

ЭЛЕКТРОНИКА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

№ 5 | октябрь-ноябрь | 2021

ПЛЮС

ТЕМА НОМЕРА:

ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА



E-mail: smt@riftek.com
Тел.: +375 17 281 36 57

РИФТЭК СМТ
АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

ЧУП «РИФТЭК-СМТ»
Республика Беларусь,
220090, г. Минск,
Погойский тракт, 22
УНП 192241841

БелСканту

Тех. Инженеры	COMET	ZEN	SAURUS
BOCOPHE	CF-HONDA	Penata	SAURUS
REALTEK	NUCLOON	PROCELL	SECO
KDS	COMET	Neoway	UNITE
MC	COMET	COMET	COMET

ООО «БелСКАНТИ»
+375 (17) 256-08-67, 398-21-62
nab@scanti.ru
www.scanti.com

Стр. 64

УНП 190813939

intel
XEON[®]
inside™

ANALOG DEVICES
Honeywell
Hittite
SICK

ТУП «Альфашип Лимитед»

Поставка электронных компонентов,
средств автоматизации, компонентов
для светодиодного освещения

220012, г. Минск, ул. Сурганова, 5а, 1-й этаж
Тел./факс: +375 17 366 76 01, +375 17 366 76 16
факс: +375 17 366 78 15
www.alpha-chip.com
www.alfa-component.com
УНП 192525135

Jan 5-8, 2022

LAS VEGAS, NV & DIGITAL



About CES

The Global Impact of CES 2021 CES showcases companies including manufacturers, developers and suppliers of consumer technology hardware, content, technology delivery systems and more.

It also includes a conference program where the world's business leaders and pioneering thinkers address the industry's most relevant issues.

Find out more about the thought leaders and industry innovators who come to CES by checking out CES 2021.

Product Categories

3D Printing
5G Technologies
Accessibility
Accessories
AR/VR/XR
Artificial Intelligence
Audio Technologies
Blockchain
Car Audio
Cloud Computing/Data
Cybersecurity
Digital Currency/Cryptocurrency
Digital Health
Drones
Education
Energy/Power
Entertainment and Content

Family and Lifestyle
Fintech
Fitness and Wearables
Gaming and Esports
High-Tech Retailing/E-Commerce
Home Entertainment Hardware
Home Office Hardware and Accessories
Investing
IoT/Sensors
Marketing and Advertising
Mobile Hardware and Accessories
Privacy
Quantum Computing
Robotics
Smart Home and Appliances
Sourcing and Manufacturing
Sports Technology
And more...



**Consumer
Technology
Association™**

ces.tech

ИЗДАЕТСЯ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ ФАКУЛЬТЕТА РАДИОФИЗИКИ
И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

НОВОСТИ

ОСЕННЕ-ЗИМНИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ НОВОСТИ 2

ВЫСТАВКИ, КОНФЕРЕНЦИИ...

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ
«АВТОМАТИЗАЦИЯ. ЭЛЕКТРОНИКА-2022» «ЭЛЕКТРОТЕХ. СВЕТ-2022» 5

МОНИТОРИНГ

«КОСМИЧЕСКИЙ ИНТЕРНЕТ» ПРИДЕТСЯ СОЗДАВАТЬ НА НОВЫХ ПРИНЦИПАХ 6

ТЕМА НОМЕРА

АВТОНОМНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ 8
TESLA ВОТ ЗАМЕНИТ ЗАВОДСКИХ РАБОЧИХ 10
РОБОТОТЕХНИКА: ФАНТАСТИКА, КОТОРАЯ СТАНЕТ РЕАЛЬНОЙ 11
ИНЖИНИРИНГ И «ИНДУСТРИЯ 4.0». РАЗБОР ТЕРМИНОЛОГИИ 15
ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТИЗАЦИЯ В 2021 ГОДУ 24

ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТА

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА DSS 28
ОСОБЕННОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА USB TYPE-C 31

ОБЗОР РЫНКА

СОЗДАН ПЕРВЫЙ В МИРЕ 5-НАНОМЕТРОВЫЙ ПРОЦЕССОР
ДЛЯ WINDOWS-НОУТБУКОВ 35
«СКИФ» – ПЕРВЫЙ РОССИЙСКИЙ МОБИЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР МИРОВОГО УРОВНЯ ... 37
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ SICK 38
УНИКАЛЬНАЯ НОВИНКА ОСЕНИ – СЕРВЕР INRC300 НА БАЗЕ XEON SCALABLE 40

НАУКА

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ FPGA XILINX НАЧАЛЬНОГО УРОВНЯ 41
LTM4646 – СОВРЕМЕННОЕ КОМПАКТНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМНОГО ПИТАНИЯ ... 49
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ПОЛЕВЫХ СВЧ-ТРАНЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ ПСЕВДОМОРФНЫХ
ГЕТЕРОСТРУКТУР ДЛЯ МОЩНЫХ МИС МОДУЛЕЙ АФАР 54
НОВЫЙ СТАНДАРТ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ NB-IOT 56

ПРАЙС-ЛИСТ 59

ЭЛЕКТРОНИКА ПЛЮС ЦИФУС

№5
октябрь–ноябрь 2021

Издание для специалистов, занимающихся разработкой и поставкой электроники, компонентов и другой продукции в различных отраслях промышленности. Издание знакомит специалистов с новыми достижениями и разработками в области электроники, микроэлектроники, электротехники, оптоэлектроники, энергетики, средств связи. Публикует научные статьи ученых. Размещает рекламу по теме номера.

Учредитель:
ООО «ВитПостер»

Главный редактор
Бокач Павел Викторович
m6@tut.by
+375 (29) 338-60-31

Секретарь:
Садов Василий Сергеевич, к.т.н.
sadvov@bsu.by

Подписано в печать 10.12.2021.

Отпечатано в типографии
ООО «ЮСТМАЖ»,
ул. Калиновского, 6 Г 4/К,
220103, г. Минск
ЛП №02330/250

Бумага офсетная.
Тираж 299 экз. Заказ 473.

Издатель ООО «ВитПостер».
Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/99 от 02.12.2013.
E-mail: artmanager3@mail.ru

© ООО «ВитПостер», 2021

ECX-2000 Series
10-ядерный процессор 10-го поколения Intel® Xeon®/Core™ i9/i7/i5/i3/
Встраиваемый безвентиляторный промышленный компьютер

Vecow

ОСЕННЕ-ЗИМНИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ НОВОСТИ

Снова в нашем журнале подборка новостей осенней электроники, которые показались интересными и перспективными. Предлагаем ознакомиться. А тем временем осень ненавязчиво сменилась зимой, неожиданно выпал снег, а в мире электроники началась подготовка к новому году и выставкам, которые пройдут уже в следующем году.

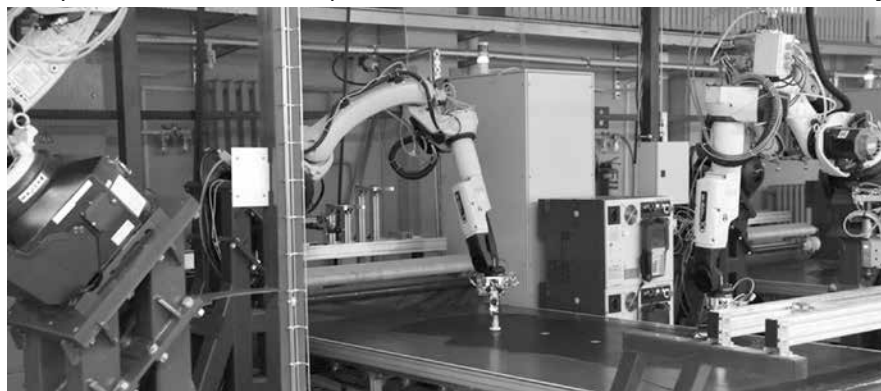
РОБОТИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ НА «БЕЛВЕСТЕ»

Первая роботизированная линия обувного производства в ООО «Белвест» начнет работать в непрерывном режиме. Уже сейчас на выделенной линии в тестовом режиме промышленные роботы выполняют комплекс рутинных операций, начиная с дефектовки и заканчивая раскроем. При входе на роботизированную линию специалист раскладывает заготовку, далее все процессы проходят без участия человека. С помощью алгоритмов машинного зрения производится дефектовка кожи, система обеспечивает высокий уровень распознавания дефектов и стабильное качество благодаря исключению субъективного фактора. Затем начинается интеллектуальная раскладка деталей. После этого полуфабрикат начинает пере-

мещаться между рабочими ячейками, в которых установлено по несколько роботов, выполняющих определенные операции. Мощность одной роботизированной ячейки – 150 деталей в смену. Осенью линия начнет работать

непрерывно. ПО позволяет автоматизировать процесс управления производством. В этом отличие применяемых здесь роботов – они умные и аналогов в Беларуси не имеют.

belta.by



КАМАЗ ПЛАНИРУЕТ ВЫТЕСНИТЬ БЕЛАЗ С РОССИЙСКОГО РЫНКА

КАМАЗ начал борьбу за рынок карьерной техники: представлены образцы самосвалов «Атлант», идет проектирование семейства «Юпитер» грузоподъемностью более 100 т. Заявлена цель: вытеснение БЕЛАЗа с российского рынка. «Атлант» – это семейство карьерных самосвалов грузоподъемностью от 45 до 70 т. Первым запустить в производство в 2022 г. планируется 60-тонник. Но «Атланты» – это увеличенные в размерах обычные КАМАЗы с усиленной конструкцией. Перспективная линейка «Юпитеров» – это уже настоящая

карьерная «классика», напрямую бросающая вызов самосвалам БЕЛАЗ. Таким будет КАМАЗ «Юпитер» грузоподъемностью 125 т. Карьерные самосвалы смогут работать как в обычном, так и беспилотном режиме. Они будут унифицированы между собой.

Особняком стоит «Юпитер» грузоподъемностью 220-260 т. Это будет роботизированный бескабинный карьерный самосвал челночного типа, то есть с возможностью передвигаться вперед и назад без разворота. Он может быть оснащен как дизелем в сочетании с электрической транс-

миссией, так и электрохимическими накопителями энергии (батареями). Проект получил финансирование из федерального бюджета.

Вскоре должно начаться серийное производство беспилотных карьерных самосвалов челночного типа. Уже сейчас на самосвалы «Юпитер 220» есть предзаказ от крупных российских компаний.

Средняя рыночная цена на самосвалы БЕЛАЗ-7530 грузоподъемностью 220 т составляет 175 млн руб. Цена на самосвалы такой же грузоподъемности брендов Liebherr, Comatsu, Hitachi – 245 млн руб. КАМАЗ при серийном выпуске планирует выйти на уровень 200 млн руб. за один самосвал. Но если КАМАЗ только проектирует беспилотные карьерные самосвалы, то БЕЛАЗ уже включил в программу серийного производства роботизированные самосвалы двух семейств грузоподъемностью 90 (БЕЛАЗ-7558R) и 130 тонн (БЕЛАЗ-7513R). Такие машины, созданные на основе серийных образцов, уже работают в России и в Беларуси. Создали в Жодино и первый образец электрического самосвала на аккумуляторных батареях – БЕЛАЗ-7558Е грузоподъемностью 90 тонн.

abw.by



РАБОЧИЕ СТАНЦИИ ДЛЯ ПЕРИФЕРИЙНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Команда международных экспертов по встраиваемым системам и компания Blaize, новатор в области искусственного интеллекта, объявили о запуске вычислительной системы искусственного интеллекта Vecow ECX-2400. Встраиваемая система Vecow ECX-2400 AI использует ускоритель Xplorer AI на базе процессора Blaize® Graph Streaming Processor (GSP®) для обеспечения выдающейся производительности в области искусственного интеллекта с более высокой надежностью, меньшим энергопотреблением и более быстрым выводом на рынок. Vecow ECX-2400 AI – надежное решение для интеллектуального АОИ, общественной безопасности, роботизи-

рованного управления, контроля дорожного движения и любых периферийных приложений Industry 4.0 / AIoT с меньшей совокупной стоимостью владения (TCO).

Vecow ECX-2400 AI работает на 10-ядерном процессоре Intel® Xeon® / Core™ i9 / i7 / i5 / i3 10-го поколения и включает в себя усовершенствованную карту-ускоритель AI Blaize® Xplorer X1600P с интерфейсом PCIe, поддерживающую до 80 TOPS производительности логического вывода AI в компактной и прочной оболочке. Для удовлетворения жестких промышленных требований Vecow ECX-2400 AI имеет интеллектуальные функции защиты системы, включая широкий диа-

пазон входного питания постоянного тока от 12 В до 50 В, защиту от перенапряжения 80 В, программное управление функцией включения от зажигания и поддержку плат расширения мощностью до 250 Вт, что делает его надежным решением для любой критически важной задачи и ускоряет AI приложения.

Программируемая архитектура GSP® Blaize® обеспечивает решение для обработки логических выводов с низкой задержкой и высокой производительностью, требующее меньше памяти при меньшем доступе, что дает идеальную систему искусственного интеллекта с низкой задержкой, которая потребляет меньше энергии, чем другие ускорители. «Программируемая архитектура GSP Blaize превосходит логические выводы ИИ для периферийных продуктов и устройств. Vecow ECX-2400 AI интегрировал Blaize® Picasso SDK в программное обеспечение для разработчиков VHub AI, что позволяет пользователям легко разрабатывать, развертывать и управлять периферийными системами логического вывода AI с одноядерным или четырехядерным ускорителем Blaize® Xplorer AI Inference Accelerator.

Платформы Vecow ECX-2400 AI обеспечивают более высокую надежность системы, более низкое энергопотребление и более быстрое время вывода на рынок, что способствуют успеху вашего проекта с меньшей совокупной стоимостью владения (TCO) для Smart AOI, Smart City, Public Security, Robot Control и любых приложений AIoT на периферии.

5sgroup.ru



BAIKAL ELECTRONICS ПОЛУЧИЛА ПЕРВУЮ ПРОМЫШЛЕННУЮ ПАРТИЮ ЧИПОВ

Компания «Байкал Электроникс» получила первую крупную партию чипов Baikal-M из 130 000 штук, заказанных у TSMC. Чипы будут приходить партиями от 10 тыс. штук в месяц.

На рынке микроэлектроники существует глобальный дефицит полупроводников, вызванный отсутствием возможности быстро нарастить производственные мощности, в том числе из-за нехватки квалифицированной рабочей силы на фоне повышенного спроса. TSMC в связи с глобальным

дефицитом в июне 2021 г. приняла решение отдать приоритет производству чипов для Apple и автомобильной промышленности, отодвинув нужды всех остальных на второй план. Тем не менее, цель Baikal Electronics – обеспечить возможность реализации комплексных проектов на полностью отечественных программно-аппаратных комплексах в рамках программы импортозамещения, успешно выполняется.

baikalelectronics.ru



BLUE ORIGIN ОТПРАВИЛА В КОСМОС СРАЗУ ШЕСТЬ КОСМИЧЕСКИХ ТУРИСТОВ

Космический корабль New Shepard «RSS First Step» был запущен с площадки Blue Origin в Западном Техасе (США). Достигнув высоты более 100

км, капсула с пассажирами благополучно вернулась на Землю, совершив мягкую посадку с помощью парашютной системы невдалеке от места за-

пуска. Весь полёт продлился около 11 минут, а экипаж находился в невесомости примерно три минуты. В ходе миссии, получившей название NS-19, впервые на борту суборбитального корабля New Shepard находилось сразу шесть пассажиров, включая двух почётных гостей – телеведущего и звезду НФЛ Майкла Стрейхэна и Лору Шепард Черчли, старшую дочь Алана Шепарда, первого американца, полетевшего в космос. В его честь был назван этот корабль.

Четыре космических туриста оплатили полёт. Это бизнесмен и филантроп Дилан Тейлор, инвестор Эван Дик, а также венчурный капиталист Лейн Бесс и его сын Кэмерон Бесс.

CNBC



NASA ОТПРАВИЛО НА ОРБИТУ ПРОТОТИП СПУТНИКА СКОРОСТНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВЯЗИ

Двухступенчатая ракета Atlas V была запущена в рамках миссии Space Test Program-3 (STP-3). Ракета оснащена пятью навесными твердотопливными ракетными двигателями, разгонным блоком Centaur, а её полезная нагрузка была закреплена внутри обтекателя шириной 5 метров.

Ракета отправила на орбиту два спутника, каждый из которых предназначен для тестирования целого ряда новых технологических решений. Экспериментальный спутник Laser Communications Relay Demonstration (LCRD) поможет NASA передавать данные в космос. В настоящее время агентство полагается на методы связи, основанные на передаче радиосигналов, но лазеры значительно эффективнее. Большая часть остальной полезной нагрузки, запущенная в рамках программы космических испытаний армии США, строго засекречена.

Ещё один спутник, STPSat-6, выполняет функцию ультрафиолетового спектро-коронографа NASA и используется Военно-морской исследовательской лабораторией США для изучения происхождения солнечных частиц.

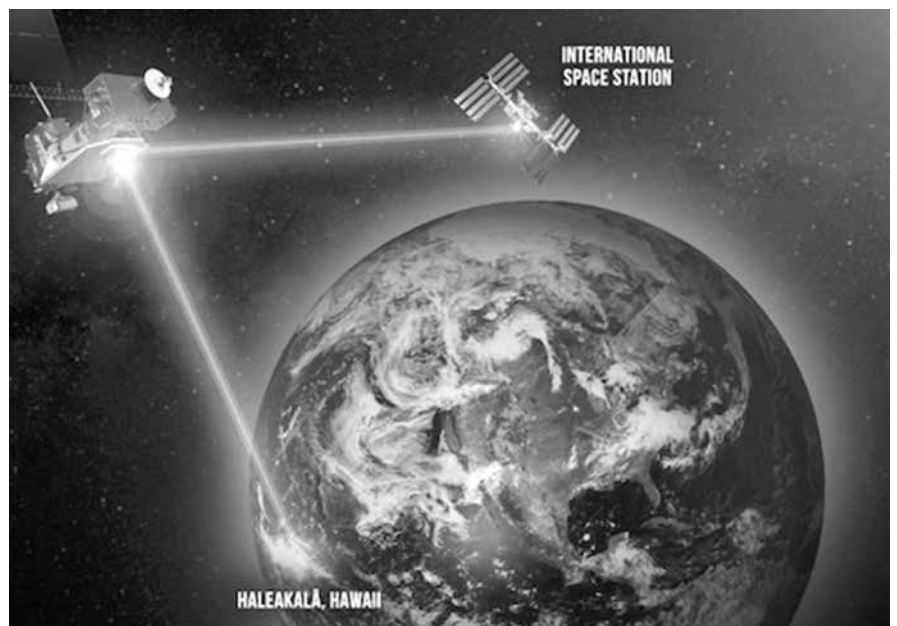
Atlas V также отправила на орбиту полезную нагрузку для Национального управления ядерной безопасности США, предназначенную для обнаружения ядерных взрывов из космоса, и новый тип космической двигательной установки, которая будет испытана на

орбите. Два спутника будут выведены на орбиту на высоте 35 405 км. Для этого разгонному блоку потребуются шесть с половиной часов работы. Гэри Венц (Gary Wentz), вице-президент ULA по правительственным и коммерческим программам, говорит, что это самая продолжительная миссия Atlas V на сегодняшний день, поскольку до окончательного отделения космического корабля пройдёт семь часов и десять минут. Сегодняшний запуск станет рекордным для Atlas V и её верхней ступени Centaur. Полёт позволит протестировать три обнов-

ления Atlas V: новый обтекатель для полезной нагрузки, бортовую систему питания и улучшенную систему навигации. ULA надеется, что, протестировав эти новые функции на Atlas, она сможет оценить их в действии, прежде чем они дебютируют на новой ракете Vulcan Centaur, которая должна быть введена в эксплуатацию уже в следующем году.

Ракета SpaceX, которая стартовала с соседней площадки, доставила на орбиту 50 спутников, в том числе 48 интернет-спутников Starlink.

space.com



МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ «АВТОМАТИЗАЦИЯ. ЭЛЕКТРОНИКА-2022» «ЭЛЕКТРОТЕХ. СВЕТ-2022»

С 15 по 18 марта 2022 года в Минске пройдут международные выставки «Автоматизация. Электроника-2022» и «Электротех. Свет-2022» – консолидированные проекты, экспозиция которых представит последние разработки, решения и технологии в области автоматизации производств, жилой и коммерческой недвижимости, ИТ решений для бизнеса, энергетической отрасли в целом.



Выставка «Автоматизация. Электроника» – одна из крупнейших в Беларуси специализированных выставок отечественных и мировых производителей, поставщиков средств автоматизации и электронных компонентов, технологического оборудования и материалов для электронной и электротехнической промышленности.

Благодаря совместному проведению выставок, посетители сразу смогут охватить весь спектр актуальных решений для любого рода бизнеса и индустрии, будь то промышленное предприятие, государственное учреждение, торговый объект, жилая или коммерческая недвижимость.

Экспозиция объединенного проекта предоставит возможность познакомиться с новейшими достижениями ведущих мировых производителей, а также лидирующих белорусских компаний.

Участниками этих выставок ежегодно становятся более 100 компаний из разных стран.

Сегодня необходимо четко осознавать важность внедрения современных технологий для повышения эффективности бизнес-процессов, уменьшения стоимости владения бизнесом и увеличения прибыли. Именно поэтому в рамках выставок запланирована деловая программа, которая станет удобной платформой для представления заказчикам полного спектра комплексных решений для различных отраслей экономики.

На форуме электронщиков и электротехников планируются презентации, конференции, семинары и обучающие программы, которые обогатят тематику выставок «Автоматизация. Электроника» и «Электротех. Свет» и, безусловно, позволят с научной точки зрения рассмотреть и проанализировать процессы, происходящие в отрасли. Одними из ключевых мероприятий программы выставки станут Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении» и конференция «ТОПовые решения в области автоматизации».

Выставка имеет высокий рейтинг среди руководителей и технических специалистов электротехнической промышленности и энергетики. Она ориентирована на широкий круг специалистов, которые принимают решение об использовании современных электронных компонентов, обеспечивают снабжение производства, используют их в новых разработках. Ежегодно выставку посещает более 7 000 специалистов.

Выставки «Автоматизация. Электроника», «Электротех. Свет» – идеальная площадка для продвижения продукции и брендов, изучения рынка, встреч со специалистами и потенциальными заказчиками из разных регионов Беларуси и зарубежья.

**Дополнительную информацию можно получить на сайте организаторов
www.minskexpo.com и по тел. +375-17- 373-98-88, e-mail: sveta@minskexpo.com**

«КОСМИЧЕСКИЙ ИНТЕРНЕТ» ПРИДЕТСЯ СОЗДАВАТЬ НА НОВЫХ ПРИНЦИПАХ

Похоже, что на пути программы спутникового интернета Starlink встали неожиданные технические ограничения. О чем идет речь, как будет выглядеть новый космический интернет?

«В следующем месяце». Такими словами инженер и предприниматель Илон Маск ответил на вопрос о том, когда именно наконец произойдет официальный запуск сети спутникового интернета Starlink. Речь шла об октябре текущего года. Однако компания SpaceX столкнулась с неожиданной (для компании) проблемой, которая может притормозить развитие спутникового интернета.

Проклятие пригородов

Одной из главных так и не решенных проблем США является обеспечение населения страны дешевым доступом к широкополосному интернету. Шутка ли – абонентская плата за доступ к мировой паутине в США может достигать сотни долларов в месяц. Причины такой отсталости в вопросе цифровых коммуникаций известны. Большая часть населения Америки живет в огромном пригороде, который простирается на сотню километров вокруг каждого мегаполиса, практически смыкаясь с другими пригородами соседних городов. Прокладка наземных линий связи становится очень дорогим удовольствием – ведь практически к каждому такому частному домовладению необходимо проложить отдельную, собственную линию связи. При этом жители крупных городов США привыкли к «хорошему интернету», но, выезжая за пределы города, в свои протяженные «спальники», они часто сталкивались с непропорциональным падением качества связи и ростом цены доступа к сети.

