотных соединителей**
КРИСТИАН РЕМ, КРИСТИАН ДАНДЛ, БЕРНХАРД ЦЕХЕНТНЕР, РАЙНХАРД ВАГНЕР
- № 4 / стр. 32 **Соединители SMA с предельной частотой до 34 ГГц. Эволюция продолжается** КИВА ДЖУРИНСКИЙ
- № 5 / стр. 18 **Современные 32-разрядные ARM микроконтроллеры серии STM32**
ОЛЕГ ВАЛЬПА

- № 5 / стр. 20 **Импортозамещение в действии. Герметичные жидкостные соединители от отечественного завода-производителя** ЕЛИЗАВЕТА МАТЮХИНА
- № 5 / стр. 24 **ARINC 818 для начинающих. Комплект разработчика Velocity XI** АЛЕКСАНДР БЕКМАЧЕВ, ЕВГЕНИЙ РАБОТИНСКИЙ
- № 6 / стр. 26 **Китайская радиационно-стойкая ЭКБ на российском рынке** ПАВЕЛ ЛЫСЕНКО
- № 6 / стр. 32 **Системы пожарной сигнализации FX NET, интегрированные в SCADA** АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- № 7 / стр. 16 **Адресно-аналоговые звуковые и световые оповещатели в системе пожарной сигнализации FX NET** АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- № 7 / стр. 22 **Библиотеки электронных компонентов АО «НПО «ЭРКОН»** ЮРИЙ ЕРЕМЕЕВ
- № 7 / стр. 26 **Радиочастотные соединители TMR повышенной мощности компании CarlisleIT, США. Действительно с лучшими параметрами, чем у аналогов?** КИВА ДЖУРИНСКИЙ
- № 9 / стр. 12 **Современные дисплеи производства компаний Юго-Восточной Азии** ПАВЕЛ ЛЫСЕНКО

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- № 4 / стр. 28 **Проблемы использования реверберационной камеры при испытаниях на восприимчивость к радиочастотному электромагнитному полю** АЛЕКСЕЙ ШОСТАК
- № 8 / стр. 14 **Использование опции построения диаграмм Бодэ R&S RTM-K36 для измерения импеданса первичных преобразователей ультразвуковых расходомеров** НИКОЛАЙ ЛЕМЕШКО, МИХАИЛ ГОРЕЛКИН, ПАВЕЛ СТРУНИН

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- № 2 / стр. 16 **Инновации в производственных испытаниях базовых станций 5G миллиметрового диапазона** НОРМ СМИТ

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- № 1 / стр. 30 **Управление моторизованными позиционерами Standa с помощью контроллеров шаговых двигателей «Онитекс»** СЕРГЕЙ ШИШКИН
- № 1 / стр. 36 **Цифровой вольтметр с высоким разрешением. Часть 3. Разводка, изготовление плат и сборка устройства** АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- № 1 / стр. 38 **Электронный редуктор. Как кардинально увеличить крутящий момент коллекторного двигателя переменного тока на низких оборотах. Часть 1** АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- № 2 / стр. 20 **Цифровой вольтметр с высоким разрешением. Часть 4. Настройка устройств** АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- № 2 / стр. 24 **Электронный редуктор. Как кардинально увеличить крутящий момент коллекторного двигателя переменного тока на низких оборотах. Часть 2** АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- № 4 / стр. 36 **Увеличение мощности высокоэффективных усилителей СВЧ инверсного класса F** МЬО МИН ТХАНТ, ВИТАЛИЙ РОМАНЮК
- № 4 / стр. 40 **Миллиомметр с графическим LCD Nokia-5110** АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- № 5 / стр. 32 **Опыт использования сигнализации и диагностики термометрии силосов элеватора по шинной топологии подключения цифровых датчиков DS1820** АНДРЕЙ ШАБРОНОВ
- № 5 / стр. 36 **FlyFocus разрабатывает отсоединяемый привязной БПЛА для непрерывного наблюдения за критически важными объектами** VICOR CORPORATION
- № 6 / стр. 38 **Терморегулятор управляет чиллером** СЕРГЕЙ ШИШКИН
- № 6 / стр. 42 **Устройство охраны с программируемыми интервалами работы** СЕРГЕЙ ШИШКИН
- № 7 / стр. 32 **Синхронизация по радиоканалу на примере систем, передающих эталонное время** АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- № 7 / стр. 36 **Защита интеллектуальной собственности и программного обеспечения на базе микроконтроллеров с EEPROM** СЕРГЕЙ ШИШКИН
- № 7 / стр. 40 **Применение мощного аудио ОУ LM1875T в новых (не аудио) приложениях** АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- № 7 / стр. 46 **Автоматизация начинается с разъёма** АЛЕКСЕЙ АСАБИН