Решить задачу наличия широкополосного интернета в США взялся Илон Маск – путем создания спутниковой группировки Starlink, разработка которой началась в 2015 году. Первоначально в рамках ее развертывания был запланирован вывод четырех тысяч спутников. На сегодняшний день компания Маска SpaceX подала заявку на увеличение количества спутников до 42 тысяч, из которых на данный момент запущено и находится на орбите 1657 аппаратов. На этом этапе компания взяла временную паузу в запусках своей спутниковой группировки. Но это далеко до запланированных 42 тысяч аппаратов! В чем причина такой остановки?

Вопрос в том, что сегодня, как и 70 лет тому назад, на заре космической эры, стандарты космической связи основаны на все тех же радиоволнах. Следовать традициям Королева и Вернера фон Брауна хорошо – но не в этом случае. Поскольку радиоволны имеют ряд недостатков, главный из которых – это пропускная способность самого канала связи.

Вверх по частоте

Как мы знаем из физики, объем передаваемых данных в канале напрямую зависит от частоты, которую мы

используем. Чем выше несущая частота сигнала, тем больший объем требуемой информации мы можем в нем передать. В то время, когда существовала необходимость передавать лишь звуковую дорожку, достаточно было метровых волн, на которых построена большая часть радиовещания. Когда появилась «картинка» для передачи, как в случае телевизионного сигнала, мы перешли на стандарт дециметровых волн – метровых волн уже просто «не хватало» даже для первых, несовершенных телевизоров с «мыльной» картинкой.

Далее с ростом передаваемого объема информации худо-бедно справились, задействовав кабельные линии – так как большинство пользователей были «привязаны» к своим устройствам с фиксированным доступом в мировую сеть. Впоследствии медный кабель был заменен оптоволоконным, что, опять-таки за счет увеличения несущей частоты сигнала, позволило передавать больший объем информации: легко смотреть фильмы и передачи онлайн, общаться по видеосвязи и прочее.

В современном мире мы давно уже перешли на мобильные средства связи. Сегодня мобильная связь нужна для тех же больниц, школ и прочей инфраструктуры не только в крупных городах. Школьники давно привыкли искать ответы в процессе обучения в «Яндексе» и других поисковых системах. Много людей в современном мире учатся онлайн, получая знания, ранее недоступные в глубинке. Врачи небольших больниц имеют возможность получить консультации у высококвалифицированных специалистов для принятия быстрого и взвешенного решения.

Множество и множество таких решений предлагает нам современная спутниковая связь, причем не имеет значения, говорим мы о России или о США. Поэтому вопрос скорости и качества такой мобильной связи, а также ее доступности в любой точке Земли становится одним из главных при переходе к новому, информационному укладу.

Эту задачу призваны решить спутниковые группировки SpaceX Маска и британская OneWeb. И если Маск в первую очередь работает над обеспечением связью США и Канады, то OneWeb заявила о намерении работать по всему миру. Последняя запустила 40 спутников на сегодняшний день. Да, у компании есть сложности в работе в России: до сих пор не получены лицензии и разрешения от Государственной комиссии по радиочастотам, но это никак не решит проблему, с которой уже столкнулась SpaceX: пропускная способность канала связи.

Конечно, атмосфера нашей планеты для радиоволн практически прозрачна, оборудование для приема и передачи несложное, но вот частота радиоволн, даже сантиметрового и миллиметрового диапазона, в котором,

например, работает связь 5G, очень низкая в сравнении с видимым спектром и даже инфракрасными лучами. А это уже критически важно. Поскольку в одном радиоканале возможно передать не более 1 Гб информации в секунду.

Если бы спутник был только один, то это было бы вполне допустимым. Но таких спутников, напомним, планируется запустить тысячи и десятки тысяч.

При условии, что аппаратов десять, мы имеем уже канал в 100 Мб в секунду на каждый спутник, что уже на порядок скромнее. А если таких аппаратов сотни, как у OneWeb, или даже тысячи, как у Starlink... В этом случае аппараты начинают просто мешать друг другу, занимая один и тот же канал связи. В итоге при использовании радиосвязи даже сантиметрового или миллиметрового диапазона возникает проблема «космического шума». И эта проблема имеет не меньший вес, чем проблема «космического мусора».

Передавать данные можно и по узкому лучу, но следует учесть, что радиоволны фокусируются плохо. Да и работа «космического интернета» подразумевает передачу информации широким конусом, когда абоненты «разбирают» запрошенные пакеты данных. Это подчеркивает, что мы выросли из «коротких штанишек» радиосвязи – и в данном направлении нам нужно срочно меняться. В свое время оптоволокно было новым шагом для фиксированной связи, заменив медный провод, для которого частота сигнала связи достигла своего физического предела. Что же станет таким шагом для связи в космосе? Над этой задачей бьются технари во многих странах – и предложенное ими решение снова ведет нас вверх по несущей частоте сигнала.

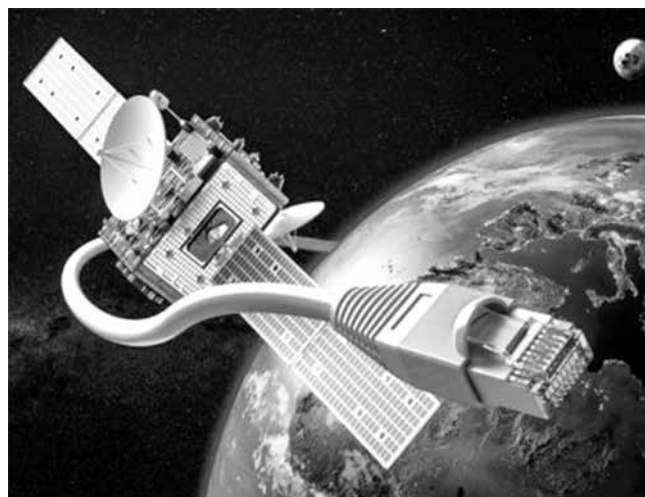
Нам помогут лазеры

Нынешний временный перерыв в запусках спутников Starlink связан именно с переходом на новую систему связи – лазерную. Отладка такой системы связи по планам SpaceX займет не менее года, после чего все новые аппараты Starlink уже будут использовать лазеры вместо радиоволн. В России созданием аналогичной лазерной космической связи занимаются ученые из Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ) из Сарова, где уже завершают создание уникальной установки для лазерной космической связи.

Следует сказать, что сейчас лазеры широко применяются для передачи огромного массива информации – на их использовании построена передача данных по оптико-волоконным кабелям. Но использование лазеров в космосе имеет еще больший потенциал – там они будут работать в вакууме, а отсутствие плотной и поглощающей сигнал физической среды для передачи позволит получить высокую скорость и надежность передачи при минимальном затухании сигнала. Для орбитального лазера связи перспективна работа в инфракрасном диапазоне, ведь для данной длины волны атмосфера практически прозрачна.

По сравнению с радиоволнами инфракрасное излучение имеет в 100 раз меньшую длину волны, а значит, и

пропускной канал передачи данных будет в инфракрасном диапазоне в 100 раз шире. В этом случае мы можем позволить себе уже тысячи и десятки тысяч спутников в группировке. Это также означает, что сигнал лазера может передаваться узконаправленным лучом, что не будет требовать больших размеров для приемных и передающих устройств. Важно и то, что переход на лазеры позволяет уменьшить габариты и вес коммуникационного оборудования спутников, а сам передатчик сделать маломощным, что позволит экономить столь важные для аппарата киловатты энергии солнечных батарей.



Что немаловажно для защиты передаваемых данных, направленный лазерный луч перехватить практически невозможно. А это уже очень интересно как для гражданского применения, так и для военных.

Притом что военные давно присматриваются к коммерческим спутниковым группировкам, обращая внимание на их широкие возможности. В вопросе обеспечения страны широкополосным доступом к интернету во всех уголках Россия готовит самостоятельное решение.

Впервые Роскосмос заявил о намерении создать глобальную спутниковую систему в 2017 году, а в июне 2018 года система получила название «Сфера». По проекту система должна включать группировку из 638 искусственных спутников связи и зондирования Земли. Запуск первой части «Сферы» должен состояться в 2022 году, а полностью она будет развернута в период с 2022 по 2028 год. Пандемия внесла свои коррективы в планы Роскосмоса, что может повлиять лишь на сроки реализации, но сама программа запланирована и будет выполнена.

Наряду с этим специалисты из Сарова ведут работы по изготовлению опытных комплектов лазерного оборудования. Сам эксперимент с лазерной связью запланирован на 2024 год. Один из этих аппаратов будет установлен на транспортный корабль «Прогресс», а второй – на МКС. Таким образом, будет отработана процедура связи, а далее ее можно будет масштабировать на любое количество космических аппаратов. А это уже позволит решить ту самую проблему «космического шума», которая оказалась даже острее, чем проблема космического мусора.

vz.ru

АВТОНОМНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ

Использование автономных мобильных роботов меняет методы осуществления хозяйственной деятельности, от повторяющихся задач в заводских цехах до различных работ в сельском хозяйстве, логистике, ресторанно-гостиничном бизнесе и других отраслях.

Что такое автономные мобильные роботы?

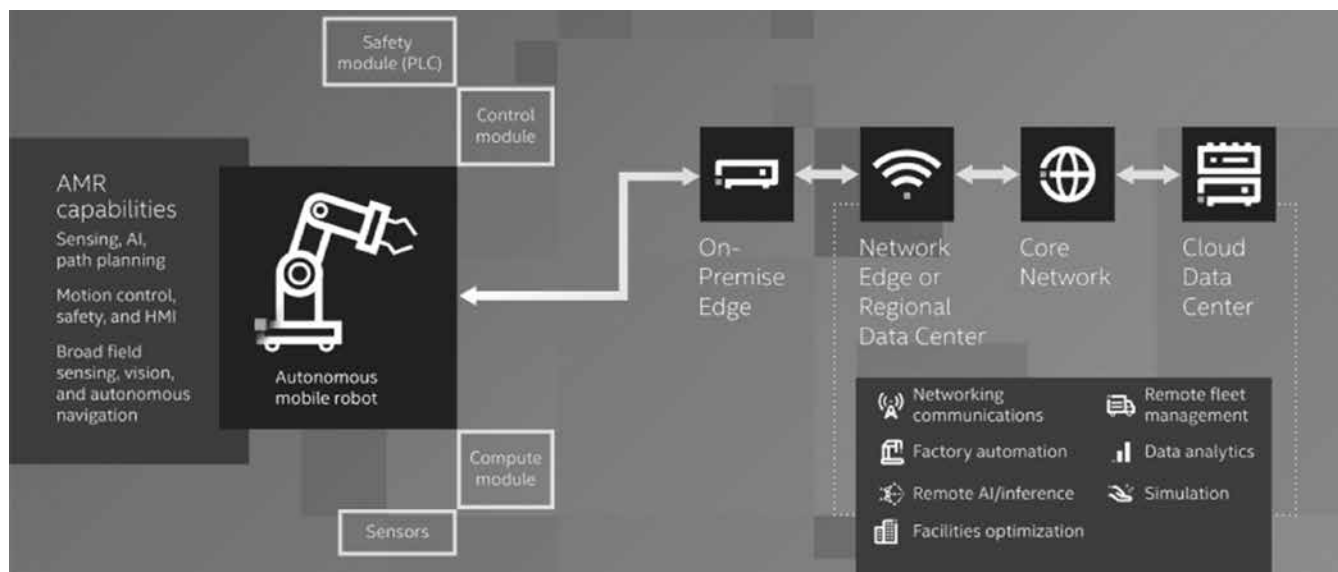
Склады, логистические компании, сельскохозяйственные предприятия и медицинские учреждения – все они ищут новые и инновационные способы повышения эффективности работы, увеличения скорости, обеспечения точности и повышения безопасности. Многие из них используют для этого автономных мобильных роботов (AMR).

Автономный мобильный робот – тип робота, способного понимать окружающую обстановку и самостоятельно в ней перемещаться. Роботы AMR отличаются от своих предшественников, автономных управляемых транспортных средств, которым необходимы рельсы или заранее заданные маршруты и зачастую требуется контроль со стороны оператора.

Роботы AMR оснащены сложным набором датчиков, искусственного интеллекта, машинного обучения и выполняют вычисления для планирования маршрута с целью интерпретации окружающей обстановки и перемещения в пространстве без необходимости проводного подключения к источнику питания. Поскольку роботы AMR оснащены камерами и датчиками, то, в случае возникновения на их пути неожиданного препятствия, например, упавшего ящика или группы людей, они используют навигационные приемы, такие как предотвращение столкновений, чтобы замедлить движение, остановиться или изменить маршрут и обойти объект, а затем продолжить выполнение поставленной задачи.

Компоненты и архитектура автономных мобильных роботов

Посмотрите на приведенную ниже схему, чтобы узнать, как взаимодействуют компоненты системы для обеспечения работы роботов AMR.



Зачем внедрять автономных мобильных роботов?

Повышение безопасности работников. Многие предприятия используют роботов AMR для выполнения задач, которые вредны для здоровья работников или с которыми людям не справиться. Например, они могут использоваться для очистки и дезинфекции помещений в целях улучшения здоровья и повышения безопасности, для транспортировки контагиозных лабораторных образцов в больницах, для перевозки тяжелых грузов на промышленных объектах или для работы в самых сложных условиях, в которых люди не могут и не должны работать.

Повышенная гибкость. Роботы AMR оценивают и реагируют на окружающую обстановку в процессе выполнения различных задач, причем всё это делается без непосредственного контроля со стороны оператора. Решения в области одновременной реконструкции сцены и позиционирования (SLAM) и усовершенствованная технология реконструкции 3D-сцены позволяют роботам AMR понимать окружающую обстановку и адаптироваться к ее изменениям. Эта гибкость делает их ценным инструментом, который можно использовать в различных областях применения и отраслях.

Повышение эффективности и продуктивности. Чтобы дать сотрудникам возможность сосредоточиться на особо важной деятельности, такой как поддержка клиентов, предприятия часто используют роботов AMR для оказания помощи в поиске, выборке и перемещении товарно-материальных средств. Если продуктивность является ключевым условием, многие предприятия используют роботов AMR с маломощными двигателями, которым для работы требуется меньше электроэнергии. Меньшее энергопотребление в процессе работы означает,

что роботы AMR могут подзаряжаться и возвращаться к работе быстрее, сокращая время простоев и обеспечивая непрерывность производства и выполнения заказов.

Роботы AMR в действии

Ознакомьтесь с революционными способами внедрения роботов AMR на предприятиях прогрессивных компаний и узнайте о получаемых ими выгодах, которые преобразуют их деятельность.



Повышение эффективности работы благодаря сокращению сроков разработки и развертывания роботов AMR. Узнайте, как предлагаемый компанией AAEON комплект UP Squared RoboMaker Pro Kit обеспечивает ускорение и упрощение разработки и развертывания роботов AMR за счет того, что в его состав входят все необходимые проверенные аппаратные и программные компоненты, в том числе камеры Intel® RealSense™ для трехмерного зрения и даже двигатели и колеса.



Оказание помощи больницам в более быстрой и эффективной санитарной обработке помещений. Недавно созданная ирландская компания Akara использует технологии Intel® для обеспечения работы интеллектуальных автономных мобильных роботов, предназначенных для уничтожения микробов и бактерий.

Улучшение обслуживания клиентов благодаря решениям с использованием мобильных роботов-доставщиков. Технология датчиков трехмерного пространства Intel® RealSense™ позволяет роботам Aethon самостоятельно доставлять предметы гостям, делая их впечатления от проживания более яркими во всех аспектах, от обслуживания в номерах, доставки еды и обслуживания банкетов до замены постельного и столового белья.



Применение роботов AMR в промышленности



Производство, складирование и логистика. Автономные мобильные роботы быстро становятся ценным элементом производства, складов и логистических предприятий благодаря универсальности и простоте интеграции в существующие объекты инфраструктуры. Их можно использовать для выполнения задач, требующих большой или малой грузоподъемности, для доставки предметов сотрудникам, а также для осуществления проверок безопасных условий труда и режима безопасности на объекте.



Здравоохранение. В медицинских учреждениях роботов AMR используют для удовлетворения таких насущных потребностей, как дезинфекция, телеприсутствие и доставка лекарств и медицинских принадлежностей, создавая безопасные условия для всех и высвобождая персонал для непосредственной работы с пациентами.

Розничная торговля, банковский сектор и ресторанно-гостиничная индустрия. Розничные магазины, банки и предприятия ресторанно-гостиничной индустрии используют роботов AMR для оптимизации и улучшения всех аспектов обслуживания клиентов, от службы под-

держки до автоматизации работы с товарно-материальными средствами, обслуживания в номерах, помощи с багажом и навигации.



Умные города и государственный сектор.

Технически прогрессивные города и государственные учреждения во все мире используют все возможности роботов AMR. Умные города используют их для улучшения обслуживания жителей, например для вывоза мусора или в качестве общественного транспорта, а государственные учреждения используют роботов AMR для видеонаблюдения, при проведении поисково-спасательных операций и для исследования космического пространства.



Сельское хозяйство. Чтобы поспеть за прогнозируемым ростом численности мирового населения к 2050 году необходимо производить на 50% больше продовольствия, чем сейчас. Чтобы это стало реальностью, сельскохозяйственные компании ищут способы использовать роботов AMR для преодоления значительной нехватки рабочей силы, повышения производительности и урожайности.

intel.ru

TESLA BOT ЗАМЕНИТ ЗАВОДСКИХ РАБОЧИХ

Впервые все увидели Tesla Bot в августе этого года. Хотя это был не робот, а человек в интригующем костюме, мы узнали кое-что интересное об этом изобретении. Теперь мы знаем, для чего он будет создан.



У Tesla есть собственный мощный процессор искусственного интеллекта, который позволяет транспортным средствам путешествовать по дороге без водителя. Маску пришла в голову идея использовать эту технологию в роботах. Так родился Tesla Bot.

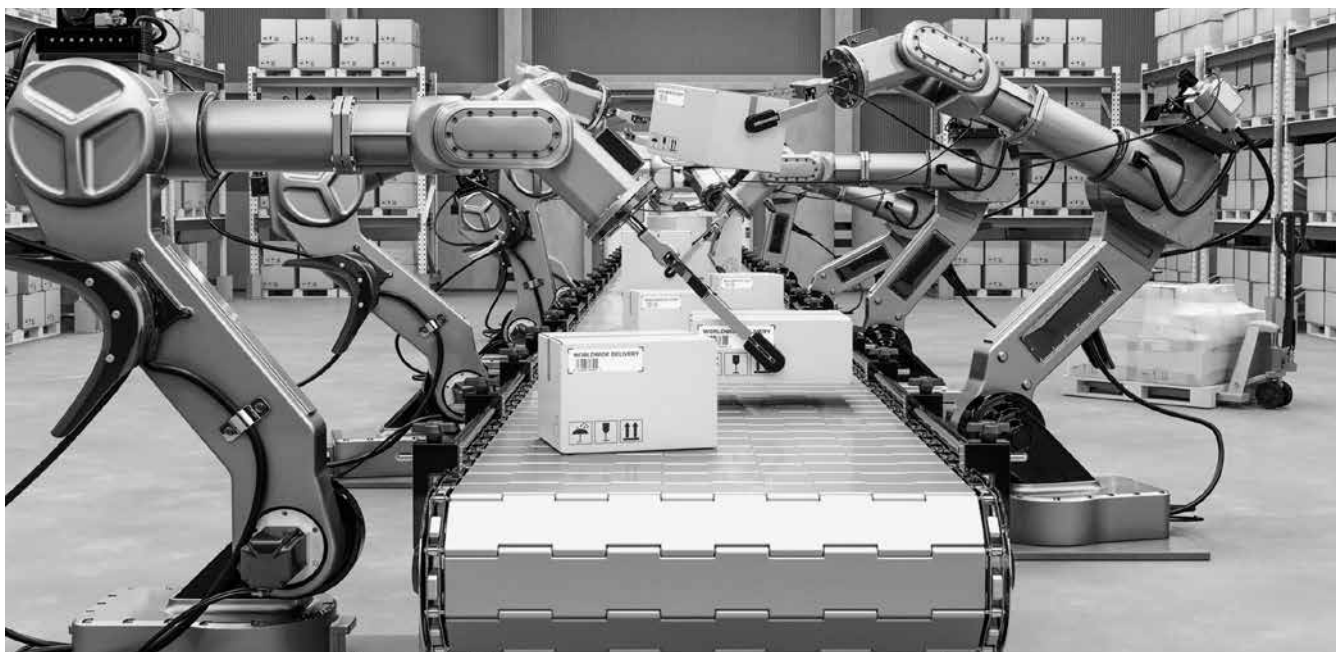
Гуманоидный робот увидел свет в первый день Tesla AI Day в августе 2021 года. Тогда Маск говорил о технологиях машинного обучения и искусственного интеллекта Tesla. Конечно, большая часть мероприятия была посвящена электрическим, а вскоре и полностью автономным транспортным средствам этой марки, но было место и для будущих изобретений.

Робот будет двигаться на двух ногах, его рост 172 см, вес 56 кг. Его максимальная скорость составит около 8 км/ч. На данный момент Tesla Bot в PowerPoint находится только в стадии разработки.

Несмотря на это, у Маска уже есть готовый план использования целой армии этих машин. В конечном итоге миллиардер хочет заменить ими рабочих на своих заводах, а затем сделать роботов доступными для других корпораций по всему миру. Когда нам ждать первый прототип? Босс Tesla пока не слишком откровенен по этому поводу.

Однако из неофициальных источников мы можем узнать, что работа над Tesla Bot уже ведется, и первый прототип может появиться в следующем году.

hi-tech.news



РОБОТОТЕХНИКА: ФАНТАСТИКА, КОТОРАЯ СТАНЕТ РЕАЛЬНОЙ

Промышленные, коллаборативные и сервисные роботы: на какую долю рынка они могут рассчитывать и чем этот сектор интересен инвестору – в статье.

Понятие робототехники появилось благодаря Айзеку Азимову и его научно-фантастическому рассказу «Лжец», опубликованному в 1941 году. В 50-х годах XX века появились механические манипуляторы для работы с радиоактивными материалами, они копировали движения рук оператора.

История развития рынка робототехники

В 1954 году американский инженер запатентовал метод управления погрузочно-разгрузочным манипулятором с помощью сменных перфокарт. Благодаря этому патенту в 1956 году была создана первая в мире промышленная компания по производству промышленной робототехники – Unimation. Этот год можно считать годом появления производственных роботов.

На сегодняшний день существуют целые робототехнические комплексы. Сам сектор можно разделить на несколько категорий:

- разработка промышленных роботов;
- разработка коллаборативных роботов;
- сервисная робототехника;
- инфраструктура: инжиниринг, программное обеспечение и так далее.

Международная федерация робототехники (IFR), которая является профессиональной некоммерческой организацией по вопросам робототехники, агрегирует данные по множеству стран и параметров. Каждый год Федерация предоставляет актуальные данные более чем по 2000 компаний из 25 стран, которые согласились раскрыть корпоративную информацию.

Согласно отчету IFR общий объем рынка робототехники в мире составляет более \$50 млрд, при этом важно помнить, что в этой статистике участвует ограниченное количество государств и частично отсутствует Китай, который не готов предоставить полные данные.

Общий объем рынка в процентах и его сегменты

- Промышленные роботы
33,66%
- Коллаборативные роботы
1,59%
- Сервисная робототехника B2B
27,32%
- Сервисная робототехника B2C
13,90%
- Инфраструктура
23,54%



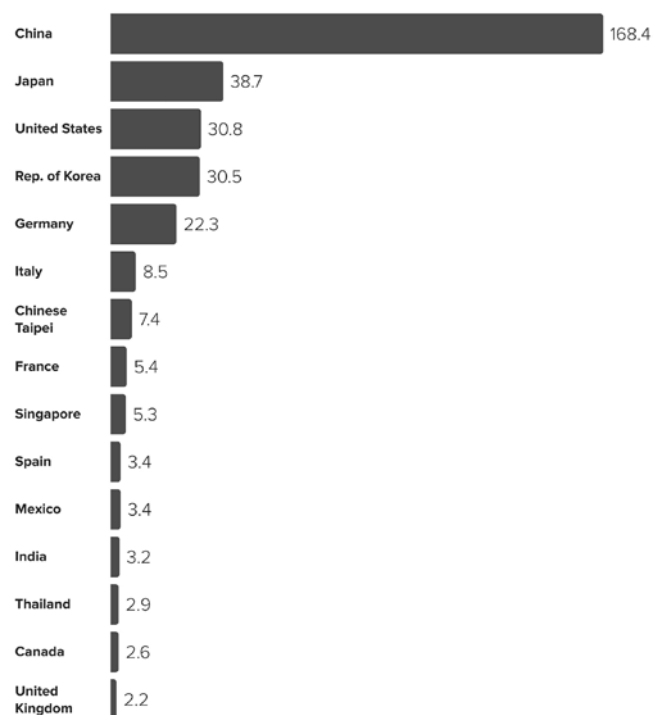
Общий объем рынка в процентах и его сегменты согласно отчету Международной федерации робототехники. Источник: аналитический отдел ГПБ Инвестиции

Промышленные роботы: автомобилестроение и электроника

Промышленные роботы выполняют множество функций быстрее и точнее человека. Они появились гораздо раньше, чем другие виды манипуляторов, и получили широкое распространение в Японии, когда компания Kawasaki в 1969 году купила патент у американской

Unimation. В 1980-х японцы стали мировым лидером по производству промышленных аппаратов, и на сегодняшний день почти половина промышленных роботов производится в Японии. Также в четверку производителей входят Китай, Германия и Южная Корея. Компании из США были выкуплены и сменили географию в 2000-х, поэтому в России на данный момент производят больше промышленных роботов, чем в США.

Основным потребителем является Китай. В перерасчете одной единицы на десять тысяч человек лидерами по внедрению робототехники являются Южная Корея и Сингапур. В них это значение в 7,4 и 4,8 раза превышает среднемировое – 126 роботов на 10 тыс. населения. В России в 2019 году на 10 тыс. россиян приходилось всего шесть промышленных роботов.



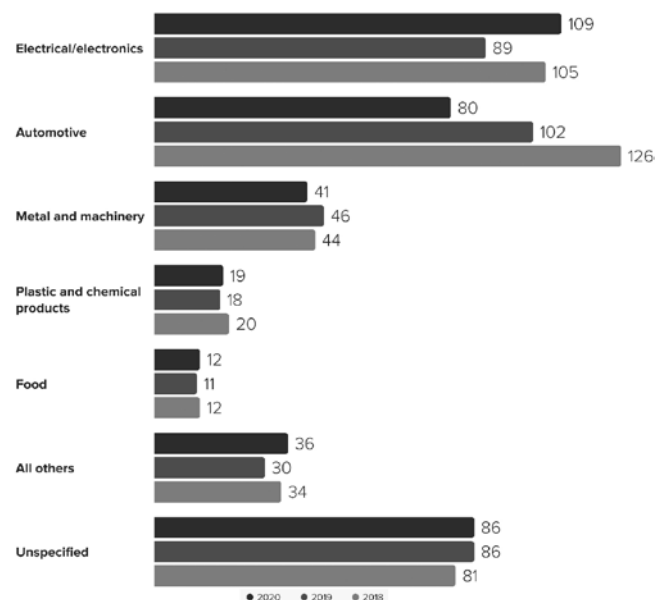
Крупнейшие рынки установки сервисных роботов. Источник: аналитический отдел ГПБ Инвестиции

В мировом потреблении выделяются два основных сегмента потребителей промышленных роботов: автомобилестроение и электроника. В 2020 году автомобильная промышленность в этом направлении потеряла лидирующую позицию, которую удерживала с 1961 года. Мировое производство легковых и коммерческих машин упало на 16%, что позволило сектору электроники выйти в лидеры с учетом отложенного спроса после торговой войны между США и Китаем в 2019 году.

Основное применение роботов – это перемещение, а также сварка и пайка. С усовершенствованием и появлением новых технологий функционал у производственных аппаратов увеличивается.

За год объем продаж промышленных роботов вырос на 0,5%. При этом азиатский рынок вырос на 7%, китайский – на 20%. Рынки Европы упали на 8%, а Северная и Юж-

ная Америка – на 17%. К концу 2020 года насчитывалось более трех миллионов промышленных роботов, которые сейчас эксплуатируются по всему миру.



Ежегодные установки промышленных роботов по отраслям в мире, тыс. шт. Источник: аналитический отдел ГПБ Инвестиции



Сферы применения промышленных роботов. Источник данных: аналитический отдел ГПБ Инвестиции

Прогноз рынка промышленных роботов до 2024 года

Предположительно, количество продаж роботизированных систем увеличится на 13% в 2021 году за счет отложенных инвестиций с 2020 года и восстановления в цепочках поставок. После бурного роста в 2021 году может последовать небольшое снижение в 2022-м. В целом общемировой рост составит около 6% к 2024 году.

Способствовать росту будут государственные программы стимулирования и высокий рост на чипы и компоненты. Также развитию сектора поможет переход на полностью цифровое производство – от приема заказа до доставки.

Основные технологии, которые позволят рынку промышленных роботов расти:

- облачные вычисления, сети 5G, новое машинное зрение и искусственный интеллект;
- распространение ESG и внедрение роботов на многих этапах производств;
- переход на роботизированное производство, которое помогает снижать долю брака;
- переход на электромобили.

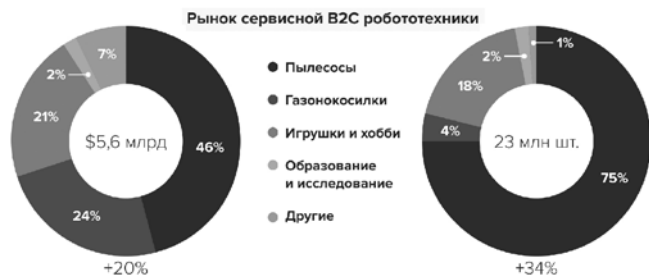
Коллаборативные роботы: сотрудничество с человеком

Коллаборативные роботы, или коботы, – это устройства, оснащенные сенсорами и датчиками. Благодаря им робот может взаимодействовать с окружающей средой и человеком. Это дает человеку возможность работать в тандеме с роботом в одной зоне. Главными плюсами таких роботов являются универсальность и многозадачность, низкая цена и быстрая окупаемость, легкость установки и настройки, безопасность, компактность, энергоэффективность и возможность использования на малых предприятиях.

Сотрудничество человека и робота все еще находится в зачаточном состоянии. Пока коботы работают медленно, чтобы не навредить сотрудникам. К сожалению, уровень интеллекта таких роботов не позволяет раскрыть всего потенциала, но с внедрением новых датчиков и машинного обучения в будущем удастся избежать травм на производстве и увеличить производительность. На данный момент уровень продаж коллаборативных роботов низкий.

Сервисная робототехника: разделение на сегменты B2B и B2C

Основными производителями сервисных роботов являются США. В этом сегменте есть четкое разделение на B2B- и B2C-сегменты. B2C-сегмент включает в себя роботыпылесосы, робокосилки, развлечения и хобби. При этом в штуках пылесосы занимают 75% в единицах и 46% в денежном выражении, газонокосилки – 4 и 24% соответственно.



Структура рынка сервисной робототехники в сегменте B2C. Источник данных: аналитический отдел ГПБ Инвестиции

В B2B-сегменте наблюдается похожая ситуация: 5% роботов задействованы в медицине, и они приносят 47% выручки всего B2B-сегмента. Роботы же специального назначения в большинстве своем относятся к военной отрасли.

Рынок сервисной B2B робототехники (+32%)



Структура рынка сервисной робототехники в сегменте B2B. Источник данных: аналитический отдел ГПБ Инвестиции

За 2020 год стремительно выросли три сегмента: автономные мобильные роботы в логистике, медицинском обслуживании, уборке и дезинфекции. В перспективе – рост числа устройств, занятых в охране магазинов и частных территорий, надзоре за детьми.

Инфраструктура: инжиниринг и программное обеспечение

Производство робота – это всего 1/3 производственной системы и затрат на нее. В оставшиеся 2/3 входит инжиниринг, программное обеспечение, пусконаладочные работы, обслуживание, модернизация и обновление. Все 2/3 можно назвать инфраструктурой. Компании в этом сегменте делятся на подгруппы в зависимости от того, производят ли они физические комплектующие или программное обеспечение, продают ли свои услуги или практикуют модель продаж, построенную на подписке.

Основные игроки рынка робототехники

За последний год изменений в робототехнике произошло больше, чем за предыдущие 30 лет. Это не техническая трансформация, а ускорение действующих процессов в связи с пандемией. Роботов внедряют на традиционные предприятия, логистику и склады, лаборатории, мастерские и небольшие производственные помещения. Среди производителей роботов можно выделить основных лидеров.

3M – американская диверсифицированная инновационно-производственная компания. Среди ее изобретений – клейкая лента скотч, световозвращающая пленка Scotchlite для дорожных знаков, магнитная лента для звукозаписи, клейкие блокноты для заметок Post-it, одноразовые респираторы и др. Роботы – это небольшая часть бизнеса компании, но сама компания крупная и достаточно стабильная.

KUKA – немецкая компания, производитель промышленных роботов и решений для автоматизации производства. Промышленные роботы KUKA в основном используются для обработки материалов, погрузки и разгрузки машин, паллетирования, точечной сварки и сварки в среде защитных газов.

Intuitive Surgical – американский производитель и дистрибьютор роботизированной продукции, пред-



назначенной для улучшения клинических результатов пациентов с помощью минимально инвазивной хирургии с использованием системы Da Vinci. Хирургическая система Da Vinci – роботизированная хирургическая система, управление которой осуществляется хирургом с пульта. Подобная система широко применяется при простатэктомии, гинекологических хирургических процедурах и операциях на сердце. У компании ежегодно расчет выручка.

iRobot – американская компания, специализирующаяся на разработке, производстве и продаже робототехники: роботов-саперов, роботов-разведчиков, роботов-пылесосов Roomba, моющих роботов-пылесосов Scooba. У компании ежегодно растет выручка.

Общий прогноз развития сектора робототехники

Международная федерация робототехники дает прогноз только до 2024 года, предполагая, что ближайшие три года рынок будет расти по 6% в год в единицах, и не дает прогноз в денежном выражении.

Исследование консалтинговой компании The Boston Consulting Group (BCG) предполагает три сценария развития отрасли до 2030 года:

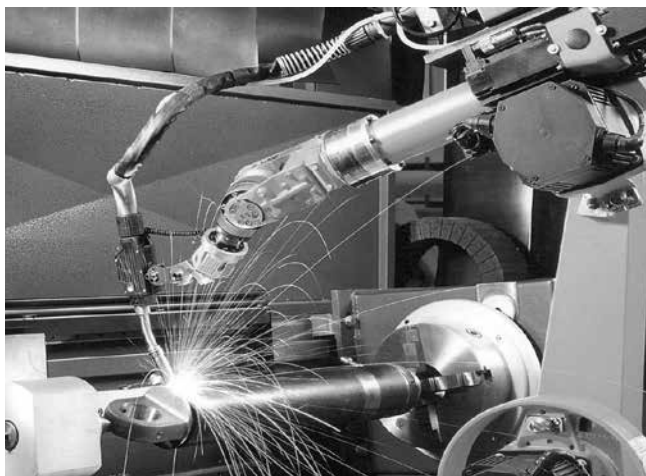
- **Рост индивидуальных решений.** При реализации этого сценария рынок будет расти органично без

массового внедрения роботов. Доминировать на рынке будут малые и средние предприятия, а также стартапы с глубокими знаниями в области специализированных приложений для роботов, которые могут быть адаптированы к требованиям клиентов.

- **Робот как стандартное устройство автоматизации.** В этом сценарии лидировать будут роботы с легкой системой установки. Их можно внедрить массово, но при этом они не отличаются большой сложностью. Это роботы-доставщики или роботы-сборщики. Тогда крупные и известные компании смогут занять нишу дешевых роботов массового применения.

- **Google World.** Этот сценарий предполагает прорыв в области машинного интеллекта и появление ряда интеллектуальных роботов, которые смогут обрабатывать сложные и динамические задачи. На этом рынке ПО станет ключевым фактором успеха, доминировать будут гиганты и стартапы. Традиционные робототехнические компании рискуют стать поставщиками механического оборудования.

Согласно прогнозу BSG, общий объем мирового рынка робототехники достигнет от 160 до 260 миллиардов долларов. Рост до 2030 года в денежном выражении может составить от 5,4 до 9,4 раза, или от 48 до 93% ежегодно.





ИНЖИНИРИНГ И «ИНДУСТРИЯ 4.0». РАЗБОР ТЕРМИНОЛОГИИ

Стимулом для написания этой статьи стало общение с участниками рынка и журналистами «Форбс» и «Эксперт». Если для первой категории характерна некоторая путаница в терминологии, то для деловой прессы типичным явлением оказалось непонимание целостной системы – отсюда появление множества ошибок и нестыковок, включение в концепцию «Индустрии 4.0» технологических и цифровых решений, которые либо не являются составной частью самой концепции, либо уже устарели. Поэтому статья делится на две части: в первой максимально просто описаны основы инженеринговой деятельности с привязкой к отраслевой специфике, во второй предложено толкование терминов, часто смешивающихся даже в профессиональной среде.

■ **АЛЕКСЕЙ ТРОШИН**, к. ф.-м. н., **МАКСИМ ПИСКАЙКИН**

Введение в инженеринг

Что подразумевается под понятием «инженеринг»? Как правило, разработка нового продукта. Возьмем всем знакомый айфон, многие считают его технологическим прорывом, но это не совсем так. Большинство заложенных технологий уже существовали: Интернет и протоколы TCP/IP, DNS, GPS, сенсорный экран, службы распознавания голоса, поисковые алгоритмы на стадии фундаментальных разработок – все они финансировались государством, чаще всего военными и разведывательными ведомствами. Большинство знает, что Интернет появился благодаря DARPA – исследовательскому подразделению Минобороны США, но мало кому известно, что разработку всем привычного сенсорного экрана финансировало в основном ЦРУ. Умалет это заслуги Стива Джобса? Ни в коем случае. Объединить все компоненты и предложить рынку продукт, который стал необходимым элементом современной жизни, – это

и есть искусство инженеринга, это понимание потребностей, порой даже еще не определенных самим потребителем, и, конечно, это уже коммерческий продукт с высокой добавленной стоимостью. Поскольку только принципиально новый продукт фактически не имеет ограничений в конкурентном ценообразовании. С технологической точки зрения Джобс не сделал почти ничего, с инженеринговой – он гений.

Насколько опыт Джобса уникален? По оценкам 2014 года, в Интернете было доступно 114 млн научных публикаций на английском языке (хотя лишь около четверти из них имеют открытый доступ), к 2018-му одна платформа Web of Science за два года своего существования объединила более 100 млн публикаций из 33 000 научно-технических изданий. Сегодня нам доступен такой объем информации, который и не снился Джобсу. У нас появились цифровые среды для разработки и контрактные производители: нам не надо больше паять в гараже



собственные платы, как это делал Джобс. У нас есть аддитивные технологии, те самые 3D-принтеры, которые позволяют сделать прототип или напечатать деталь. Все это дорого и недоступно? Нет, у нас есть центры коллективного пользования, где можно получить доступ к дорогому оборудованию, у нас работают облачные платформы, которые позволяют не покупать дорогие лицензии на специализированный софт. Поэтому с полной уверенностью можно сказать, что сейчас существуют гораздо более развитые условия для инжинирингового творчества, чем у Джобса.

Мы разобрались в продуктовой ветви инжиниринга, но она далеко не единственная. Следующий, более сложный уровень – промышленный инжиниринг, в общем случае он подразумевает проектирование и создание заводов, производственных цехов, всей промышленной инфраструктуры. Казалось бы, что сложного: стенки поставил, оборудование подключил – и все ОК, выпускай свой айфон. Но, к сожалению, так заводы строились в XIX веке, сейчас все усложнилось. Чем сложнее продукция, тем сложнее технологии ее изготовления, и, как правило, это коррелируется и с организацией производства. В России устоявшийся формат инжиниринга пришел из советской системы. Огромные НИИ и КБ, проектные институты, отраслевые министерства, ответственный за строительство Госстрой составляли своеобразную инжиниринговую

пирамиду, каждый сегмент которой отвечал за свой маленький объем работ. Система не была идеальной, но она работала вплоть до начала трансформации в сторону рыночных механизмов, совпавших с развалом СССР, результатом которого для промышленности стал распад годами действовавших цепочек поставок. Для проектных институтов итогом краха Союза стало разрушение всей пирамиды управления с распределенными по территории фактически всех 15 республик проектными мощностями, еще и привязанными к отраслевой специфике. Спрос на модернизацию промышленности оказался слабым, и даже там, где он возникал, ответить на него смогли немногие проектные институты, сумевшие консолидировать все направления профильной деятельности внутри собственных структур. И даже этого оказалось мало: рынок просто заменил спрос на отечественные товары тотальным импортом. В итоге вплоть до 2000-х годов проектирование оставалось за пределами происходящих в экономике процессов: проектировать было просто нечего.

Инжиниринг и «Индустрия 4.0».

Разбор терминологии

Период начавшегося в 1970-х кризиса советской школы промышленного строительства совпал с идущей во всем мире полупроводниковой революцией, точнее с одним из ее эффектов, известных как эмпирический



закон Мура: «Количество транзисторов, размещаемых на кристалле микросхемы, удваивается каждые 24 месяца». Миниатюризация привела к появлению специфических требований к организации производств микроэлектроники, но ориентированная на типовые проекты система советского промстроительства слишком долго отвечала на новые технологические вызовы. Впрочем, он и вызовом-то не казался, для нацеленной на военное производство промышленности размер компонентов не представлял особого значения. Катастрофической ошибкой отраслевого руководства оказался и курс на реверсивный инжиниринг западных аналогов с последующим отказом от собственных НИОКР по критически важным направлениям развития полупроводниковых элементов. В итоге с переходом на рыночную экономику вся компьютерная техника и комплектующие в Россию импортировались, и это отставание мы с тех пор не преодолели. Другим итогом стал кризис самого производства отечественной микроэлектроники: не освоив передовые техпроцессы, она не смогла конкурировать с иностранными производителями и упустила огромный рынок компьютерной техники, а затем и мобильных устройств.

Полупроводниковое производство – самое сложное по организации. Почему? Чем меньше нанометров в процессоре, тем в более рафинированных условиях он производится. Среди этих условий: отсутствие статического электричества, магнитных полей, стабильная температура и влажность на всех производственных участках и чистые помещения, где создается атмосфера, в которой фактически отсутствуют сторонние примеси. Наивысший класс чистоты, допускающий концентрацию в 1 м³ воздуха до 10 частиц размером 0,1 мкм (толщина человеческого волоса 40–120 мкм), характерен именно для полупроводникового производства. Для сравнения: в самых требовательных к чистоте хирургических помещениях уровень чистоты не превышает среднего класса чистоты, свойственного микроэлектронике. Все полупроводниковое производство стоит на физических процессах и химических реакциях: чтобы они проходили корректно, нужно к оборудованию подводить процессные газы и жидкие среды, порой несколько десятков к одной установке. При этом количество реагентов чаще всего должно быть строго дозированным,



вариант «просто подключить условный шланг к установке и заполнить его до краев требуемой химией» здесь и близко не рассматривается. Многие из реагентов ядовитые и взрывоопасные, и их нужно утилизировать. В результате инженерная инфраструктура на таких производствах зачастую кратно превышает само производство. Сюда еще нужно добавить высочайший уровень автоматизации и роботизации.

Выше мы рассмотрели различия между продуктовым и промышленным инжинирингом: первый отвечает за разработку нового продукта, второй – за появление заводов и целых отраслей, которые эти продукты будут выпускать. Развитие технологий привело к увеличению сложности промышленных объектов, что в свою очередь стало стимулом для развития мирового проминжиниринга в сторону охвата все больших видов работ и реализации требований промышленности не только выполнять часть проектных работ, но и управлять всем ходом реализации инвестиционного проекта. Итогом все более увеличивающейся нагрузки на инжиниринг стало развитие его комплексных форматов, объединяющих несколько видов работ (ЕРС-контрактинг закрепляет схему работы, где один подрядчик осуществляет проектные работы, поставки оборудования и строительство) либо обязывающих подрядчика осуществлять управленческие функции (ЕРСМ-контрактинг). Почему так произошло? Чем сложнее проект, тем больше в нем участников, чем выше уровень его технологичности, тем больше вероятность мелких ошибок, приводящих в итоге к достаточно крупным проблемам. В общем случае, запуская технологически сложный проект, его инициатор должен учитывать, что среди участников будут владелец технологии и технологический брокер, проектная организация (их может быть две-три по различным разделам проектной документации, тогда добавляется генпроектировщик), поставщики оборудования, поставщики стройматериалов, генподрядчик, ряд строительных подрядчиков по специфическим видам работ (строительство чистых помещений, организация инженерной инфраструктуры и пр.), ряд поставщиков ПО, системный интегратор. Комплексные модели позволяют объединять определенные виды работ, но в России форматы ЕРС/ЕРСМ, контракты

жизненного цикла (КЖЦ) только недавно стали применять в проектировании объектов в госсекторе, который сегодня и является инициатором основной массы инвестиционных проектов.

Тем не менее профессиональная ответственность или ориентация на экспорт инжиниринговых услуг (в России это инжиниринг в энергетическом и нефтегазовом секторе) дали определенный импульс развитию отечественных комплексных направлений еще с 2010-х. Например, в Национальной инжиниринговой корпорации актуальны три основных вида деятельности: инжиниринговая, связанная с проектированием сложных промышленных объектов и управлением ходом реализации проектов; технологическая, относящаяся к развитию и трансферу технологий; цифровая, в которой главное внимание уделяется цифровизации производственных процессов, внедрению новейших решений на базе искусственного интеллекта, промышленного «Интернета вещей», цифровых двойников и пр. Расширение компетенций – основной источник для развития комплексных форматов, но особую роль для инжиниринговых компаний играет технологическая составляющая.

Как известно, далеко не все технологии нам доступны, не только по политическим, но и по сугубо коммерческим причинам. В R&D, то есть в исследования и разработки, сейчас инвестируют огромные средства, и компания должна окупить результаты своей исследовательской работы, поэтому новейшие технологии редко доступны рынку. Сегодня затраты только на один техпроцесс среди нескольких десятков других, пытающихся решить одну и ту же проблему увеличения производительности микроэлектроники, могут перекрывать бюджеты на НИОКР достаточно развитых в технологическом плане стран. Причем технологическая модернизация производства, помимо прямых затрат на реализацию трансфера как такового, это еще три взаимоувязанных, достаточно затратных и долгосрочных процесса: закупка и установка оборудования, модернизация инженерной инфраструктуры и реконструкция производственных площадок. Что делать, если мы хотим выпускать продукцию, но не имеем технологии ее изготовления? Здесь мы попадаем в очень сложную область, которая называется «трансфер технологий». На первый взгляд все просто: трансфер – это перенос, нам нужно из одного места перенести технологию на наш завод. Не акцентируясь на самом процессе, мы должны сначала провести технологический аудит на заводе, определить наиболее перспективную технологию, учесть логистику и стоимость сырья и комплектующих по всем цепочкам поставок, найти наиболее актуальные техпроцессы и попытаться договориться с разработчиками или как минимум с производителями оборудования. Далее, учитывая стоимость оборудования, нужно подсчитать, во что обойдется модернизация предприятия, так как новое оборудование почти наверняка предполагает изменения по меньшей мере в инженерных коммуникациях. После этих операций мы зачастую приходим к тому, с чего начинали, но уже с полной уверенностью,

что лучшую технологию нам получить не удастся. Что делать, опустить руки? К счастью, нет такого термина в инжиниринге. Начинается поиск форсайтов и дорожных карт по развитию технологии, тех научных коллективов и ученых, которые работали в нужном нам технологическом направлении и способны предложить доступную альтернативу. Например, спускаемся на ступень ниже той технологии, которая сегодня наиболее актуальна, то есть берем за основу не ее, а предыдущее поколение. Строим новейший исследовательский центр и затем запускаем завод на том же оборудовании, что и R&D-центр: завод изготавливает продукцию, ученые совершенствуют техпроцессы. Почему на том же оборудовании? Это обеспечит повторяемость техпроцесса и быструю переностройку технологических линий на производстве. На этих принципах в стране появилось производство солнечных панелей, полный цикл выпуска оптоволокна и ряд сугубо технологических направлений, компетенций в которых до этого в стране не было.