- № 7 / стр. 50 **Бортовые коммуникационные сети автомобиля – Ethernet, SERDES или сразу обе? Это непростой вопрос** АЛАН А. ВАРГЕЗЕ
- № 8 / стр. 22 **Замена DS2409 на 12F629** АНДРЕЙ ШАБРОНОВ
- № 8 / стр. 28 **Четырёхканальный ретранслятор 1-Wire на основе 12F629** АНДРЕЙ ШАБРОНОВ
- № 9 / стр. 20 **Автоматы управления освещением с ИК-датчиком, работающим на отражение** АЛЕКСАНДР ОДИНЕЦ
- № 9 / стр. 24 **Новое поколение DSP-тюнеров с механической настройкой** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 9 / стр. 30 **Перспективы развития высокоскоростных соединений между датчиками и бортовыми дисплеями автомобиля** КЭРРИ БРАУЭН, КЕВИН КЕРШНЕР

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- № 1 / стр. 44 **Формальный дедуктивный анализ автоматного алгоритма управления генератором эндогаза с помощью платформы Rodin. Часть 2. Алгоритм управления и платформа Rodin** МАКСИМ НЕЙЗОВ
- № 1 / стр. 48 **О новом представлении распределения разности фаз** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 1 / стр. 50 **Физико-математическое моделирование энергетических процессов в импульсных прямых ксеноновых лампах, работающих в электрических схемах. Часть 2** ЮРИЙ МАНДРЫКО, АЛЕКСАНДР ЧИРЦОВ
- № 1 / стр. 54 **Разработка моделей цифровых элементов Digital SimCode для Altium Mixed Sim** ЮРИЙ ЛЕГАН
- № 1 / стр. 60 **Цифровое моделирование цифровых и цифро-аналоговых узлов в системе Delta Design Simtera** НИКИТА МАЛЫШЕВ
- № 2 / стр. 30 **Тестирование устройств 5G для обеспечения электромагнитной совместимости: потребности и современные возможности** НИКОЛАЙ ЛЕМЕШКО, ДМИТРИЙ БОГАЧЕНКОВ
- № 2 / стр. 40 **Формальный дедуктивный анализ автоматного алгоритма управления генератором эндогаза с помощью платформы Rodin. Часть 3. Построение формальной теории для алгоритма управления** МАКСИМ НЕЙЗОВ
- № 2 / стр. 44 **Практика использования встроенного АЦП в ПЛИС семейства MAX10. Часть 1. Справочная информация по АЦП ПЛИС MAX10** ПАВЕЛ РЕДЬКИН
- № 3 / стр. 48 **Практика использования встроенного АЦП в ПЛИС семейства MAX10. Часть 2. Справочная информация по АЦП ПЛИС MAX10** ПАВЕЛ РЕДЬКИН
- № 4 / стр. 48 **Практика использования встроенного АЦП в ПЛИС семейства MAX10. Часть 3. Цифровой вольтметр/термометр на базе АЦП ПЛИС MAX10** ПАВЕЛ РЕДЬКИН
- № 5 / стр. 40 **Перенос тестовых сценариев между этапами моделирования СБИС «Система-на-кристалле» и этапом функционального контроля** АНДРЕЙ АНДРИАНОВ
- № 6 / стр. 48 **Проектирование схем микроэлектронных устройств в Proteus с использованием внешней памяти. Часть 1** ТАТЬЯНА КОЛЕСНИКОВА
- № 6 / стр. 60 **Решение задачи охлаждения SMD-компонентов с помощью тепловой перемычки ТПИ** ИЛЬЯ МАЛЫШЕВ
- № 7 / стр. 54 **Проектирование схем микроэлектронных устройств в Proteus с использованием внешней памяти. Часть 2** ТАТЬЯНА КОЛЕСНИКОВА
- № 8 / стр. 34 **Работа с универсальным синхронно/асинхронным приёмопередатчиком USART в программной среде Proteus 8.11** ТАТЬЯНА КОЛЕСНИКОВА
- № 9 / стр. 34 **Схемотехническое моделирование в Delta Design SimOne** АНДРЕЙ СМЕРНОВ
- № 9 / стр. 38 **Работа с последовательным интерфейсом SPI в программной среде Proteus 8.11. Часть 1** ТАТЬЯНА КОЛЕСНИКОВА
- № 9 / стр. 46 **Монтаж компонентов и связанные с ним технологии. Подсистема ГРИФ-4 – Монтаж. Часть 1** ЮРИЙ ЁЛШИН