Теперь мы вплотную подошли к современности. Конечно, у всех на слуху цифровизация. И это неслучайно, именно она подтолкнула новую промышленную революцию, в центре которой мы сейчас находимся. Почему в центре? Потому что в мировой промышленности полным ходом идут преобразования, связанные с целым пластом уже всем доступных цифровых решений, но мы еще не подошли к предельной точке этих изменений, которая носит название концепции «Индустрия 4.0». Думаю, все эти решения на слуху, хотя иногда возникает определенная путаница, поскольку развиваются они просто невероятными темпами: промышленный «Интернет вещей», облачное хранение данных – сегмент обмена данными, иногда и 5G сюда относят, но эта технология в большей степени ориентирована на человека; проблема интерфейсов решена с помощью искусственного интеллекта, если точнее, то нейросетей. Следующий эшелон: сенсорные системы – это система датчиков, которые снимают нужные для машины показатели окружающей среды, грубо говоря, через нее машина «чувствует». Цифровые двойники в совокупности с автоматизированными и роботизированными комплексами обеспечивают производственную цифровую инфраструктуру. Обработку и анализ данных реализует искусственный интеллект, предиктивная аналитика, Big Data, которая уже трансформировалась в целый класс аналитических систем, например Data Mining, способный осуществить поиск неучтенной информации и контекстов. Все эти компоненты уже внедряются и показывают превосходные результаты, но все-таки они еще далеки от того образа промышленности, который строит «Индустрия 4.0».

Несколько примеров: один из голландских заводов Philips работает в неосвещенном помещении, где установлено 128 роботов. Весь персонал завода состоит из девяти работников. Классическим примером стала цифровизация производственных площадок Harley Davidson, проведенная еще в 2009–11 гг. Основной проблемой, с которой столкнулась компания, была воз-



росшая конкуренция при ограниченной возможности кастомизации дилерами пяти выпускаемых моделей. В результате была создана единая сборочная площадка, выпускающая мотоциклы всех пяти моделей с возможностью их кастомизации, заказчику предлагается выбор более чем из 1300 вариантов. В ходе всего производственного процесса используются датчики, управляемые MES-системой. Каждый станок, каждая деталь имеет RFID-метку, однозначно идентифицирующую изделие и его место в производственном цикле. Информация от датчиков передается на платформу обработки данных, выполняющую роль интеграционной шины для сбора данных с датчиков и различных информационных систем, как внутренних производственных и бизнес-систем компании Harley Davidson, так и информационных систем контрагентов компании. В результате производственный цикл сокращен с 21 дня до 6 ч (каждые 89 секунд с конвейера сходит мотоцикл, полностью настроенный под будущего владельца); реализовано сквозное управление изделием на всем его жизненном цикле; стоимость акций компании выросла более чем в 7 раз.

В целом облик будущего промышленного производства уже определен «Индустрией 4.0». И хотя это еще гибкая концепция, мы знаем, к чему двигаться, но насколько успешно и безболезненно мы пройдем эту промышленную революцию, зависит исключительно от инжиниринга, способного объединить уже существующие технологические и цифровые решения в единый комплекс, в то, что называется «киберфизические системы». «Индустрия 4.0» – это вызов прежде всего для компаний, действующих в сфере промышленного инжиниринга. Да, разработка и

интеграция компонентов и систем играет огромную роль, но эффект целостной самодостаточной системы можно получить, только объединив разрозненные элементы в единый производственный комплекс.

Терминология «Индустрии 4.0» всегда была перегружена огромным количеством интерпретаций и альтернативных «сущностей». Дело здесь не в том, что кто-то чего-то недопонял или сознательно вводит в заблуждение, просто концепция не является окончательной, ее элементы находятся в постоянном развитии и часто перекрываются более перспективными решениями, изменяющими как общий тренд, так и значимость отдельных направлений. Кроме того, попытка описать этапность перехода от текущего уровня развития промышленности к «Индустрии 4.0» также не добавила ясности, а скорее еще больше запутала общее понимание концепции. Поэтому следующая часть статьи будет рассматривать категории, наиболее близкие к раскрытию логики «Индустрии 4.0», первые две из них описывают базовые понятия, следующие – пытаются предложить видение переходных этапов промышленной цифровизации.

«Индустрия 4.0»

«Индустрия 4.0» – концептуальная основа четвертой промышленной революции, объединившая в понятии киберфизической системы несколько существующих и разрабатываемых технологических и цифровых направлений, способных кардинально изменить структуру промышленности и производственных отношений. Понятие возникло в 2011 году в Германии и эволюционирует параллельно с развитием включенных в нее технических решений,



отраслевой и страновой специфики, что зачастую вносит путаницу в понимание термина. В связи с этим лучше определить «Индустрию 4.0» не через перечень постоянно меняющихся, поглощаемых новыми и непропорционально развивающихся технологий, а с использованием функционального подхода. При этом основная цель всех планируемых изменений – высший уровень конкурентоспособности производства на макроуровне. Конкурентные преимущества определяют и человеческий фактор как наиболее слабое звено в производственном процессе и устанавливают функционал системы:

- Высокое качество продукции за счет автоматизации и роботизации производства, отсутствия отбракованных изделий, в случае нерентабельности робототехнических решений в переходный период – превентивное устранение брака посредством цифровизации производственных процессов.

- Высокая эффективность производства за счет ускоренного автоматизированного внедрения новых технологических и производственных решений.

- Высокая планируемость будущей загрузки предприятий, снижение издержек за счет оптимизации ресурсоемких процессов и планирования эксплуатационных расходов. Предиктивная аналитика дает возможность получения многоуровневого прогнозного ресурса, от планирования загрузки технологических линий до управления процессом внедрения новых продуктов.

- Увеличение конкурентных преимуществ в пределах производственного цикла. Переход от вертикальной интеграции производственных процессов к горизонтальной, при которой производственный цикл не концентрируется в рамках одной тяжеловесной и слабо управляемой компании, а распределяется между несколькими компаниями, производящими близкие товары/услуги в одной производственной нише.

- Высокая гибкость производственных процессов, быстрая автоматизированная перенастройка ведет к кастомизации продуктовой линейки, промышленный продукт, изготовленный по индивидуальному дизайну, становится стандартом.

- Полная производственная загрузка за счет минимизации простоев оборудования и производственных аварий.



- Прямое взаимодействие «продукт – потребитель», смерть традиционного маркетинга и замена на автоматический сбор и машинную обработку данных. Оптимизация производства как под выпуск нестандартной продукции с заданными техническими характеристиками (персонализированное производство), так и для выполнения типовых операций.

Базовым для «Индустрии 4.0» является предельный уровень автоматизации и цифровизации: ручной механический труд исключается за счет роботизации, инструменты искусственного интеллекта обеспечивают принятие решений, широкие возможности передачи данных и их интерпретации на уровне человек-машина предоставляют возможность восприятия машиной потребительских качеств продукции. Итог – «безлюдное производство» и полное исключение человека из производственных отношений, автоматизация логистики и традиционных маркетинговых инструментов. Однако с психологической точки зрения человеку, тем более занятому на руководящих постах, крайне сложно представить себе систему, из которой в обозримом будущем он сам себя исключает; с практической – подобная организация промышленности (здесь не идет речь об отдельном производстве) еще далека от существующих технологических и инженеринговых возможностей.

Поэтому в дорожных картах и программах развития, в том числе в российском Технете, выделялись два варианта фабрик будущего («цифровая» и «умная», рассмотрены далее), описывающих промежуточные структурные единицы трансформирующихся в ходе цифровизации производств. В свою очередь виртуальная фабрика в такой системе представляется итогом этой трансформации и одновременно системообразующим элементом «Индустрии 4.0». Каждая из фабрик будущего определяется через перечень программных и технологических изменений и целевых показателей. Однако с точки зрения практического инженеринга разграничение между ними искусственно и не учитывает последовательности и связи между пересекающимися программными продуктами, технологическими и цифровыми решениями. Другими словами, «Индустрия 4.0» – это гибкая, развивающаяся концепция будущей промышленности, технические

средства и промежуточные этапы которой подвержены слишком частым изменениям, чтобы на современном этапе появился консенсус по оптимальной реализации концепции «Индустрии 4.0».

Тем не менее базовый набор технологических направлений уже сейчас прозрачен. Основные, можно сказать критические, компоненты «Индустрии 4.0», напрямую влияющие на ее становление, часто путают с самой идеологией, объединяющей «сумму технологий», которые уже были перечислены выше по нескольким сегментам: накопление данных в киберфизических системах, обмен данными, интерфейсы взаимодействия, цифровая и производственная инфраструктура, обработка и анализ данных. Это базовый перечень для фабрики будущего, хотя далеко не исчерпывающий и не исключающий замещений. Тот же блокчейн, как механизм контрактинга по обеспечению материально-технической базы производства, необходим в системе «Индустрии 4.0», но на нынешнем этапе еще не критичен.

Стадии развития компонентов «Индустрии 4.0». Экстраполяция существующих технологических трендов

Состояние компонентов «Индустрии 4.0» сегодня:

- Облачное хранение, искусственный интеллект и нейронные сети, АСУТП и роботизированные комплексы, сенсорные системы и инфраструктурные решения доступны уже сегодня, их воплощение в концепции «Промышленности 4.0» – вопрос интеграции программного обеспечения с другими элементами системы.
- Цифровое моделирование уже используется для создания цифровых двойников, сервисного обслуживания оборудования и систем. Кроме того, это базовая технология для проектирования новой продукции и выходного контроля продукции «с конвейера», сокращения периода тестирования опытных образцов при разработке новых продуктов. Результат: полная автоматизация управления производственными процессами.
- Текущие направления развития компонентов «Индустрии 4.0»:
- Системы промышленной безопасности стандартизируются на национальном и региональном уровне.
- Промышленное оборудование и системы обеспечивают достаточным числом и уровнем совместимости датчиков для самодиагностики и взаимодействия на уровне нейросетей.
- Системы обработки больших объемов информации Big Data (термин уже устарел, здесь приводится для характеристики класса технологий, извлекающих практический смысл из разрозненных данных) в состоянии систематизировать и предложить легко интерпретируемые человеком массивы данных, исходящих от машин. В развитом состоянии интерпретация данных происходит посредством машинного обучения, в частности нейросетей и глубокого обучения, хотя остается актуальной проблема «черного ящика» – непонимание человеком, как обученная машина пришла к тем или иным выводам.

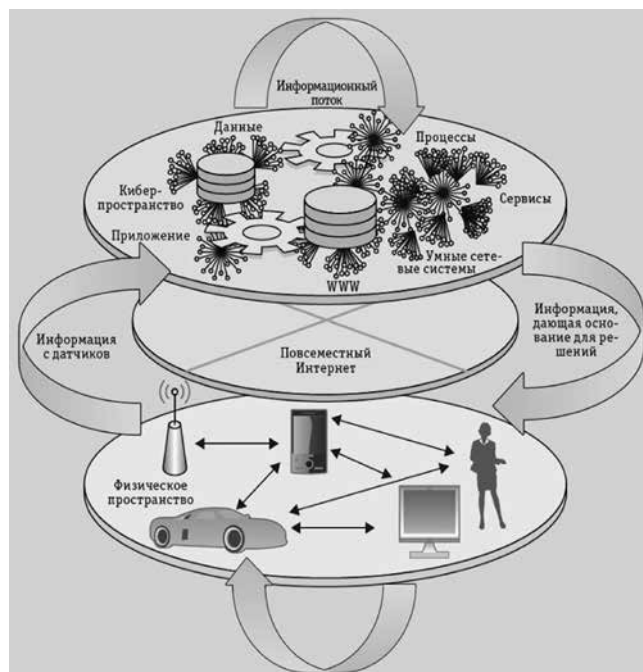
В современном состоянии изначально сугубо программный характер вычислений расширяется на уровень программируемых интегральных схем под задачи искусственного интеллекта, периферийных вычислений и пр.

- Системы машинного обучения ML обеспечат автоматизированную настройку оборудования и целых производственных линий без участия человека.
- Промышленный «Интернет вещей» (IIoT) начинает работать на уровне промышленных предприятий, IoT – на уровне логистических сетей и мегаполисов, что обеспечит один из значимых аспектов «Индустрии 4.0» – обратную связь «пользователь – производитель продукции».
- В будущем – автоматизированное управление интеллектуальными системами в режиме реального времени при постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой объединения в региональные промышленные сети.

Киберфизическая система

Киберфизическая система (cyber-physical system, CPS) – информационно-технологическая концепция, объединяющая кибернетику, мехатронику, теорию и практику управления процессами и подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физические объекты и процессы, их взаимодействие с помощью протоколов IoT и IIoT для прогнозирования, самонастройки и адаптации к изменениям в реальном времени. В такой системе датчики, оборудование и информационные системы объединены на протяжении всей цепочки создания стоимости в единую структуру, влияние которой выходит за рамки одного предприятия. CPS способствует принятию более точных и своевременных решений, основанных на реальных событиях, а не на их человеческой интерпретации.

Часто между «Индустрией 4.0» и CPS не делают различия, так как класс используемых технологий фактически



совпадает, но «Индустрия 4.0» – это сценарий развития будущего производства, а CPS, по сути, тот инфраструктурный фундамент, который должен стать основой для реализации этого сценария. Сегодня человечество функционирует в двух параллельных мирах: физическом и цифровом, они взаимодействуют посредством человека и (по крайней мере в промышленном сегменте) для человека. Упрощенно сущность «Индустрии 4.0» можно охарактеризовать как процесс вывода человека из производственных отношений, поскольку роботы, интеллектуальные машины и ИИ справляются с производственными задачами гораздо эффективнее. Однако для этого нужно, чтобы физический и цифровой мир стали единой системой, существующей независимо от нынешней антропоцентричной модели промышленности и способной, подобно человеку, воспринимать и анализировать информацию о себе и окружающем мире, делать выводы и принимать решения, транслируемые во внешний мир и исполняемые другими устройствами, без вмешательства человека. Поэтому главной задачей развития киберфизических систем можно назвать глубокое взаимодействие между физическими и цифровыми элементами системы.

Исходя из такой интерпретации становятся понятными и технологические направления, критически влияющие на становление CPS. По аналогии с нервной системой человека, нервные клетки системы – это сенсоры, охватывающие весь физический комплекс, участвующий в ее работе. Нервный импульс обеспечивает передачу информации от рецепторов к нервным центрам – в случае с CPS эти функции обеспечиваются технологиями обмена данных IoT/IIoT. Нервные центры, обработав информацию, передают импульс к исполнительным органам – соответственно, обработку информации обеспечивает целый комплекс инструментов от анализа на основе Big Data и более сложных инструментов предиктивной аналитики и Data Mining, ориентированных уже на недоступные для человека логические последовательности, до искусственного интеллекта с присущими ему методами самообучения (искусственные нейронные сети, глубинное/теневое обучение). Вопрос включения перечисленных технологий анализа в CPS спорен, для реализации типового техпроцесса они избыточны, но, с другой стороны, управление изменениями в этих процессах без них невозможно. Исполнительным органом в системе может быть человек или машина: машина – это робот или станок, здесь взаимодействие строится на базе технологий M2M, сейчас такие задачи эффективно решаются машинным обучением. Человек в CPS избыточен, хотя взаимодействие с цифровым миром на этом уровне и не представляет затруднений и строится на основе традиционных интерфейсов или решений VR, AR, MR (виртуальная, дополненная, смешанная реальность), тем не менее этот уровень в техносфере CPS уже не входит.

Фабрика будущего

Фабрика будущего (factory of the future) – обобщенное описание организации производственных предприятий в будущем. Поиск оптимального набора постоянно эво-

люционирующих технологических и цифровых решений определяет состав и соподчинение существующих и перспективных технологий, что делает саму концепцию достаточно размытой. Даже основные формации, возникшие в разные периоды эволюции общей концепции, – цифровые, виртуальные, «умные» фабрики – не имеют четких границ и представляются либо как массивы взаимоувязанных технологий (в предложенном ниже варианте), либо как этапы развития, либо определяются по охвату производственно-управленческих функций. Сочетание двух последних представлено в отечественном Технете.

В терминологии Технета цифровая фабрика (digital factory) представлена первым этапом трансформации производств в фабрику будущего, охватывающим стадии проектирования и планирования изделий и производства с приоритетом технологий цифрового моделирования. «Умная» фабрика (smart factory) – второй этап, принимающий технологии предыдущего периода, но концентрирующийся на организации гибкого серийного производства, технологиях автоматизации и роботизации и построения сенсорной инфраструктуры. Виртуальная фабрика – суммарная система, включающая технологии и «умных», и цифровых заводов, но делающая акцент на создании распределенной сети производств, использующих в виде единого объекта виртуальную модель всех организационных, технологических, логистических и прочих процессов на уровне глобальных цепочек поставок. При этом в качестве базовых определяются не технологии «Интернета вещей» или цифровых двойников, подходы Agile или PLM-системы, а информационные системы ERP (планирование ресурсов предприятия), CRM (управление взаимоотношениями с заказчиками) и SCM (управление цепочками поставок), что имеет смысл для этапов эксплуатации и обслуживания, выделенных в качестве основных, но с технической точки зрения упомянутые системы должны уже функционировать.

В предложенной ниже интерпретации цифровой завод – это сквозная цифровизация отдельного предприятия; «умная» фабрика – построение киберфизической производственной системы на этом отдельном предприятии; виртуальная фабрика – масштабирование этой системы уже на уровень нескольких предприятий, в другой терминологии – «Индустрия 4.0».

Цифровая фабрика/завод

Цифровая фабрика/завод (digital factory) – одно из видений концепции «Фабрики будущего», приоритет в которых отводится операциям, основанным на цифровом проектировании, дизайне и моделировании продуктов и производственных процессов на всем протяжении их жизненного цикла. Система основана на автоматизированном проектировании (САПР) и программных продуктах группы САх (CAD, CAE, CAM), цифровом BIM-моделировании продуктов, процессов, производственной и инженерной инфраструктуры предприятия. Аппаратная часть системы здесь подчиняется задачам цифровизации производственных и технологических процессов, поэтому нацелена

на построение сенсорной инфраструктуры и цифровых двойников на уровне всего предприятия, его процессов и продукции.

С точки зрения эволюции производственных систем цифровой завод является переходным состоянием между традиционным заводом и «умной» фабрикой. Однако если принять во внимание существующую в современной полупроводниковой отрасли модель Fabless, где проектирование и серийное производство интегральных схем разделено между самостоятельными компаниями, то в подобной системе цифровые фабрики могут выступать в роли самодостаточной производственной единицы, ориентированной на проектирование и выпуск мелко-серийной продукции. В данном контексте обоснованно распространенное определение цифрового завода как самодостаточной системы, дополненной такими компонентами, как станки с ЧПУ и 3D-принтеры на аппаратном уровне. В свою очередь на программном уровне – это функционирующие системы PDM (обеспечивают управление всей информацией об изделии) и PLM (поддерживают коллективную разработку, управление, распространение и использование информации об изделии на протяжении всего его жизненного цикла).

«Умная» фабрика

«Умная» фабрика (smart factory) – организация производственной системы на базе цифровых средств сквозного управления автоматизированными технологическими, инженерными и производственными процессами, включая робототехнические комплексы на аппаратном уровне, а на уровне программного обеспечения – системы управления класса PLM, ERP, MES (системы автоматизации оперативного управления производственными заказами, качеством продукции, контроля производительности оборудования) или BPMS (системы управления бизнес-процессами для автоматизации производственных операций, обслуживания оборудования, контроля качества, инжиниринга, складских операций и т. п.). Если цифровой завод ориентирован на создание цифровой или киберсистемы, то «умная» фабрика – это уже организация киберфизической системы, то есть системы, объединяющей в единой среде программный и аппаратный комплекс. В зависимости от уровня автоматизации функционал «умной» фабрики может варьироваться от гибкого производства с приоритетом быстрой перенастройки производственных систем на выпуск другой продукции или мелкосерийных кастомизированных продуктов до «безлюдного» производства, исключающего человеческий труд в производственном цикле (человек занимается только мониторингом и обслуживанием системы). Технет рассматривает «умную» фабрику как продолжение цифровой на уровне наладки технологических линий и организации серийного производства, но с точки зрения проектирования таких объектов оба процесса настолько взаимосвязаны, что их разделение приводит только к путанице. Например, внедрение аналитических ресурсов системы – Big Data, предиктивная аналитика, искусственный интеллект –

должно быть предусмотрено еще на уровне организации цифровой фабрики, хотя их полноценное использование характерно для «умной» фабрики. Напротив, без учета аппаратного уровня автоматизации и роботизации предприятия, состава технологических линий, которые в классическом понимании не актуальны для цифровой фабрики, построение необходимых для этой системы цифровых двойников на уровне технологических процессов или инженерной инфраструктуры невозможно.

Виртуальная фабрика

Виртуальная фабрика (virtual factory) – имитационная модель сети цифровых и «умных» фабрик, в которую также включены поставщики услуг/компонентов на входе и автоматизированные процессы дистрибуции и логистики, сбыта и обслуживания продукции, организации потоков обратной информации на выходе. Увеличение добавленной стоимости через управление цепочками поставок и распределенными производственными активами, а также посредством оптимизации каналов распространения продукции здесь является определяющей характеристикой. Модель виртуальной фабрики акцентирует вопросы сетевого планирования и управления производственными процессами с помощью корпоративных программных продуктов ERP, PLM, MES, но не на уровне предприятия, а на уровне сети предприятий, поставщиков и прочих контрагентов. С практической точки зрения все обозначенные программные решения, необходимые для функционирования виртуальной фабрики, должны работать еще на уровне цифрового завода. Тогда же обеспечивается и работа сегментов обмена данными посредством IIoT, облачного хранения данных; интерфейсов взаимодействия между машинами и человеком. По сути, виртуальная фабрика – это сетевое масштабирование фабрики будущего.

Заключение

Можно заметить некоторое несоответствие между направленностью «Индустрии 4.0» и киберфизических систем на полное устранение человеческого фактора из производства и массой сугубо антропоцентричных программных средств автоматизации (ERP, PLM, MES...), используемых в переходных структурных единицах, от цифровых до виртуальных фабрик. Вероятно, это обусловлено попыткой практического внедрения концепции на базе существующих и уже достаточно хорошо зарекомендовавших себя решений, но в любом случае доля искусственного интеллекта будет постоянно расти, постепенно вытесняя актуальные для нашего времени средства автоматизации. Тем не менее, чтобы прийти к полностью автоматизированной промышленности уже сегодня, необходимо внедрять доступные решения, проектировать свои «умные» и «темные» фабрики (lights out/dark factory – полностью автономные заводы, которые в отсутствие людей не требуют освещения), примеры которых уже довольно давно присутствуют в мировой индустрии и дают отличные показатели конкурентоспособности.

controleng.ru

ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТИЗАЦИЯ В 2021 ГОДУ

2010-е годы стали временем трехкратного увеличения числа промышленных роботов на планете. По оценкам недавнего доклада IFR, Всемирной федерации робототехники, в 2010 году их количество на планете составляло 1059 тысяч, тогда как в 2020 году оно достигло показателя в 3015 тысяч.

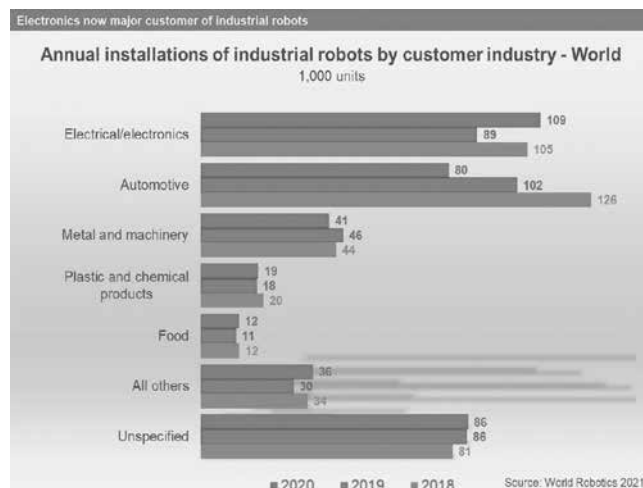
■ **АЛЕКСЕЙ КОСТЕНКОВ**

Три миллиона промышленных роботов в настоящее время трудятся вместо людей-рабочих, и их число продолжает расти. Правда, 2019 год стал временем некоторого отката назад по количеству новых устройств. Оно упало с до сих пор непревзойдённых 422 тысяч в 2018 году до 382 тысяч. И 2020 год с 384 тысячами показал лишь небольшой восстановительный рост.

Это стало следствием двух факторов. Из крупнейших можно, во-первых, назвать начавшееся при администрации Трампа торговое и политическое противостояние США с КНР с разрывом торговых связей и промышленных цепочек, усугубленное ростом политической и военной напряжённости между Пекином и озабоченными его амбициями соседями.

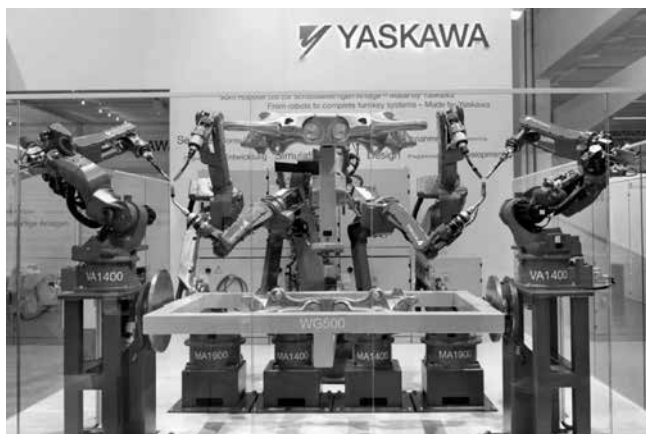
Существенный отрицательный вклад в рост роботизации мировой промышленности внесло и сокращение производства автомобилей. В 2018 году оно упало на 1,7%, а в 2019 – уже на целых 5,2%. Если в том же 2018 году мировая автопромышленность получила 126 тысяч новых индустриальных роботов, то в 2020-м – лишь 80 тысяч. Если до 2020 года автомобильная промышленность была главным мировым потребителем новых индустриальных роботов, то с прошлого года её уверенно обошла электронная промышленность.

Впрочем, не всё так плохо. Уже в ближайшие три года эксперты Всемирной федерации робототехники предсказывают резкий рост. О том же говорят громкие публикации этой осени в мировой прессе.



Пока же пройдемся по конкретным странам. По ряду показателей в открытом доступе пока есть только данные за 2019 год, потому что далее данные IFR будут приводиться по состоянию на 2020 и 2019 годы.

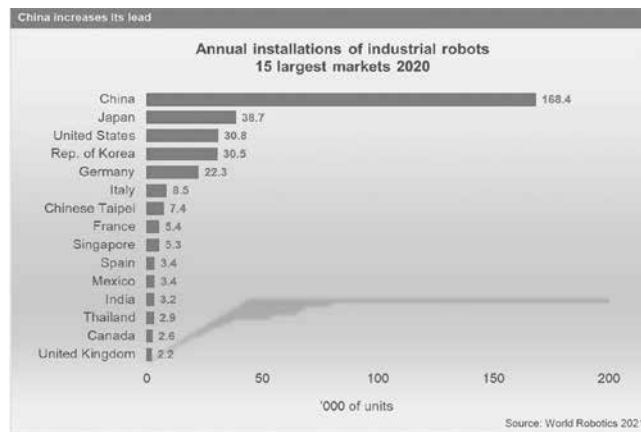




Япония, несмотря на свои экономические сложности и «три потерянных десятилетия», остаётся бессменным глобальным лидером по производству промышленных роботов. 47% мирового производства обеспечивается именно японскими компаниями: более 175 тысяч устройств. В год японцы производят половину от собственного парка промышленных роботов в 355 тысяч единиц на 2019 год. Большая часть их идёт на экспорт в Китай, США, Южную Корею и другие страны. Впрочем, велик и собственный рынок: в 2020 году по числу новых установленных роботов японская индустрия уступила лишь китайской, получив 38,7 тысяч устройств.

Второе место по производству промышленных роботов занимает КНР с очень большим отрывом от японцев: страна восходящего солнца в 2019 году произвела более чем в 4 раза больше роботов, чем Поднебесная, изготовившая около 41 тысячи устройств. При этом с ростом собственного производства в КНР всё обстоит не очень хорошо, годы прироста сменяются падениями. Зато поражают темпы закупок промышленных роботов китайскими производителями: более 168 тысяч. В основном японских, невзирая на растущую политическую и военную напряжённость между двумя странами. Парк работающих устройств в КНР на 2019 год с 783 тысячами промышленными роботами уже более чем двукратно превосходил японский.

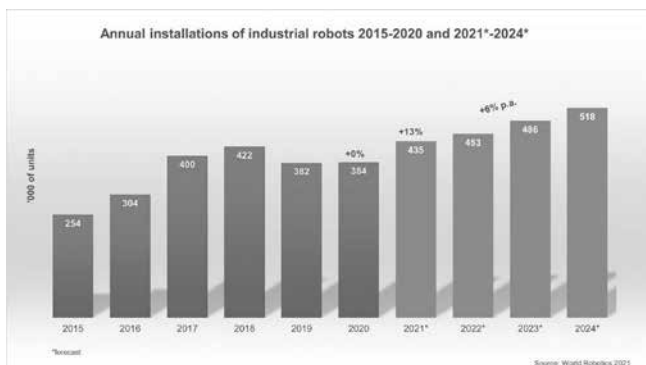
Третье место по производству роботов для промышленности занимает Германия. Их число в 2019 году, 21,7 тысяч, было почти двукратно меньше китайского. Зато немцы в значительной степени покрывают потребности своей промышленности: в 2020 году она закупила 22,3 тысячи устройств, оказавшись по этому показателю на пятом



месте в мире. Парк промышленных роботов Германии на 2019 год составлял 221,5 тысячи: также пятая позиция в мире. Ну а в рамках ЕС Германия является безусловным лидером и локомотивом промышленной роботизации: по объёмам новых устройств за ними в 2020 году с солидным отрывом следовали итальянцы (8,5 тысяч), французы (5,4 тысяч) и испанцы (3,4 тысячи).

На четвёртом месте – Южная Корея. В 2019 году она произвела 16,7 тысяч промышленных роботов при третьем промышленном роботопарке в мире: 319 тысяч машин, большей частью японских. По закупкам новых устройств они также четвёртые: в 2020 году они вновь немного уступили США третью позицию, закупив 30,5 тысяч промышленных роботов. Зато южные корейцы являются безусловным мировым лидером по такому показателю, как уровень роботизации в пересчёте на трудящихся. На 10 000 работающих людей она в 2020 году имела уже 932 промышленных робота. Это почти в три раза больше, чем в Германии и Японии, и почти в 4, чем в КНР и США. По этому показателю она как раз в этом году обошла предыдущего лидера, город-государство Сингапур, и уходит в дальнейший отрыв.

А вот у США с производством промышленных роботов всё очень плохо. Несмотря на огромную потребность и ёмкость рынка, сколько-то заметных количествах собственного производства попросту не существует. Их число за незначительностью не смогли установить даже эксперты Всемирной федерации робототехники. Зато американцы массово закупают японских, южнокорейских и в некоторой степени немецких роботов, став в 2020 году с 30,8 тысячами третьими по числу новых установленных





устройств. Парк уже установленных промышленных роботов в США составил в 2019 году 293 тысячи: четвертое место после КНР, Японии и Южной Кореи.

Уже в 2021 году эксперты IFR ожидают резкого роста объемов производства и числа закупок новых промышленных роботов: процесс подстёгивают и пандемия коронавируса, и восстановительный рост мировой экономики после её удара, и планы ЕС и США развернуть собственное производство электронных комплектующих на фоне проблем в отношениях с КНР.

В эту же сторону «дует ветер» того, что называют процессом решоринга. Рынок сверхдешёвой рабочей силы в КНР в частности, и Восточной и Юго-Восточной Азии в целом, уже становится достоянием истории. Рабочие Китая уже не готовы вкалывать 24/7 «за еду», как было в 90-е. Зато промышленные роботы становятся всё совершеннее и доступнее для предприятий. Если в конце XX века корпорациям было крайне выгодно выносить сборку в Азию и закрывать заводы в США и Европе с их высокими зарплатами для рабочих – то теперь выгодным становится развёртывать роботизированные производства в наиболее развитых и богатых странах, поближе к потребителям. Торговые и политические трения США с КНР на фоне растущей угрозы войн вокруг Тайваня, Южно-Китайского моря, китайско-индийской границы, этот процесс только подстёгивают.

По оценкам IFR, уже в заканчивающемся году мировой рынок с ростом сразу на 13% получит 435 тысяч новых устройств. В последующие годы ожидается средний при-

рост около 6% с выходом мирового парка за полмиллиона уже в 2024 году.

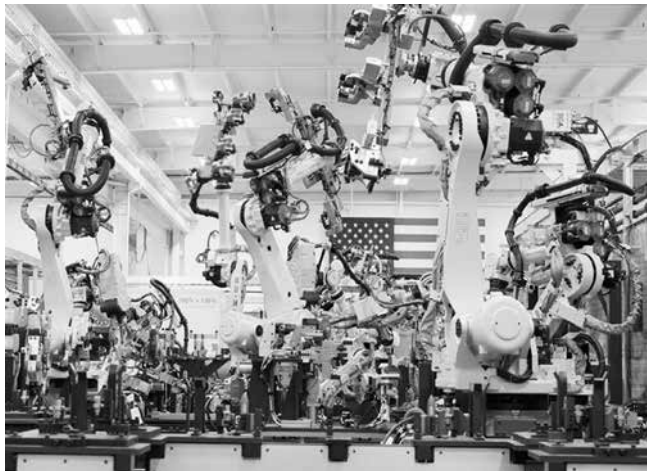
При этом в США количество заказов промышленных роботов за первые три квартала 2021 года, 29 тысяч, оказалось уже на 37% больше, чем за аналогичный период в прошлом году. Даже заказы падающей автомобильной промышленности у американцев выросли за этот период на 20%. А за её пределами рост и вовсе составил 53%.

Для американской промышленности, которую яростно закрывали в конце XX века из-за большей рентабельности сборки в Китае, при попытках развёртывать новые собственные производства оказывается проблемой найти высококвалифицированных промышленных рабочих.

Роботы оказываются для американских корпораций таким же спасением, как ранее дешёвые китайские пролетарии. «Предприятия не могут найти нужных им людей – и потому спешат автоматизировать производства», – прямо говорит Джефф Бернштейн, президент американской Ассоциации по продвижению автоматизации. Роботизация производств позволяет делать их круглосуточными без повышенной оплаты ночных смен рабочим – что тоже очень нравится корпорациям.

Похожие процессы, пусть и меньшими темпами, идут и в странах ЕС. При этом отметим, что по показателю уровня роботизации на 10000 работающих людей на пятом месте в мире – после Южной Кореи, Сингапура, Японии и Германии – оказывается Швеция. Очень малые

размеры населения и рабочей силы на фоне других стран Европы ещё в начале XX века сподвигли её делать ставку на качество, инновации и работу на экспорт, и массовая роботизация выглядит логичным шагом на этом пути.



Но рост роботизации в Азии по прогнозам экспертов IFR ожидается самым впечатляющим. По их оценкам, если в 2020 году количество новых промышленных роботов в Азии составило 266 тысяч, то к 2024 году оно достигнет 370 тысяч. И этот процесс в обозримом будущем будет продолжаться, прежде всего, за счёт КНР, Японии и Южной Кореи.



Всё это продолжит нарастающими темпами сокращать потребности мировой промышленности в рабочих-людях, что окажет сложные и противоречивые эффекты и на экономику, и на общество, и на политическую жизнь. В XIX веке индустриализация, совершенствование аграрных технологий и демографический взрыв вытолкнули население на 90% аграрного мира в города, породив непредставимые ранее изменения всех аспектов человеческой жизни.

Что нам принесёт XXI столетие, которое определено станет веком массовой роботизации и автоматизации, замены рабочих мест машинами – и далеко не только в промышленности – покажет время.

habr.com

НАНОАНТЕННЫ МОГУТ ОБЕСПЕЧИТЬ БЕЗОПАСНЫЕ КАНТОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ

Информация в компьютерах кодируется последовательностью 1 и 0, что реализуется при помощи достаточно простых электронных методов. Квантовая же информация передается при помощи более сложных явлений, таких, как поляризация фотонов света или спин электрона, и для обеспечения передачи квантовой информации на большие расстояния требуются, соответственно, более сложные методы.

В качестве устройств, которые способны хранить и передавать квантовую информацию и которые могут стать основой будущих квантовых ретрансляторов, рассматриваются так называемые квантовые точки, микроскопические устройства из полупроводниковых материалов. Но практическое использование квантовых точек в этих целях еще далеко от области практического применения из-за крайне низкой эффективности преобразования квантовой информации, заключенной в фотонах, в информацию, заключенную в электронах. Но группе исследователей из университета Осаки удалось увеличить эффективность при помощи металлической наноструктуры, своего рода наноантенны, что в теории может существенно облегчить создание квантовых коммуникационных систем и систем распределенной обработки квантовой информации.

Разработана наноантенна, состоящая из череды крошечных концентрических золотых колец, своего рода плоскую нанолинзу Френелли, которая позволяет фокусировать свет на единственной квантовой точке. Это, в свою очередь, позволяет получить электрический сигнал, который поддается считыванию, усилению и дальнейшей обработке.

За счет использования наноантенны исследователи добились девятикратного увеличения процесса поглощения фотонов квантовой точкой. Появление избыточных электронов уже дало минимально допустимое напряжение, некоторые параметры которого были отражением квантовой информации, заключенной в фотонах.

После проведения модернизации технологии наноантенн, появится нанофотонное устройство, которое может стать основой будущих квантовых коммуникационных сетей и вычислительных устройств. И, вполне вероятно, что технологии, построенные на подобных принципах, позволят нам в будущем с легкостью манипулировать такими абстрактными физическими понятиями, как квантовая запутанность и состояние квантовой суперпозиции.

dailytechinfo.org

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА DSS

В статье описаны принцип и преимущества технологии динамического перераспределения частотного спектра. Рассмотрены перспективы ее применения в сетях 5G. Особое внимание уделено вопросу синхронизации.

■ **ДМИТРИЙ КОПЫЛОВ**, инженер

Технологии динамического перераспределения частотного спектра DSS (dynamic spectrum sharing) могут принести большую выгоду операторам мобильных сетей, открыв путь к сетям 5G без реорганизации спектра LTE или покупки спектра 5G. применение технологии DSS возможно с помощью программного обновления на существующих базовых станциях.

Суть концепции 5G заключается в обеспечении одной сети для поддержки разных сценариев, к которым относится расширенная мобильная широкополосная связь (enhanced mobile broadband, eMBB), массовые машинные коммуникации (massive machine-type communications, mMTC) и предоставление высоконадежного соединения с очень низкой задержкой передачи данных (ultra-reliable ultra-low latency communications, URLLC). В этих сценариях используются разные динамические диапазоны:

- низкие частоты для широкомасштабных сетей;
- средние частоты для расширения емкости сети;
- высокие частоты для обеспечения предельной емкости.

Однако в большинстве сетей 5G используются только средние и высокие частоты, и сервисы 5G соперничают друг с другом за доступ в городской среде, а также за возможность работать внутри помещений без использования низких частот.

Развертываемые в настоящее время сети 5G в первом частотном диапазоне (frequency range 1, FR1) работают в полосе 3,5 гГц, хотя иногда частоты гораздо ниже – около 700 мГц.

Некоторые операторы свернули старые сети и реорганизовали освободившиеся частоты под LTE, однако многие компании все еще обслуживают сети 2G и 3G для работы с устаревшей техникой, а также голосовые коммутируемые сети. В результате возникает нехватка спектра для развертывания 5G на этих частотах. реорганизация спектра LTE под технологию радиодоступа для сетей подвижной связи 5-го поколения (new radio, 5G NR) не является целесообразной, поскольку большая часть потока данных в ближайшие годы пойдет по LTE. с этой точки зрения технология DSS является очень перспективной, т. к. она позволяет разворачивать сети 5G в существующих полосах 4G без реорганизации несущих и с минимальным влиянием на используемые в настоящее время сервисы.

Технология DSS обеспечивает одновременную работу сетей LTE и NR на одной несущей. при этом устройства LTE и NR имеют доступ к полной полосе пропускания. ресурсы распределяются динамически между двумя передатчиками в соответствии с запросами и во временной, и

в частотной области. операторы связи могут подстроить запросы по трафику. кроме того, технология DSS реализуется с помощью обновления программного обеспечения. несмотря на усложнение процедуры планирования задач, перечисленные преимущества выгодно отличают технологию DSS от других (см. рисунок 1).

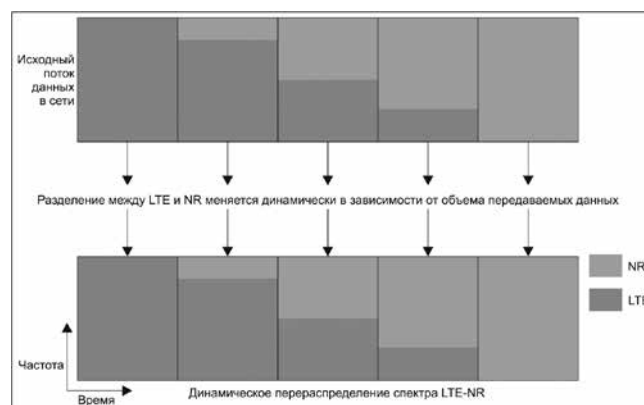


Рисунок 1 – Концепция динамического перераспределения частотного спектра, обеспечивающая совместную работу сетей LTE и NR

Реализация DSS

Обратная совместимость является фундаментальным свойством технологии DSS. поскольку в настоящее время используется большое количество устройств LTE, желательно избежать в них изменений. соответственно, устройства NR должны быть адаптированы для совместного использования спектра.

При передаче LTE поднесущие разносят на интервалы 15 кГц, а в NR используются интервалы 15 или 30 кГц. изначально в DSS также использовались интервалы 15 кГц. сигналы NR ортогональны сигналам LTE при разнесении поднесущих на 15 кГц, поскольку используется одна и та же частотно-временная область. при интервалах 30 кГц этого не происходит, хотя сети по-прежнему используют одни и те же частотно-временные ресурсы с точки зрения сети. оборудование пользователя декодирует комбинированную передачу по LTE и NR; при этом устаревшие устройства LTE декодируют сигнал LTE, а устройства NR – сигнал NR. Устройство, поддерживающее оба стандарта, должно одновременно декодировать оба сигнала.

При разнесении поднесущих на 30 кГц NR занимает в два раза больше частот, чем полоса пропускания, но в течение половины длительности во временной области. из-за смешанных численных данных возникает интерференция, и ортогональность нарушается. Во избежание

помех используются защитные интервалы в частотной области. Для разделения двух потоков во временной области применяется мультиплексирование по времени (см. рисунок 2).

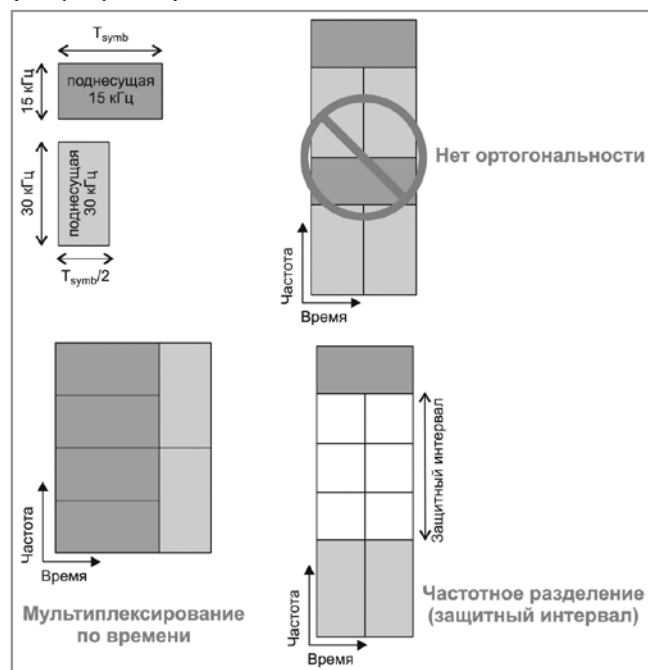


Рисунок 2 – Использование защитного интервала или временного мультиплексирования для предотвращения интерференции в системах DSS 5G NR с разнесением поднесущих на 30 кГц

На физическом уровне в DSS применяются два подхода:

- согласование скоростей;
- одночастотные сети многоадресной широкополосной передачи (multicast broadcast single frequency network, MBSFN).

Согласование скоростей подразумевает использование ресурсных элементов, которые передают постоянно включенный сигнал LTE. Это распространенный подход для передачи NR с разнесением несущих на 15 кГц. подкадры MBSFN часто применяются при передаче синхроблоков в сетях NR, а также для передачи данных в сетях NR с разнесением поднесущих на 30 кГц. они могут использоваться и для других целей, например для передачи периодических сигналов.

Согласование скоростей используется в NR на физическом уровне для передачи по общему каналу в нисходящем направлении (PDSCH) по образцу, определенному в стандартах 3GPP (см. табл.). при этом опорный демодулирующий сигнал (DMRS) не согласован по скорости. оборудование пользователя имеет информацию о том, в каких ресурсных элементах содержится опорный сигнал ячейки сети LTE (cell-specific reference signal, CRS), и оно игнорирует эти элементы при декодировании NR PDSCH.

Несущие частоты и информация о полосе пропускания могут сосуществовать в LTE-канале. конфигурационный подкадр LTE и MBSFN содержит информацию о подка-

драх LTE, настроенных как MBSFN. Это влияет на набор символов OFDM, в которых передается опорный сигнал CRS. количество антенных входов LTE CRS также влияет на количество символов OFDM, которые содержат CRS, и ресурсные элементы в частотной области. параметр v-Shift обеспечивает точное расположение сигнала LTE CRS в частотной области.

Шаблон согласования скоростей LTE-CRS	Описание
Частота несущей при нисходящей передаче	0–16383
Полоса несущей при нисходящей передаче	n6, n15, n25, n50, n75, n100
Список настроек подкадра MBSFN	1–8 фрагментов описания EUTRA-MBSFN-SubframeConfig
Количество входов CRS	n1, n2, n4
Значение v-Shift	n0, n1, n2, n3, n4, n5

Таблица – Формат передачи информации согласно требованиям 3GPP TS 38.214 и TS 38.331

Шаблон согласования скоростей в 5G Release 15 предусматривает сети LTE с одной несущей, и перераспределение частотного спектра DSS может выполняться только в рамках одной несущей, что ограничивает полосу NR 20 мГц. при согласовании сигнала синхронизации и физического канала вещания (synchronization signal/physical broadcast channel, SS/PBCH) интервал разнесения поднесущих зависит от рабочей полосы NR. на частотах FR1, в основном, используются интервалы 15 кГц, но из-за коллизий не представляется возможным задействовать обычные подкадры LTE – приходится применять MBSFN. В подкадре MBSFN умещается до двух сигналов синхронизации SSB, потому что в нем не осуществляется передача CRS. однако не все сигналы синхронизации можно разместить в рамках одного подкадра MBSFN, поскольку расположение SSB фиксировано по времени.

Таким образом, для передачи DSS имеют значение не только согласование скоростей, но и подкадры MBSFN. один подход используется для передачи данных, другой – для передачи синхронизирующего сигнала SSB (см. рисунок 3).