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

- № 3 / стр. 60 **Расчёт величин MTBF для гибридных интегральных схем с использованием редакций военного справочника MIL-HDBK-217F, Notice 1 и 2** РИЧАРД МИЛЛЕР, ПЕРЕВОД: ВИКТОР ЖДАНКИН

- № 3 / стр. 64 **Экспериментальная оценка магнитных характеристик низкочастотных магнитопроводов**
НИКОЛАЙ ЛЕМЕШКО, МИХАИЛ ГОРЕЛКИН, ПАВЕЛ СТРУНИН
- № 4 / стр. 52 **О некоторых особенностях формирования межчастотного корреляционного признака**
ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 4 / стр. 54 **Современный подход к измерению импульсных радиопомех с использованием амплитудно-вероятностного распределения** ДМИТРИЙ БОГАЧЕНКОВ, НИКОЛАЙ ЛЕМЕШКО
- № 4 / стр. 62 **Способ адаптивного корреляционного обнаружения** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 5 / стр. 46 **Элементный анализ планарных наноструктур на базе рентгеновской эмиссии, индуцированной высокоэнергетическим возбуждением** ЕВГЕНИЙ ЕГОРОВ, ВЛАДИМИР ЕГОРОВ, АЛЕКСЕЙ ГАЛИЦЫН
- № 5 / стр. 56 **Результаты измерений диэлектрических свойств нанокompозитных сегнетоэлектрических плёнок в СВЧ-диапазоне** АНДРЕЙ ФИРСЕНКОВ, ИГОРЬ МИРОНЕНКО, АРКАДИЙ ИВАНОВ
- № 6 / стр. 64 **Влияние вспышки на Солнце на АЧХ поля атмосфериков (экспериментальные данные)**
АЛЕКСЕЙ ГАЛАХОВ
- № 7 / стр. 70 **О декорреляции принимаемых сигналов при классификации объектов по межчастотному корреляционному признаку** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 8 / стр. 50 **Радиофотоника – передний край обороны страны** АЛЕКСЕЙ ГАЛИЦЫН, ВЛАДИМИР ЕГОРОВ, ЕВГЕНИЙ ЕГОРОВ
- № 9 / стр. 52 **Отражательный режекторный фильтр** АНДРЕЙ СОКОЛОВ, ВАДИМ МАШКОВ

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- № 1 / стр. 64 **«Завод Магнетон»: 120 лет пути к успеху**
- № 1 / стр. 66 **Телемеханика Александра Фёдоровича Шорина. К 130-летию со дня рождения**
ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 2 / стр. 64 **Трагическая судьба гениального изобретателя Эдвина Армстронга. К 130-летию со дня рождения** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 3 / стр. 74 **О первой в мире радиограмме, переданной в России 125 лет назад** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 5 / стр. 60 **О Дне радио и о предложении изменить его статус** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 6 / стр. 66 **Первый в мире адаптивный цифровой компенсатор пассивных помех** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 8 / стр. 66 **Несколько очерков из моей жизни** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 9 / стр. 58 **Человек, который изобрёл цифровую фотографию** АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВСКИЙ

СОБЫТИЯ

- № 2 / стр. 68 **Итоги «Российской недели высоких технологий-2020»**
- № 5 / стр. 68 **Будущее не за горами** ОЛЬГА РОМАНОВСКАЯ
- № 5 / стр. 70 **Итоги выставки «Фотоника. Мир лазеров и оптики-2021»**

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

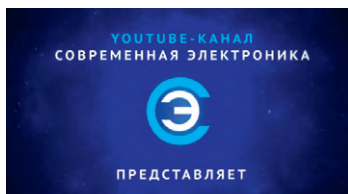
- № 4 / стр. 66 **Кому нужна электронная индустрия?** АЛЕКСЕЙ ГАЛИЦЫН, АНДРЕЙ ЖЕЛЕЗНОВ
- № 5 / стр. 64 **Как завоевать мировой рынок электроники в посткремниевую эпоху?** АЛЕКСАНДР ГОРДЕЕВ
- № 6 / стр. 70 **Терагерцовые квантовые технологии для цифровых денег** АЛЕКСАНДР ГОРДЕЕВ
- № 9 / стр. 62 **Дефицит полупроводниковых компонентов как причина моратория на оснащение автотранспорта оборудованием для системы «ЭРА-ГЛОНАСС»** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ

ФОРМУЛА УСПЕХА

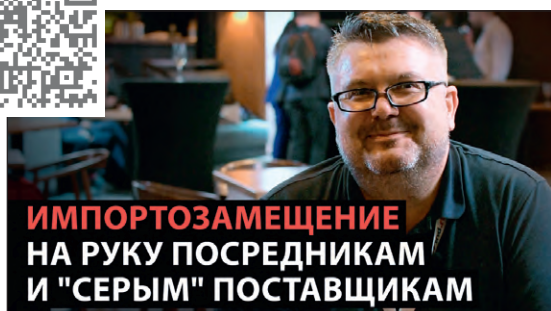
- № 9 / стр. 68 **Специалисты в поисках решений нетривиальных задач** МАРИЯ ИВАНОВА

СВОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

- № 9 / стр. 69 **СВОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2021 ГОД**

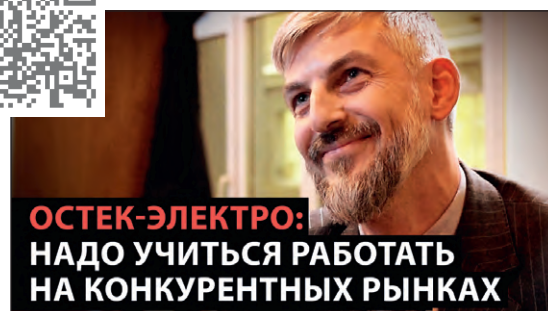


Смотрите на канале СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА



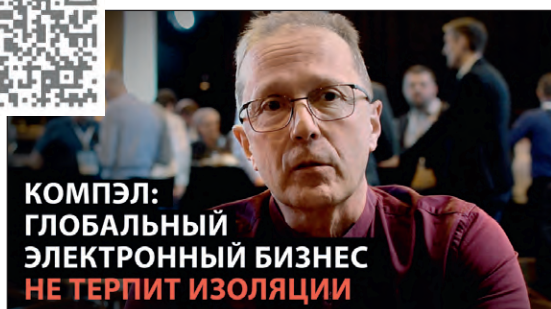
**ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ
НА РУКУ ПОСРЕДНИКАМ
И "СЕРЫМ" ПОСТАВЩИКАМ**

Импортозамещение на руку
посредникам и «серым» поставщикам



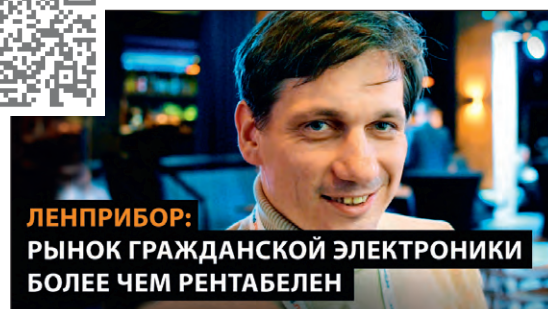
**ОСТЕК-ЭЛЕКТРО:
НАДО УЧИТЬСЯ РАБОТАТЬ
НА КОНКУРЕНТНЫХ РЫНКАХ**

Как работать на конкурентных рынках



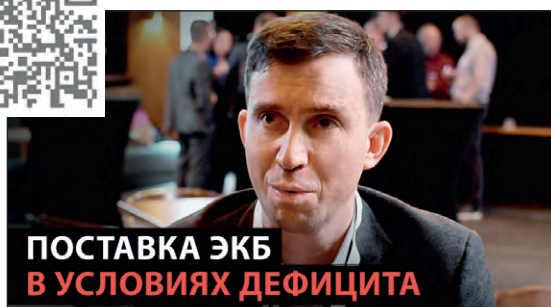
**КОМПЭЛ:
ГЛОБАЛЬНЫЙ
ЭЛЕКТРОННЫЙ БИЗНЕС
НЕ ТЕРПИТ ИЗОЛЯЦИИ**

Only sky is the limit:
рецепт успеха от Компэл



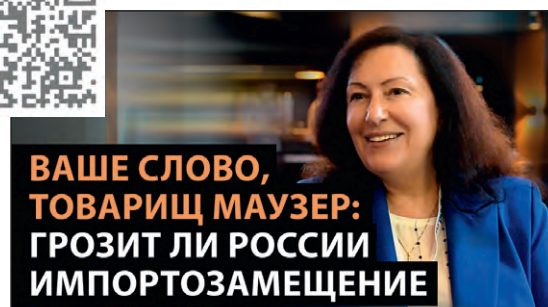
**ЛЕНПРИБОР:
РЫНОК ГРАЖДАНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
БОЛЕЕ ЧЕМ РЕНТАБЕЛЕН**

О перспективах рынка
гражданской электроники



**ПОСТАВКА ЭКБ
В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА**

Что делать с кадровым дефицитом
в электронике



**ВАШЕ СЛОВО,
ТОВАРИЩ МАУЗЕР:
ГРОЗИТ ЛИ РОССИИ
ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ**

Ваше слово, товарищ Маузер:
грозит ли России импортозамещение



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