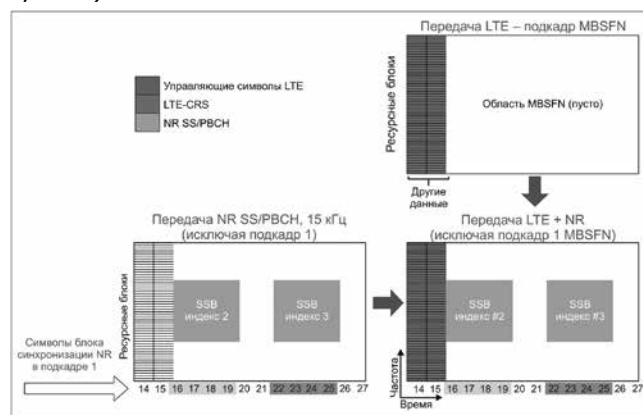


Рисунок 3 – Подкадр MBSFN для передачи сигнала синхронизации DSS

Что касается управляющего физического канала передачи в нисходящем направлении в NR (physical

downlink control channel, PDCCH), то в нем недопустимы коллизии между опорным сигналом LTE и управляющими каналами.

Символ 2 представляет собой первый символ, который можно использовать для передачи NR PDCCH из-за наличия управляющего домена LTE и в подкадре LTE, и в подкадре MBSFN. однако сети 5G позволяют передавать PDCCH в любом символе, который не накладывается на LTE CRS.

В восходящем направлении для DSS проводится смещение половины поднесущей, т. е. для LTE это значение составляет 7,5 кГц, поскольку необходимо избежать поднесущей нулевой частоты (DC subcarrier). однако в NR по-прежнему используется эта поднесущая для передачи в восходящем направлении, т. к. не все оборудование NR поддерживает смещение несущей. Это нарушение ортогональности LTE и NR исправлено в новой версии NR (см. рисунок 4).

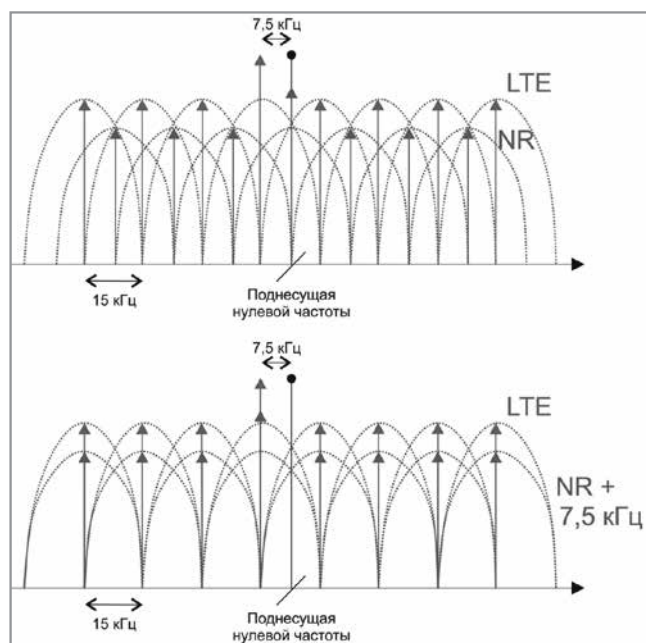


Рисунок 4 – Новая версия NR подразумевает смещение на 7,5 кГц при передаче в восходящем направлении

Синхронизация и ошибки DSS

Одним из ключевых аспектов при измерении параметров DSS является синхронизация в системах 4G и 5G. они должны работать синхронно и в частотной, и во временной области, иначе блоки рассогласуются. Во-вторых, необходима высокая скорость координации между планировщиками пакетов LTE и NR для динамического перераспределения ресурсов. следует избегать использования одних и тех же ресурсов, чтобы не произошло ошибки при дешифрации в оборудовании пользователя.

Заметим, что DSS добавляет альтернативные точки опорного демодулирующего сигнала DMRS при передаче в нисходящем канале (DSCH): DMRS переносится с символа 11 на символ 12, чтобы избежать коллизий

с последовательностью LTE CRS, которая содержится в символе 11. Во избежание ошибок терминал пользователя должен оповестить сеть, что он поддерживает использование символа 12 для DMRS. с точки зрения проведения измерений синхронизация между системами LTE и NR является основополагающим фактором. Выборка сигналов и измерения в лабораторных условиях должны осуществляться строго в одни и те же моменты времени. Далее проводятся испытания в реальных условиях.

При испытаниях передатчика DSS следует удостовериться, что сигналы LTE и NR можно отделить от объединенного сигнала. Важно также проверить работоспособность существующих устройств LTE. наконец, необходимо удостовериться, что передача SS/PBCH в подкадрах MBSFN проводится успешно и согласование скоростей в NR PDSCH выполнено корректно. проверка величины вектора ошибки (error vector magnitude, EVM) и циклическая проверка избыточности (cyclic redundancy check, CRC) позволяют судить о качестве физического уровня передачи.

Особенности DSS 3GPP Release 16

Хотя использование динамического перераспределения частотного спектра DSS предполагает некоторые сложности, оно обеспечивает серьезные преимущества в использовании имеющегося спектра. обратная совместимость с существующими устройствами LTE гарантирует, что пользователи LTE не столкнутся с ухудшением качества предоставления услуг.

Стандарты 3GPP продолжают развиваться. В Release 16 будет оптимизировано использование ресурсов для DSS. Длина NR PDSCH Type B увеличится с 7 до 9 или 10 символов, шаблоны DMRS предотвратят коллизии с символами, содержащими LTE-CRS. принципы согласования скоростей LTE-CRS будут применимы к нескольким несущим LTE, что позволит проводить широкополосную передачу 5G NR с наложением на несущие LTE. Это сделает принцип динамического перераспределения частотного спектра еще более перспективным.

elcomdesign.ru



поставка электронных компонентов

контрактное производство

+375 17 317-92-95

+375 17 317-92-98

e-mail: info@horntrade.net

УНП 190491237

ОСОБЕННОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА USB TYPE-C

Наличие интерфейса USB Type-C оказывает большое влияние на тестирование и проверку устройств, в которых он установлен. Считать, что необходимость тестирования этого интерфейса не потребует серьезных изменений в имеющейся контрольно-измерительной системе, неправильно и опасно.

■ **ЭРИК БАББЕ (ERIK BABBÉ)**

Технологии развиваются все быстрее, и победу одерживает тот, кто умеет опережать конкурентов. Сокращение продолжительности всех циклов разработки означает, что каждый ее этап, включая тестирование и проверку, становится все более ответственным для обеспечения своевременного вывода продуктов на рынок. А поскольку потребность в ускоренном выходе на рынок растет, то новые технологии, такие как USB Type-C, только усложняют тестирование. Понимание особенностей этого интерфейса помогает определить, какие дополнительные тесты следует провести и какие приборы и тестовые оснастки для этого понадобятся. В случае ошибки такое тестирование может затянуться на месяцы, а убытки будут исчисляться миллионами. А если устройство не сможет пройти тестирование по методикам Форума по внедрению USB (USB-IF), то убытки и задержки будут еще больше.

Краткая информация о разъеме USB Type-C

На рисунок 1 показан многофункциональный 24-контактный разъем USB Type-C. Контакты питания VBUS и GND рассчитаны на ток до 5 А, напряжение до 20 В и мощность до 100 Вт. Четыре дифференциальные линии передачи/приема (TX/RX) позволяют передавать данные по одному, двум или всем четырем каналам со скоростью до 20 Гбит/с на линию. Конфигурационные линии CC1 и CC2 выполняют три функции: определение ориентации разъема, управление мощностью питания, подаваемой через кабель, и выбор канала для подачи питания. Вспомогательные (sideband) контакты SBU1 и SBU2 ис-

пользуются для соединения по протоколам, отличным от USB, – например, для передачи аудиосигналов левого и правого канала. Дифференциальные пары USB 2.0 (D+, D–) могут использоваться как для передачи данных в стандартном режиме USB 2.0, так и в качестве дополнительной линии передачи информации для функции подачи питания Power Delivery. Контакты D+ расположены так, что при установке вилки в розетку они соединяются. То же самое касается и контактов D–.

Технология USB Power Delivery (PD) динамически управляет передачей мощности, регулирует напряжение и ток, а также устанавливает статус «источник» (Source) и «потребитель» (Sink) для всех подключаемых устройств. Устройства могут запрашивать нужную им мощность и даже получать ее дополнительно, когда этого требует определенное приложение. Поскольку PD предусматривает подачу питания в обоих направлениях, то устройство-потребитель может стать источником питания для других устройств. PD также обеспечивает поддержку интерфейсом USB Type-C других стандартов через альтернативный режим, таких как DisplayPort (DP) или Thunderbolt (TBT).

Проблемы тестирования USB Type-C и пути их решения

При замене 4-контактных разъемов USB Type A/B на 24-контактные USB Type-C инженеры-проектировщики сталкиваются с рядом проблем, связанных с тестированием. Интерфейс USB Type-C обладает конструктивными



Рисунок 1 – Назначение выводов 24-контактного разъема USB Type-C

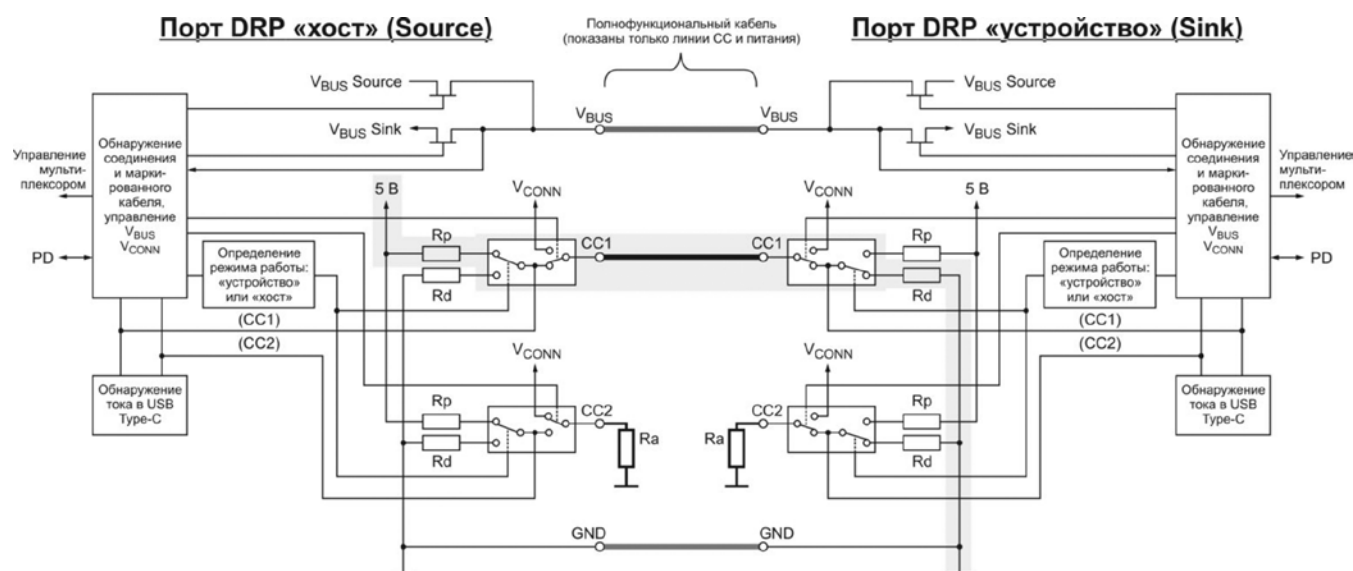


Рисунок 2 – Полнофункциональная реализация USB Type-C

особенностями, устраняющими проблемы, свойственные USB Type A/B. Он также предлагает больше функций и возможностей для поддерживающих его устройств. Поэтому понимание проблем тестирования и способов их решения поможет успешному внедрению USB Type-C в различные приборы.

Технология USB Power Delivery

Способность USB Power Delivery передавать большую мощность, наличие нескольких стандартных профилей по питанию в сочетании с дополнительными проблемами, связанными с развитием спецификаций USB 2.0, USB 3.1 Gen 1 и Gen 2, а также обеспечением соответствия спецификации USB PD, делают тестирование устройства USB Type-C значительно более сложным, чем тестирование традиционного интерфейса USB. Основными задачами тестирования на соответствие стандартам являются проверка характеристик питания, а также физического уровня и уровня протоколов. При тестировании следует оценивать такие аспекты, как различные уровни напряжения, зарядка устройства, функционал кабеля и определение статуса «источник» или «потребитель».

На рисунке 2 показаны хост-порт USB и порт устройства USB в качестве портов DRP (Dual Role – «двойная роль»). В интерфейсе USB Type-C они могут меняться ролями. Состоянием порта DRP, независимо от того, действует ли он в качестве хост-порта или порта устройства, управляет линия CC, входящая в инфраструктуру PD. Отладка протокола PD является одной из сложнейших задач, поскольку для ее решения требуется непосредственный доступ к линиям CC и сигналу V_{BUS}. USB PD имеет ряд стандартных комбинаций уровней напряжения и тока, которые устройства могут выбирать для работы, поэтому важно протестировать решение со всеми этими уровнями.

Примерная схема тестирования физического уровня устройства включает осциллограф, пробники, токовый пробник, программное обеспечение протокола USB PD,

контрольный образец и тестовые оснастки, контроллер PD. Для скорости передачи, соответствующей частоте 300 кГц, рекомендуется использовать осциллограф Keysight Infiniium с полосой пропускания от 500 МГц и с большой длиной записи, позволяющей захватывать весь пакет. Хотя исследуются в основном сигналы постоянного тока, большинство из них обладает характеристиками переменного тока, в силу чего осциллограф должен обладать соответствующей полосой пропускания. Для изучения переходных процессов при анализе сигнала питания 5 В постоянного тока рекомендуется применить смещение пробника, компенсирующее постоянное смещение этого сигнала, поскольку если использовать вход со связью по переменному току, то вместе с постоянным смещением будут подавлены низкочастотные составляющие сигнала.

Передача/прием (TX/RX)

Спецификация USB Type-C вызвала появление множества новых проблем тестирования передатчиков (TX) и приемников (RX). Для успешного тестирования передатчика нужно иметь возможность быстро и точно измерять основные характеристики глазковой диаграммы передаваемого сигнала, временные параметры передачи данных с ШИМ-модуляцией на основе низкочастотных периодических сигналов LFPS и LBPM, профиль передаваемой тактовой частоты с распределенным спектром, сигналы SCD, а также компенсировать предискажения и отрицательные выбросы. При тестировании приемника ключевыми моментами являются гибкая генерация сигнала и обнаружение битовых ошибок.

Для проверки приемников и передатчиков на соответствие стандартам требуется формирование специальных последовательностей тестовых сигналов, в то время как измерения выполняются с помощью ПО SigTest [1]. Каждый такой тест представляет собой отдельную проблему. Испытания на соответствие требованиям USB-IF предполагают тестирование при различных условиях зарядки и

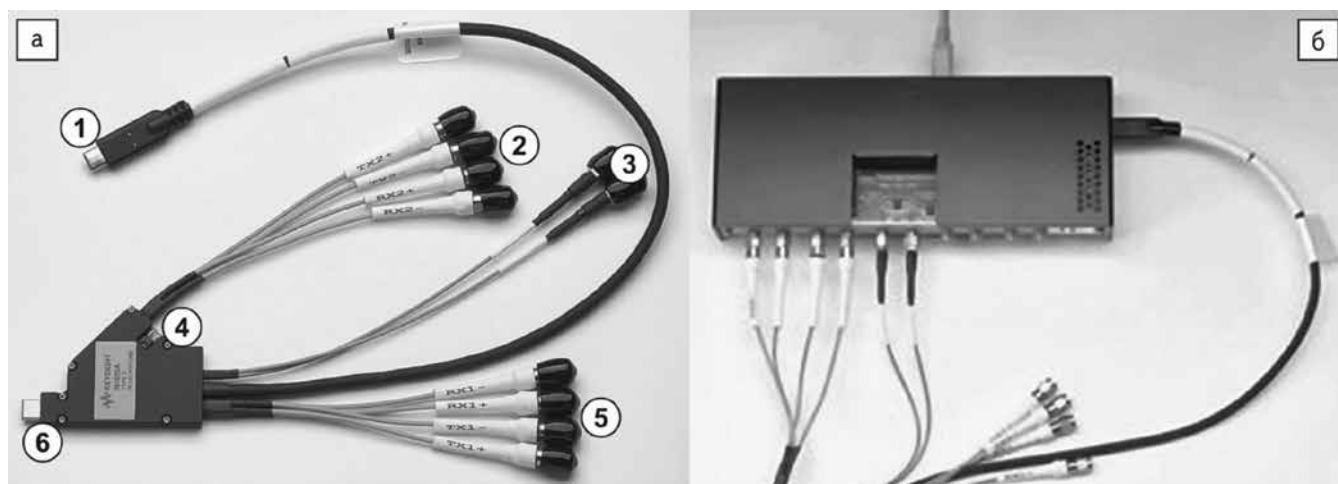


Рис. 3. Оснастки Keysight для тестирования интерфейса USB Type-C:

а) N7015A – для высокоскоростных сигналов; б) N7016A – для низкоскоростных сигналов: 1 – линии VBUS и CC на оснастку N7016A через кабель с вилкой USB Type-C; 2 – коаксиальные кабели для высокоскоростных сигналов, согласованные пары для TX2+, TX2–, RX2+, RX2–; 3 – USB 2.0 D+ и D–; 4 – 2-контактная головка для контрольных точек SBU1 и SBU2; 5 – коаксиальные кабели для высокоскоростных сигналов, согласованные пары для TX1+, TX1–, RX1+, RX1–; 6 – вилка Type-C для подключения к розетке на ТУ

уровнях нагрузки, что увеличивает количество тестов, которые следует подготовить и выполнить для каждого устройства.

Для тестирования передатчика на соответствие требованиям спецификаций USB 3.1, DP 1.3, TBT 3 и MHL рекомендуются тестовые оснастки для Type-C – N7015A и N7016A, – используемые с осциллографами Keysight Infiniium (рисунок 3). Эти оснастки обеспечивают наилучшую целостность сигнала в полосе пропускания 20 ГГц (по уровню –3 дБ). Кроме того, возможна математическая компенсация их влияния в полосе до 30 ГГц. Оснастка оборудована вилкой USB Type-C, которая вставляется в тестируемый разъем и обеспечивает снятие сигнала при измерении характеристик передатчика и подаваемого питания.

Высокопроизводительный (до 16 Гбит/с) тестер коэффициента битовых ошибок M8020A J-BERT обладает всеми нужными функциями: компенсация предискажений, формирование тестовой последовательности, непрерывная линейная компенсация (CTLE), компенсация с решающей обратной связью (DFE), возможность создания комбинаций последовательностей, изменение последовательности. Решение Keysight для тестирования приемника USB 3.1 предоставляет точные и воспроизводимые результаты измерений. Они обеспечиваются встроенными в M8020A J-BERT калиброванными источниками джиттера (случайный джиттер, джиттер периодичности, генерация тактового сигнала с распределенным спектром), точной эмуляцией компенсации предискажений до и после курсора, а также генерацией межсимвольных помех.

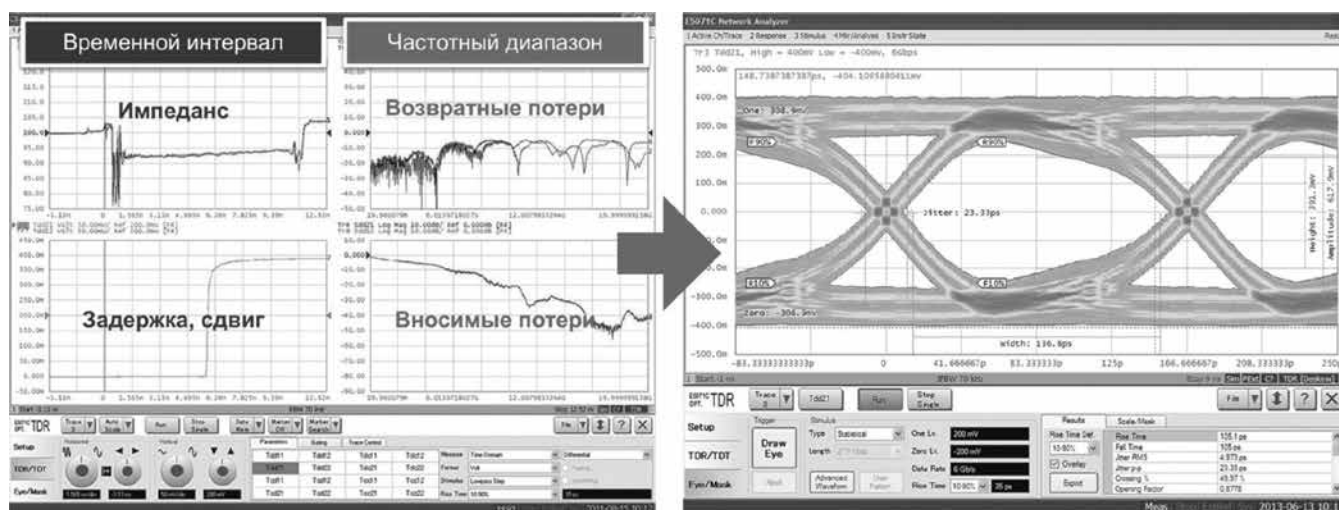


Рисунок 4 – Исследование характеристик канала требует перехода от традиционной методики параметрического тестирования к анализу по глазковой диаграмме

Кабель и разъем

Интерфейс USB Type-C отличается симметричностью разъемов, высокой скоростью передачи данных, большой передаваемой мощностью, различными режимами передачи данных и обратной совместимостью. В силу этого для оценки его характеристик нужно протестировать множество конфигураций. В этих конфигурациях на характеристики влияют потери, отражения и перекрестные помехи. Для устранения влияния тестовой оснастки требуются более жесткие методы, чем применявшиеся ранее. Они позволяют управлять дополнительными аспектами, определяющими характеристику канала (рисунок 4), и регулировать уровни электромагнитных и радиочастотных помех в канале USB Type-C во время тестирования на соответствие стандартам USB.

Традиционная методика тестирования кабеля и разъема на соответствие стандартам включала использование векторного анализатора цепей для исследования в частотной области и осциллографа с динамическим рефлектометром (TDR) – во временной области. Новое рекомендуемое решение объединяет в одном корпусе анализатор цепей Keysight серии ENA и функцию расширенного анализа во временной области (опция TDR), что позволяет выполнять все измерения на соответствие стандартам. Для устранения влияния измерительной схемы и калибровки анализатора ENA применяется СВЧ электронный калибровочный модуль (ECal) N4433A, управляемый через порт USB анализатора ENA.

Компания Keysight Technologies является единственным поставщиком, предлагающим следующие решения для тестирования USB Type-C:

- сертифицированное USB-IF-оборудование и ПО для тестирования приемников/передатчиков USB;
- сертифицированное TBT-оборудование и ПО для тестирования приемников/передатчиков TBT;
- сертифицированное VESA-оборудование и ПО для тестирования приемников/передатчиков DP.

Всестороннее участие в ассоциациях и рабочих группах по разработке стандартов и спецификаций позволяет Keysight Technologies своевременно выводить на рынок правильные решения.

Помимо того что решение Keysight сертифицировано на соответствие всем требованиям Type-C, оно является единственным, способным предоставить:

- инструменты отладки;
- полную автоматизацию – все измерения выполняются одним нажатием кнопки;
- различные объекты данных питания (Power Data Object, PDO);
- автоматическое определение ориентации;
- возможность измерений мощности до 100 Вт.

Рекомендации по применению приведены на сайте [2].

Литература

1. www.usb.org/developers/tools/
2. www.keysight.com/main/application.jsp?cc=ES&lc=spa&key=1000003193:epsg:igr&nid=-33353.0.00&cmpid=71799

kit-e.ru

КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ МАСШТАБИРУЕМЫХ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ



Группа учёных из Финляндии придумала интересное решение для лёгкого масштабирования квантовых компьютеров на сверхпроводящих кубитах. Они смогли перенести основные управляющие элементы таких систем внутрь криостата и при этом многократно уменьшили их в размерах. Изобретение позволяет вставить в прежний криогенный объём больше кубитов и значительно упростит и удешевит конструкцию квантового компьютера.

Чаще всего охлаждённые до температур около абсолютного нуля сверхпроводящие кубиты управляются с помощью микроволнового излучения. Излучение позволяет как менять квантовые состояния кубитов (программировать систему), так и считывать их состояния — получать результат вычисления. Сегодня всё это представлено управляющими системами, работающими при комнатной температуре, и кабелями для передачи высокочастотного сигнала внутрь криостата. Именно поэтому подвеска криостата с множеством трубочек-волноводов выглядит как иллюстрация к произведению в стиле стимпанк.

Финны смогли придумать миниатюрный источник высокочастотного излучения, способный работать при температуре около абсолютного нуля. Элемент размерами около 1 мм может быть помещён в непосредственной близости от кубита, которым он управляет и состояние которого считывает. Это открывает дорогу к миниатюризации квантовой платформы и к её масштабированию.

Работа по проекту опубликована в издании Nature Electronics. Препринт статьи выложен на arXiv.org. Дальнейшие исследования будут в направлении создания управляющих цепей для сверхохлаждённых источников микроволнового излучения. В предложенном виде источник генерирует строго одну несущую с высоким качеством сигнала, а для управления кубитами сигнал необходимо перевести в импульсную форму. Впрочем, для создания квантовых датчиков или генераторов тактового сигнала (квантовых часов) изобретение финских учёных будет находкой само по себе и может быть немедленно взято на вооружение.

HPC Wire

СОЗДАН ПЕРВЫЙ В МИРЕ 5-НАНОМЕТРОВЫЙ ПРОЦЕССОР ДЛЯ WINDOWS-НОУТБУКОВ

Qualcomm создала процессор Snapdragon 8cx Gen 3 с топологией 5 нм для ноутбуков на Windows, не имеющий аналогов в мире. У AMD самые современные чипы – 7 нм, у Intel – 10 нм. Новинка Qualcomm обеспечит Windows-ноутбуки штатной поддержкой сотовых сетей 5G и беспроводных сетей Wi-Fi 6E. Первые модели ноутбуков поступят в продажу в начале 2022 г.

Суперсовременный процессор для ноутбуков

Компания Qualcomm анонсировала 5-нанометровую аппаратную платформу Snapdragon 8cx Gen 3 на базе архитектуры ARM. Она будет использоваться в ноутбуках под управлением ОС Microsoft Windows.



Windows-ноутбуки получили свой 5-нанометровый CPU лишь спустя год после Apple MacBook

Snapdragon 8cx Gen 3 – это первый и пока единственный в своем роде мобильный CPU для ноутбуков ввиду того, что он производится по 5-нанометровым нормам. Это не самый современный техпроцесс, так как у самой Qualcomm, а также у MediaTek уже имеются 4-нанометровые чипы. Первые два поколения Snapdragon 8cx эксплуатировали 7-нанометровую топологию.

Тем не менее, именно в компьютерный сегмент 5-нанометровые нормы пришли впервые. Эта ниша давно поделена между Intel и AMD, и первая предлагает пока лишь максимум 10-нанометровые CPU. AMD обладает рядом 7-нанометровых чипов и готовится к переходу на 5 нм в 2022 г. Обе эти компании отдают предпочтение классической x86-архитектуре.

Премьера ноутбуков на базе Snapdragon 8cx Gen 3 запланирована на первую половину 2022 г. У Apple первые ноутбуки MacBook на 5-нанометровом CPU вышли еще осенью 2020 г.

Основные подробности о процессоре

Qualcomm раскрыла почти все спецификации своей новинки, умолчав, тем не менее, о нескольких ключевых моментах. В частности, нет никаких данных о видеоподсистеме Snapdragon 8cx Gen 3, и пока неясно, насколько она сопоставима с интегрированными решениями в современных процессорах AMD и Intel. Зато известно, что графика в Snapdragon 8cx Gen 3 на 60% быстрее в сравнении с предшественником в лице Snapdragon 8cx Gen 2.



Главные конкурентные преимущества платформы

Тактовая частота ядер, как и их наименование, тоже осталась «за кадром» во время презентации. Их в процессоре восемь, они 64-битные, и если сравнивать их с таким же числом ядер в составе прошлогоднего Gen 2, то они быстрее на впечатляющие 85%. Обновленный блок нейронных вычислений, выдает в три раза более высокую производительность – 29 TOPS.

Qualcomm намерена выпускать как минимум три модификации процессора с различиями в типе встроенного в него модема. Это может быть X55, X62 или более современный X65.

Поддержка 5G-сетей реализована в каждом из них. Это позволит производителям ноутбуков обеспечить пользователей доступом в интернет даже там, где нет Wi-Fi, без необходимости покупать внешний USB-модем.



Сетевые возможности процессора

Использование Snapdragon 8cx Gen 3 в ноутбуке обеспечит возможность подключения к беспроводным сетям вплоть до Wi-Fi 6E на частотах 2,4, 5 и 6. В России такой стандарт на начало декабря 2021 г. не поддерживался. В процессоре есть модуль Bluetooth, ресиверы спутни-

ковых навигационных систем Beidou, Galileo, ГЛОНАС и GPS, а также поддержка веб-камер с разрешением до 24 МП. Появится одно цифровое окно для всех социальных ведомств



Процессор может устанавливаться в ноутбуки с разрешением экрана вплоть до Ultra HD (4K) и позволяет выводить изображение сразу на два внешних дисплея одновременно, притом в столь же высоком разрешении. Имеется поддержка скоростной флеш-памяти UFS 3.1 и полноценных SSD-накопителей с NVMe.

А вот поддержки современной оперативной памяти LPDDR5 или еще более новой LPDDR5X в CPU Qualcomm, при всей его новизне и уникальности, почему-то не оказалось. Пока производители смартфонов постепенно переходят на новые форматы, выпускающие ноутбуки компании будут вынуждены устанавливать в свои модели на базе Snapdragon 8cx Gen 3 только лишь LPDDR4x, но зато вплоть до LPDDR4x-4266.

Два процессора вместо одного

Процессор Snapdragon 8cx Gen 3 станет основой топовых ARM-ноутбуков на базе Windows. Для бюджетных моделей Qualcomm приготовила CPU попроще – Snapdragon 7c+ Gen 3.

Новинка производится по 6-нанометровым нормам против 8 нм у предыдущего Snapdragon 7c+ Gen 2. В сравнении с ним производительность основных ядер выросла на 60%, а видеоподсистемы – на 70%. Блок нейронных вычислений выдает производительность 6,5 TOPS вместо 5 TOPS у Snapdragon 7c+ Gen 2.

Младшая новинка Qualcomm тоже заметно «подросла» на фоне предшественника

Бюджетный Snapdragon 7c+ Gen 3 дополнен 5G-модемом X53 со скоростью загрузки до 3,7 Гбит/с против 10 Гбит/с у X65 в составе Snapdragon 8cx Gen 3. Процессор, как и старшая модель, тоже поддерживает Wi-Fi 6E. Ноутбуки на его основе выйдут в первом полугодии 2022 г.

Откуда у Qualcomm три поколения CPU для ноутбуков

Первое поколение процессора Snapdragon 8cx для ноутбуков на базе Windows вышло в 2018 г. На тот момент Qualcomm еще делилась основными подробностями о своих «ноутбучных» процессорах. Внутри 8cx располагались ядра Kryo 495 и видеокарта Adreno 680.

В сентябре 2020 г. состоялась премьера Snapdragon 8cx Gen 2. Qualcomm засекретила модель встроенного графического решения, а ядра оставила прежними – Kryo 495, хотя и перестала указывать их тактовую частоту.

Оба процессора 7-нанометровые и 64-битные. Ноутбуки на них выпускают многие крупные бренды, среди которых Samsung, в августе 2019 г. показавшая Galaxy Book S на базе первого 8cx. В январе 2021 г. свое видение ноутбука с 8cx Gen 2 внутри продемонстрировала Lenovo.

ARM-ноутбуки Lenovo

Компания Lenovo провела показ новых компактных ноутбуков IdeaPad 5G и IdeadPad 4G LTE, в которых нет процессоров Intel или AMD, но есть полноценная ОС Windows 10. Обе новинки китайского вендора основаны на ARM-процессоре Qualcomm, но если в модели IdeaPad 5G установлен чип Snapdragon 8cx Gen 2, то IdeadPad 4G LTE довольствуется процессором Snapdragon 8c. ОС Windows 10 получила поддержку ARM-платформ в 2018 г.



Основная премьера ноутбуков состоится в рамках международной выставки потребительской электроники CES 2021 (она пройдет с 11 по 14 января 2021 г.), и там же Lenovo раскроет их стоимость. География распространения ноутбуков будет иметь некоторые ограничения – в настоящее время, по данным портала Liliputing, Lenovo не планирует продавать их в Северной Америке.

В дополнение к полноценной настольной ОС и ARM-процессору в IdeaPad 5G и IdeadPad 4G можно выделить еще одну особенность – поддержку сотовых сетей. Первый ноутбук умеет подключаться к сетям четвертого (LTE, 4G) и пятого (5G) поколений, тогда как второй поддерживает только LTE.

cnews.ru

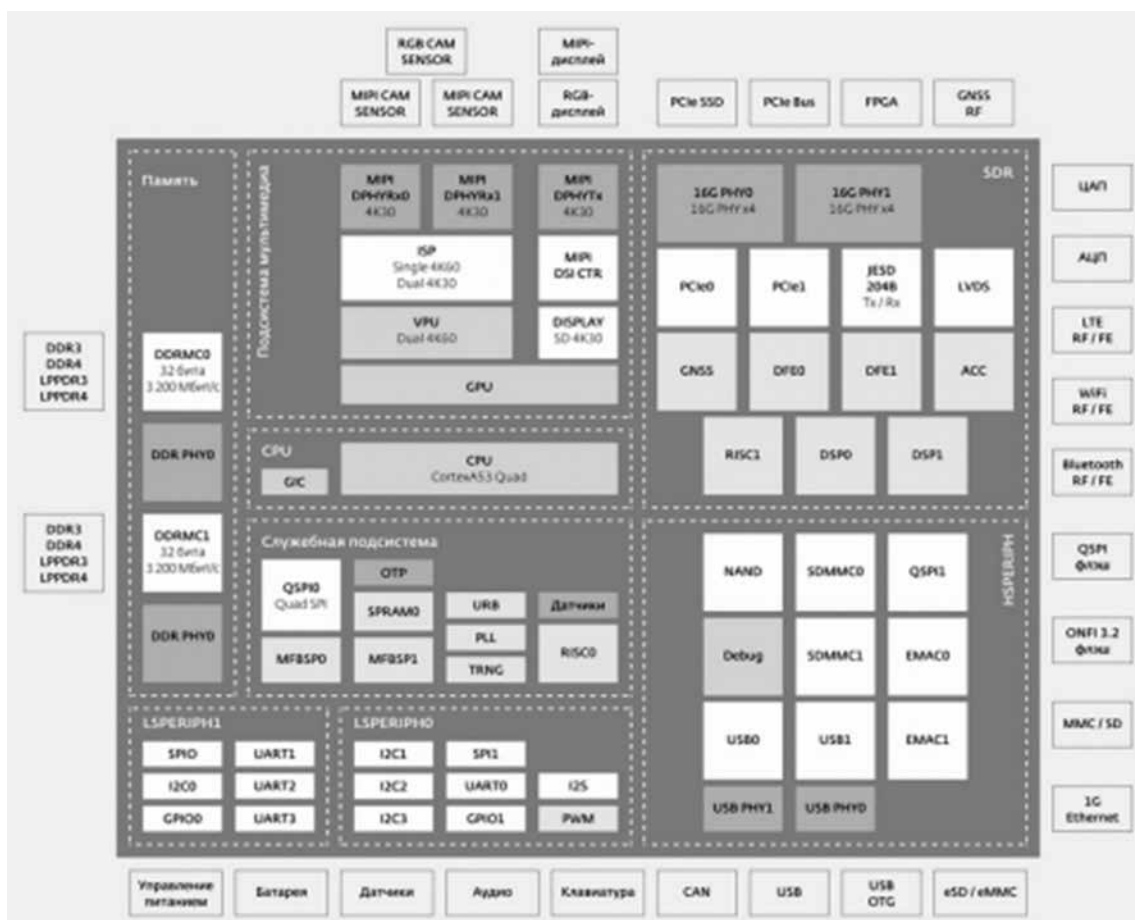
«СКИФ» – ПЕРВЫЙ РОССИЙСКИЙ МОБИЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР МИРОВОГО УРОВНЯ



Научно-производственный центр «Электронные вычислительно-информационные системы» (НПЦ «ЭЛВИС») объявил о старте массового производства нового мобильного процессора «Скиф». В первую очередь он предназначен для использования в планшетах и уже передан для тестирования разработчикам ПО и производителям техники.

«Скиф» (для глобального рынка – Scythian) входит в линейку «Мультикор». Это ARM-чип, выполненный по 28-нм техпроцессу. В его состав входят четыре ядра Cortex-A53, работающие на частоте 1,8 ГГц, но производитель планирует разгон до 2,0 ГГц. Встроенный GPU способен обрабатывать изображения формата 4K / 60 fps, имеет совместимость с кодеками HEVC/H.264 и поддерживает навигационные системы ГЛОНАСС/GPS/BeiDou/Galileo.

Указывается, что «Скиф» – это уже четвертое поколение мобильных процессоров «ЭЛВИСа». Однако в компании его называют первым российским малопотребляющим процессором для мобильных устройств и первым отечественным мобильным процессором мирового класса. Тестовые платы, предоставленные партнёрам, работают под управлением операционной системы Alt Linux с предустановленным пакетом отечественного офисного ПО «Мой офис».



Предполагается, что предсерийные планшеты на базе нового чипа появятся к маю-июню следующего года. Правда, о выходе на массовый рынок речи пока не идёт. Как ожидается, на основе чипа будут созданы планшетные

компьютеры для школ, больниц и других госучреждений. По словам разработчиков, такие планшеты смогут конкурировать с существующими на рынке аналогами от крупных производителей.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ SICK

Машинное зрение является решением для промышленной обработки изображений позволяющее использовать цифровые камеры и возможности для цифровой обработки изображений вместо ручного контроля.



Эта технология предназначена для автоматизации производственных процессов во многих отраслях и сферах применения: пищевой промышленности, фармацевтике, автомобилестроении и т.д. Она является центральной для устранения человеческого фактора, повышения качества продукции, оптимизации производительности, затрат и пропускной способности. Технически данные задачи решаются путем локализации объектов на конвейере и двухмерной (или трехмерной) их инспекции.

SICK AG (Германия) является ведущим мировым разработчиком и производителем систем машинного зрения которые не имеют аналогов в мире и позволяют решить ряд задач, недоступных стандартным датчикам.

Для интеграции камер, датчиков и иных сенсоров используется Sensor Integration Machine (SIM). Устройство позволяет получать, анализировать, архивировать и передавать данные от датчиков и камер компании SICK. SIM позволяет подключать до восьми типов различного оборудования (камера, лидар, датчик приближения и т.п.). Работа с подключенным оборудованием осуществляется при помощи программы SICK AppSpace, которое позволяет создать приложение полностью соответствующее требованиям заказчика.



В части программного обеспечения камеры подразделяются на две группы. К первой относятся конфи-

гурируемые камеры с заранее установленным на них программным обеспечением. Возможности данных камер ограничены и допускают лишь настройку определенных параметров в заданных пределах. Значительным преимуществом данной категории камер является простота в установке, наладке и обслуживании. Ко второй категории относятся программируемые камеры, которые поставляются без установленного программного обеспечения. Программное обеспечение для них разрабатывается заказчиком самостоятельно в среде разработки SICK AppSpace, что требует затрат дополнительных ресурсов. Преимуществом данного оборудования является полное его соответствие замыслу заказчика и возможность самостоятельной доработки, расширения функционала конечного устройства без ограничений.

Портфолио SICK в части оборудования для промышленной обработки изображений состоит из следующего оборудования:

- 1D камеры – однострочная камера. Продукция компании SICK представлена в данной категории сериями CLV50x, CLV6xx.



Предназначена для получения одномерного изображения в выбранный промежуток времени. Полученные данные в дальнейшем могут быть использованы для получения двухмерного изображения.

- 2D камеры – матричная камера. Продукция компании SICK представлена в данной категории следующими

сериями – Lector61X, Lector62X, Lector631, Lector632, Lector64X, Lector65X.



Предоставляет двухмерное изображение (кадр) на основании контраста и яркости отдельных участков изображения. Изображение может быть, как цветным, так и монохромным в градациях яркости серого цвета. Также есть возможность получения инфракрасного изображения некоторыми камерами.

Примеры практических решаемых задач: наличие вкраплений на листах металла, контроль положения кромки листа, соответствие геометрии объектов эталонным образцам, корректность нанесенной маркировки (дата выпуска, срок годности и т.п.), наличие на продукте упаковочной пленки.

Матричные камеры серии Inspector (I40, P30, PI50, PIM60) применяются для определения наличия объектов и их расположения на конвейере, измерения их линейных размеров.

Матричные камеры серии Lector6XX применяются для чтения маркировки в фармацевтике, пищевой промышленности в том числе и на металлической поверхности; сканирование и распознавание текстовой информации; в микроэлектронике для распознавания и определения местоположения элементов; в ретейле.



- 3D камера – камера трехмерной инспекции. В данной категории компания SICK представляет следующие серии изделий: TriSpector1000, TriSpectorP1000 и некоторые другие.

Камеры серий TriSpector являются автономными датчиками для осуществления 3D-инспекции объектов независимо от их формы, цвета или ориентации. Например, это позволяет контролировать состояние заполнения объекта во всех измерениях, что идеально подходит для контроля качества при производстве пищевых и потребительских товаров. Интуитивно понятный пользовательский интерфейс TriSpector1000 обеспечивает простой ввод в эксплуатацию, быструю замену с сохранением всех настроек.

Данные технологии расширяют возможности промышленной автоматизации дополняя их там, где не справляются другие датчики и системы. Дополняя данные, полученные от других датчиков, машинное зрение позволяет получить весь необходимый объем данных об объекте.

Решения, построенные на базе машинного зрения в настоящий момент можно встретить практически на любом конвейерном производстве или системе безопасности. Использование их обусловлено в первую очередь экономическим эффектом за счет обеспечения высокого качества по причине снижения влияния человеческого фактора. Машинное зрение является исключительно важной частью концепции «Индустрия 4.0».

Системы машинного зрения являются идеальным вариантом для решения автоматизированных задач, связанных с контролем и измерением. 2D- и 3D-камеры компании SICK подходят для многочисленных случаев применения, когда речь идет об измерении, определении местоположения, проверке и идентификации. Компоненты для систем машинного зрения предназначены для эксплуатации в промышленных условиях и добросовестно разработаны с учетом опыта в сфере производства промышленных датчиков, насчитывающего более 60 лет.

Специалисты «АльфаЧип» готовы помочь с подбором камеры соответствующего вашим требованиям по качеству и цене.



ТУП «АЛЬФАЧИП ЛИМИТЕД»

Официальный представитель мировых производителей

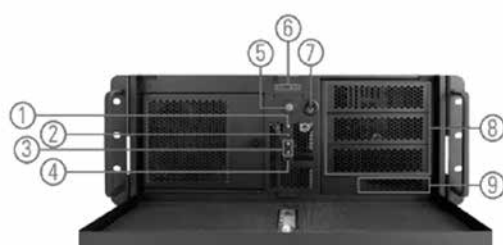


220012, г. Минск, ул. Сурганова, 5а, 1-й этаж
Тел./факс: +375 17 366 76 01, +375 17 366 76 16
www.alfa-chip.com www.alfacomponent.com

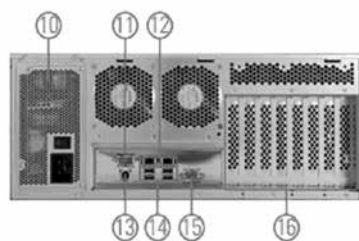
УНП 192525135

УНИКАЛЬНАЯ НОВИНКА ОСЕНИ – СЕРВЕР iNPC300 НА БАЗЕ XEON SCALABLE

Компания Axiomtek выпустила уникальный высокопроизводительный промышленный сервер на базе процессора Intel Xeon Scalable, под наименованием iNPC300. Новый рынок = новые возможности, и в компании это хорошо понимают.

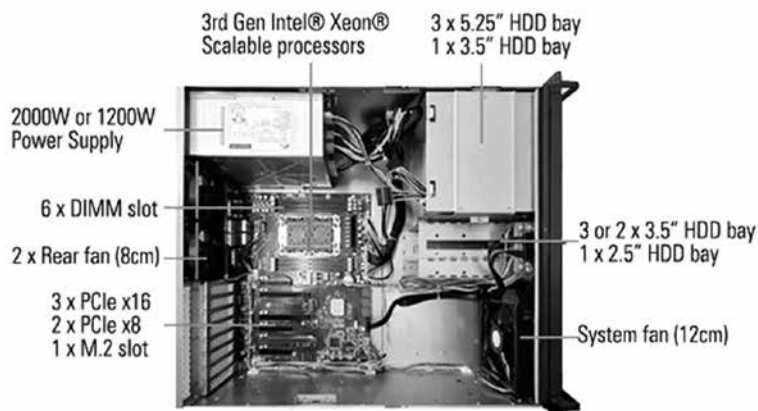


▲ Front view



▲ Rear view

- | | | |
|---------------------|------------------------------|----------------------|
| 1. Power LED | 7. Power switch | 13. PS/2 Combo Port |
| 2. HDD LED | 8. 3 x 5.25" HDD drive bay | 14. 4 x USB 3.1 Gen1 |
| 3. LAN activity LED | 9. 1 x 3.5" HDD drive bay | 15. VGA |
| 4. Programmable LED | 10. 1200W/2000W power supply | 16. Expansion slots |
| 5. System reset | 11. COM port | |
| 6. 2 x USB 3.1 Gen1 | 12. 2 x LAN | |



Несмотря на то, что в серверном направлении уже очень давно набрали силу и продолжают развиваться такие корпорации, как Supermicro, Dell, HP и Huawei, новый игрок, с богатым и успешным опытом работы в промышленной сфере, может предложить не менее интересное решение, а возможно, и более экономически выгодное.

Рассмотрим подробнее технические особенности iNPC300:

- Полноразмерный 4U корпус с предустановленным блоком питания на 1200 Вт (опционально на 2000 Вт)

- Поддержка самых современных процессоров Intel Xeon Scalable 3-го поколения, сокет LGA4189

- 6x слотов оперативной памяти формата DDR4-3200 R-DIMM non-ECC/ECC с максимально возможным объемом до 384Гб

- 7x отсеков для накопителей: внешние (3x5.25", 1x3.5") и внутренние (3x3.5" или 2x3.5" или 1x2.5")

- 6xSATA 3 портов с поддержкой RAID 0/1/5/10

- Слот 1xNVMe M.2 M Key: 2280 (PCIe x4)

- I/O порты: 6xUSB 3.1 Gen1 (2x на передней панели), 1xVGA, 1xPS/2, 1xCOM (RS-232/422/485), 2xGbE LAN

Слоты расширения:

- 2xPCIe x8
- 1xPCIe x16 (сигнал: x16 или x8)
- 1xPCIe x8 (сигнал: x0 или x8)
- 2xPCIe x16 (Gen4)

Выпуск модели iNPC300 в новой для себя области, это безусловно шаг вперед. Накопив достаточно опыта в разработке промышленных вычислительных устройств различного форм-фактора, компания Axiomtek не боится предлагать свои современные решения и в других сегментах рынка. Сервер iNPC300 является первопроходцем на конкурентном серверном рынке, но, несмотря на это, способен снискать достаточную популярность и решить сложные вычислительные задачи пользователей.

axiomtek.su

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ FPGA XILINX НАЧАЛЬНОГО УРОВНЯ

Тарасов Илья д. т. н.

Микросхемы с архитектурой FPGA часто воспринимаются только как дорогие высокопроизводительные устройства, которые достаточно сложны в применении, требуют проектирования многослойной печатной платы и не могут быть смонтированы без специального оборудования. Однако до сих пор компанией Xilinx выпускаются ПЛИС начального уровня, выполненные в корпусах TQFP и предназначенные для широкого диапазона цифровых устройств. Это два младших представителя семейства Spartan-6, и в настоящее время не потерявшего актуальности. В статье рассмотрены вопросы проектирования электронной аппаратуры с использованием данных микросхем и предложены практические рекомендации по проектированию печатной платы, организации системы питания, программированию и сопряжению с периферийными устройствами.

Введение

Семейство Spartan-6 выполнено с соблюдением норм 45-нм технологического процесса. В состав семейства входит несколько микросхем в диапазоне логической емкости от 4 до 150 тыс. эквивалентных логических ячеек. Семейство выпускается компанией Xilinx с 2008 года, с переходом на 28-нм технологический процесс оно было заменено семейством Artix-7. Однако с учетом комплекса технических характеристик Spartan-6 до сих пор представляет интерес, в первую очередь в связи с наличием корпусов TQFP144 с шагом выводов 0,5 мм, которые допускают монтаж без специального оборудования, в том числе в условиях исследовательской, вузовской или даже домашней лаборатории (рисунок 1). В настоящее время Xilinx предполагает продлить сроки изготовления семейства Spartan-6 по крайней мере до 2020 года.

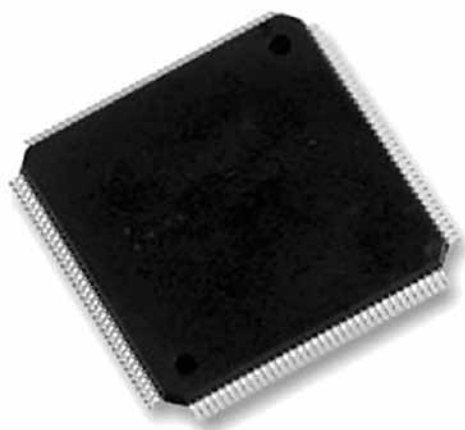


Рисунок 1 – FPGA в корпусе TQFP144

В таблице приведены характеристики микросхем Spartan-6 LX4 и LX9.

Таблица – Характеристики микросхем семейства Spartan-6, доступных в корпусах типа TQFP144

в корпусах типа TQFP144		
Параметр	LX4	LX9
Секций	600	1430
Эквивалентных логических ячеек	3840	9152
Триггеров	4800	11440
Блоков памяти (18 кбит)	12	32
Блоков DSP48A1	8	16
Пользовательских выводов в корпусе TQ144	102	

В среде разработчиков, недостаточно глубоко знакомых с ПЛИС, бытуют поверхностные суждения о возможностях и перспективах использования ПЛИС в реальных проектах. Конечно, существование таких мнений отражает тот факт, что обладать исчерпывающими знаниями по всем без исключения направлениям элементной базы попросту невозможно. Кроме того, в развитии различных направлений микроэлектроники есть своя динамика, и те решения, которые по каким-либо причинам прежде были объективно не оптимальны, при появлении новых поколений микросхем могут стать приемлемыми вследствие снижения цены, увеличения производительности, возникновения новых функциональных возможностей и т. п. Вот почему оценки применимости и эффективности ПЛИС, как и другой элементной базы, необходимо периодически пересматривать.

Мнение 1: ПЛИС – чрезмерно дорогие устройства для несложных изделий

В этой связи могут упоминаться совершенно не соответствующие действительности минимальные цены. Как правило, речь идет о сотнях и тысячах долларов США, что справедливо для FPGA верхнего ценового диапазона. Однако в данной статье речь идет о микросхемах, розничные цены на которые находятся в пределах \$9–12.

Даже эта сумма превышает цены на микроконтроллеры начального и среднего уровня. Впрочем, необходимо сразу заметить, что стоимость компонентов (не говоря уже о стоимости разработки в целом) определяется стоимостью «главной» микросхемы не в полной мере. Если сравнивать аналогичные платы, основанные на МК с ценой в \$1, и ПЛИС с ценой в \$10, то совокупная стоимость компонентов не будет различаться в 10 раз. Интерфейсные микросхемы, разъемы, подсистемы питания также внесут свой вклад в общую стоимость элементной базы, и их цена практически не изменится при переходе с МК к ПЛИС.

Кроме того, в ряде случаев малая стоимость МК, особенно сформированная по принципу «стоимость

МК этой серии – от NNN», при развитии проекта становится некоей ловушкой. Например, в практике автора был случай, когда предложенная заказчиком серия микроконтроллеров имела в своем составе микросхему со стоимостью меньшей, чем стоимость ПЛИС. Однако изучение ТЗ показало, что микросхема, имеющая минимальную цену, непригодна для этого проекта, поскольку требуемый набор периферийных устройств не мог быть одновременно задействован в корпусе минимального размера. Переход же к корпусу с большим числом выводов повлек за собой и продвижение по линейке МК, в результате самый дешевый из микроконтроллеров, подходящих для решения задачи, оказался вдвое дороже ПЛИС Spartan-6LX9.

С организационной точки зрения снижение цены при серийном выпуске изделий может быть получено при ранней регистрации проекта у официального дистрибьютора. Практика регистрации проектов поддерживается многими изготовителями элементной базы, поскольку существенно облегчает планирование дальнейшего производства. Компания Xilinx, работающая по принципу fabless, то есть не имеющая собственных фабрик, в довольно большой степени зависит от точности своих прогнозов по востребованности элементной базы тех или иных разновидностей, поэтому раннее уведомление о намерении рассмотреть ПЛИС Xilinx в проекте вознаграждается специальными скидками. Следует подчеркнуть, что такое уведомление не означает обязательство покупки определенного количества микросхем, и даже не означает, что разработчик уже уверен в использовании ПЛИС Xilinx, а не ПЛИС других производителей или даже микроконтроллера. Однако впоследствии при ссылке на данную регистрацию покупателю предоставляется ранее оговоренная фиксированная цена. Разумеется, речь идет только о приобретении у официального дистрибьютора – например, www.plis.ru.

Мнение 2: ПЛИС – чрезмерно медленные устройства с большим энергопотреблением

Конечно, программируемые соединения внутри FPGA обуславливают более высокие значения задержек распространения сигналов по сравнению с металлическими соединениями, а универсальные ячейки потребляют больше мощности в сравнении со специализированными ресурсами. Однако на практике единственной нишей, где FPGA не подходят в качестве аппаратной платформы, являются микропотребляющие устройства.

Если вести речь о скорости и потреблении, можно сразу отметить, что характеристики и сферы применения FPGA все чаще ориентированы на аппаратные ядра в таких микросхемах. Для Spartan-6 это блочная память и секции DSP. Они способны работать на высокой тактовой частоте (275–325 МГц, в зависимости от класса скорости ПЛИС) и расходуют не больше энергии, чем аналогичные устройства в МК (что естественно, поскольку память и DSP представляют собой непрограммируемые модули). Вот почему говорить о снижении

скорости и повышении потребляемой мощности имеет смысл в основном для той части проекта, которая выполнена на базе логических ячеек.

Важным преимуществом ПЛИС, нивелирующим недостатки программируемых ресурсов, является возможность организовать специализированные вычислительные блоки, построенные на базе секций DSP. Такие блоки могут работать полностью параллельно и обеспечивать суммарную производительность, превосходящую производительность не только МК, но и сигнальных процессоров. Например, 16 секций DSP, действующие на частоте 200 МГц (это вполне достижимо для многих модулей ЦОС), дают суммарную производительность, эквивалентную гипотетическому процессору с тактовой частотой 3,2 ГГц.

Потребление типичных проектов на базе ПЛИС Spartan-6LX4/LX9 обычно составляет несколько сотен миллиампер. Это действительно больше, чем у многих МК, но не требует специального внимания к подсистеме питания и даже применения пассивного охлаждения. Исключением могут стать проекты с большим количеством интенсивно переключающихся триггеров, однако во избежание появления таких эффектов на поздних стадиях проекта можно воспользоваться утилитой XPower, входящей в состав САПР. Она достаточно точно оценивает потребляемую мощность, основываясь на количестве используемых в проекте ресурсов и заданной тактовой частоте.

Мнение 3: проектирование устройств на базе ПЛИС очень сложно и требует дорогостоящих средств разработки

В действительности уже более 10 лет Xilinx бесплатно предоставляет лицензию на САПР с регламентированным объемом ПЛИС. Однако ограничительная планка установлена на емкости, в десятки раз превышающей емкость ПЛИС, практически применимых в проектах начального уровня. Объем самого проекта (количество строк, IP-ядер, файлов и т. п.) не связан какими-либо рамками. Бесплатная версия САПР в действительности не существует как отдельный продукт – это та же версия САПР ISE, для которой генерируется специальный лицензионный файл, устанавливающий ограничения по типам доступных для проекта микросхем. САПР можно загрузить с официального сайта Xilinx www.xilinx.com.

Относительно справедливо мнение о том, что ПЛИС обладает существенно меньшим разнообразием нестандартных периферийных устройств. Такие компоненты, как флеш-память или EEPROM, АЦП, ЦАП, USB, должны быть реализованы во внешних микросхемах.

Характеристики компонентов Spartan-6

Логические ячейки представляют собой базовый строительный элемент цифровых систем. Упрощенная схема логической ячейки, состоящая из следующих основных элементов, показана на рисунке 2.

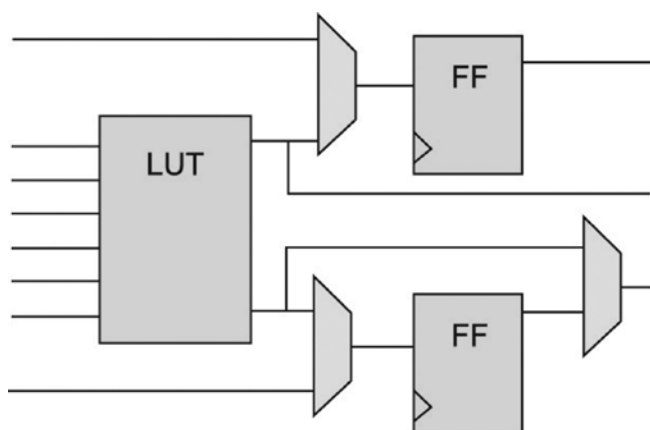


Рисунок 2 – Упрощенная схема логической ячейки ПЛИС Spartan 6

Логический генератор (LUT, Look-Up Table – таблица истинности) представляет собой статическую память, инициализируемую в процессе загрузки конфигурации FPGA. Графическое изображение логического генератора представлено на рисунке 3.

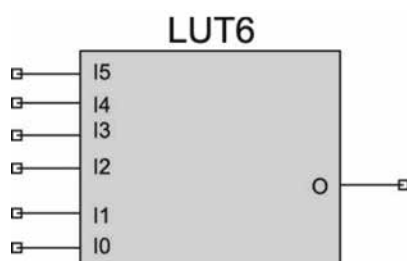


Рисунок 3 – Графическое изображение логического генератора

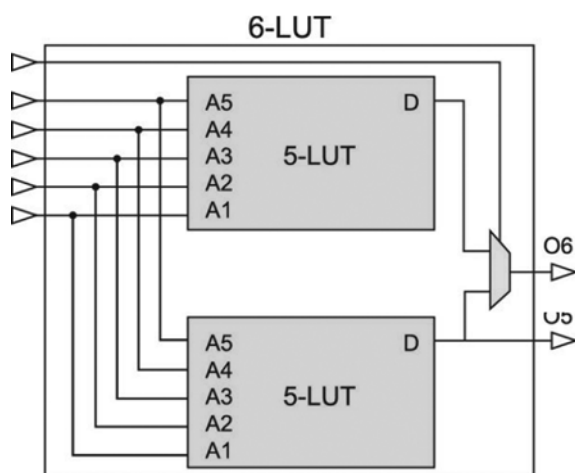


Рисунок 4 – LUT в режиме совместного использования входов

Логический генератор (LUT) реализует любую функцию не более чем с 6 операндами. Кроме того, возможно использование LUT в режиме с частично совмещенными входами, когда память разбивается на два фрагмента по 32 бит, предоставляя возможность сформировать две логические функции не более чем с 5

операндами каждая. При этом, поскольку в самой LUT всего 6 входов, часть входов должна быть обобщена (рисунок 4). Такой режим автоматически используется САПР по мере возможности.

Логические генераторы также применяются в режимах распределенной памяти (distributed memory) и сдвиговых регистров. Поскольку логический генератор представляет собой элемент статической памяти, который хранит таблицу истинности в явном виде, его можно использовать по прямому назначению – в качестве обычного компонента памяти (рисунок 5).

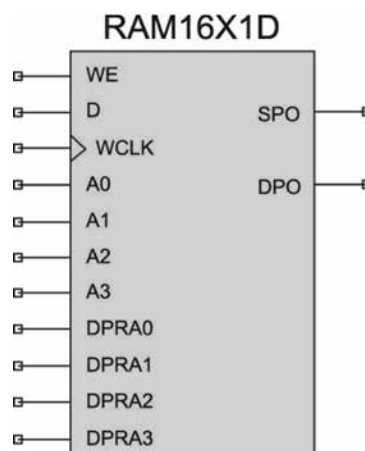


Рисунок 5 – Графическое изображение элемента двупортовой распределенной памяти

Распределенная память работает в однопортовом или простом двупортовом (simple dual-port) режиме. У простого двупортового режима есть ограничение: только один порт может использоваться для чтения и записи, а второй предназначен лишь для чтения. Показанный на рис. 6 элемент распределенной памяти имеет следующие сигналы:

- we– сигнал разрешения записи;
- d– данные для записи;
- wclk– вход тактового сигнала;
- a– адрес для записи;
- dpgra– адрес для чтения, второй порт (dual port read address);
- spo– выход первого порта (single port output);
- dpo– выход второго порта (dual port output).

Временные диаграммы работы распределенной памяти показаны на рисунке 6.

На рисунке 6 видно, что запись в память происходит синхронно (в момент времени 15 нс, когда данные d=1 записываются по адресу addr=00112=310), а чтение – асинхронно. В момент времени 23 нс изменение адреса на входе dpgra приводит к соответствующему изменению выхода dpo. Этот момент (без фронта тактового сигнала) был выбран специально, чтобы продемонстрировать, что память реагирует на изменение адреса асинхронно. Аналогично, изменение состояния входа a немедленно приводит к появлению на выходе spo значения из ячейки с адресом a.

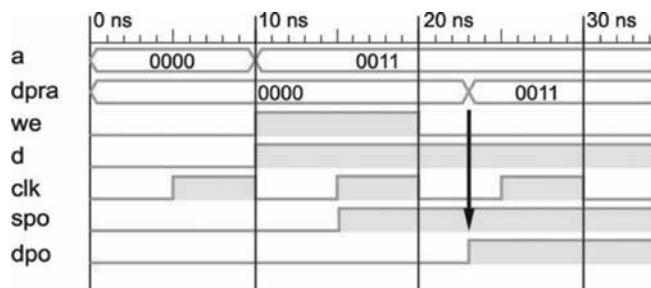


Рисунок 6 – Временные диаграммы работы распределенной памяти

Распределенная память удобна для организации небольших блоков данных – буферов, линий задержки, небольших таблиц. Реализация крупных блоков на распределенной памяти в общем случае нецелесообразна из-за сильной фрагментации такого блока. Для объемов в 512 слов и больше удобнее использовать блочную память.

Тем не менее распределенная память обладает важным свойством, отсутствующим у блочной памяти, – она допускает асинхронное чтение.

Другой вариант применения логического генератора – реализация на его базе сдвигового регистра. Графическое изображение такого компонента показано на рисунке 7.

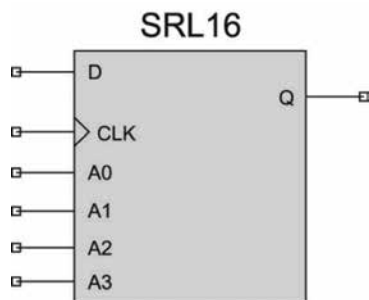


Рисунок 7 – Графическое изображение сдвигового регистра, реализованного на базе логического генератора

Сдвиговый регистр имеет следующие сигналы:

- d– данные для записи в сдвиговый регистр;
- clk– тактовый сигнал;
- a– адресный вход;
- q– выход данных.

В простейшем варианте сдвиговый регистр представляет собой модуль, задерживающий входной сигнал d_{in} на N тактов. Временные диаграммы работы 8-разрядного сдвигового регистра показаны на рисунке 8.

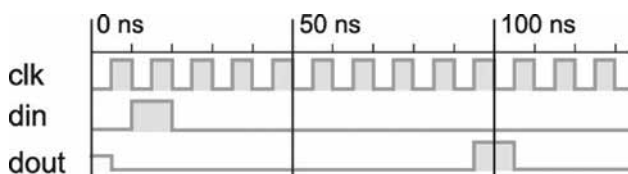


Рисунок 8 – Временные диаграммы работы сдвигового регистра

LUT в режиме сдвигового регистра может использоваться совместно с триггером той же логической ячейки, увеличивая глубину сдвигового регистра на 1.

Логические ячейки FPGA содержат два триггера. Таким образом, каждая секция имеет 8 триггеров. Графическое изображение триггера (в одном из возможных вариантов) показано на рисунке 9.

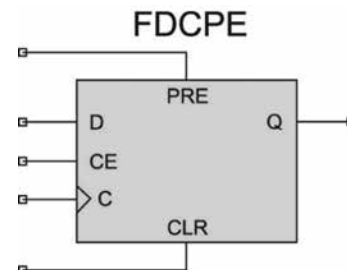


Рисунок 9 – Графическое изображение триггера

Триггер имеет следующие сигналы:

- C – вход тактового сигнала;
- D – вход данных;
- CE – вход разрешения записи (clock enable);
- CLR – вход асинхронного сброса (clear);
- PRE – вход асинхронной установки в логическую единицу (preset);
- R – вход синхронного сброса (reset);
- S – вход синхронной установки в логическую единицу (set);
- Q – выход данных.

Физически существует только один сигнал сброса/установки SR. Сброс, установка (синхронные или асинхронные) реализуются путем комбинирования триггера с другими ресурсами ячейки.

Дополнительные компоненты секции – это цепи ускоренного переноса и мультиплексоры. Цепи ускоренного переноса служат для построения сумматоров и вычитателей. Поскольку операции сложения и вычитания широко используются в цифровой схемотехнике, для них в ячейку добавлены специальные компоненты, которые вычисляют сумму и передают бит переноса на следующий аналогичный компонент соседней секции. Синтезаторы автоматически поддерживают такие конструкции, поэтому выражения вида $a+b$ будут реализованы с использованием цепей ускоренного переноса. Не следует пытаться описывать сумматоры с помощью эквивалентных логических выражений, так как в этом случае они будут выполнены в виде таблиц истинности в LUT, а не на базе специализированных цепей.

Дополнительные мультиплексоры F7MUX объединяют выходы двух LUT. Эти блоки полезны в ряде случаев, уменьшая количество LUT, требуемых для построения логического узла. Например, схема с 7 входами может быть реализована не на двух LUT, а на связке LUT + F7MUX. Такие преобразования автоматически выполняются синтезатором и обычно не требуют специального внимания разработчика.

Конфигурируемый логический блок

Конфигурируемый логический блок (КЛБ, также CLB, Configurable Logic Block) – это своеобразная «молекула» в FPGA, состоящая из «атомов»-ячеек (logic cells). Для начала рассмотрим семейство Spartan-6, поскольку именно в нем появилось заметное нововведение в виде трех разновидностей логической ячейки. Полезной особенностью FPGA Xilinx традиционно являлась возможность использования логического генератора в режимах распределенной памяти 16×1 или сдвигового регистра. Впоследствии число таких универсальных ячеек было сокращено, и появились секции SliceM и SliceL (символы M и L означают Memory и Logic соответственно, то есть ряд ячеек мог реализовывать функцию памяти, а остальные – только логику). Вместе с тем оба типа секций располагались в рамках каждого КЛБ – другими словами, секции, способные реализовать память и сдвиговые регистры, равномерно распределялись по всей матрице КЛБ. В Spartan-6 появился третий тип – SliceX. Это менее мощная разновидность секции, поскольку в ней отсутствует цепь ускоренного переноса, и такая секция не может служить для организации сложения или вычитания.

В итоге в КЛБ Spartan-6 оказываются следующие секции:

- SliceM – универсальная секция с LUT, конфигурируемыми во всех режимах, а также линиями ускоренного переноса;
- SliceL – LUT конфигурируется только как логический генератор, есть цепи ускоренного переноса;
- SliceX – LUT конфигурируется только как логический генератор, нет цепей ускоренного переноса.

Из двух КЛБ один содержит пару секций SliceL+SliceX, а другой – SliceM+SliceX. Блоки, соответственно, называются CLB_LX и CLB_MX (рисунок 10).

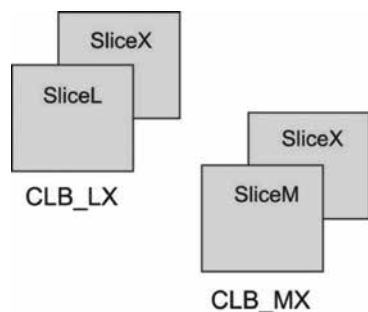


Рисунок 10 – Состав CLB семейства Spartan 6

Данное нововведение следует трактовать как формальное ухудшение функциональности. Но в то же время нужно указать и на позитивные факторы – упрощение ячеек, а следовательно, повышение производительности и уменьшение стоимости. В практических проектах можно рассчитывать на то, что цепи ускоренного переноса понадобятся не в 100% цифровых узлов, так что САПР будет иметь возможность поместить имеющиеся в проекте арифметические блоки в те секции, в которых есть цепи ускоренного переноса.

Блоки ввода/вывода

Блоки ввода/вывода связывают FPGA с внешними устройствами. Они представляют собой двунаправленные цифровые выходы, которые программируются как по направлению (вход, выход, выход с третьим состоянием, двунаправленный вывод), так и по типу электрического интерфейса (ТТЛ, КМОП, LVDS и т. д., всего более 40 типов интерфейсов, включая дифференциальные). Упрощенная структурная схема блока ввода/вывода показана на рисунке 11. Блоки могут попарно объединяться для реализации дифференциальных интерфейсов (например, LVDS). Необходимо учитывать, что выводы не образуют пары в произвольном порядке – каждая пара строго фиксирована.

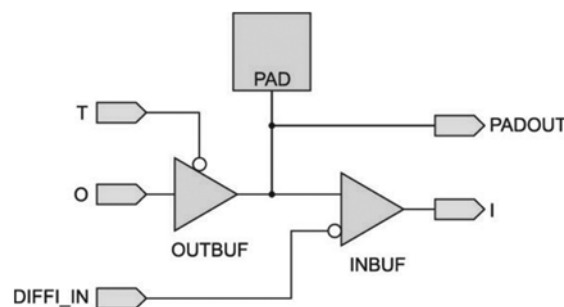


Рисунок 11 – Упрощенная структурная схема блока ввода/вывода

Непосредственно в блоках ввода/вывода расположены и регистры с возможностью работы в режиме DDR (Double Data Rate). Они предназначены для организации соответствующих интерфейсов с памятью DDR и некоторыми другими типами микросхем (в частности, высокоскоростными АЦП). Также в блоках предусмотрены аппаратные сериализаторы/десериализаторы. Они позволяют преобразовать параллельно загружаемые данные в последовательный поток, передаваемый на увеличенной частоте (вплоть до $1:7$). К примеру, на тактовой частоте 100 МГц скорость передачи составит до 700 Мбит/с, что недостижимо при выводе данных из матрицы логических ячеек. Максимальная скорость передачи для дифференциальной пары достигает 1050 Мбит/с. Этого достаточно, скажем, для построения интерфейсов DVI или HDMI.

Базовые варианты блоков ввода/вывода реализуются в проекте автоматически, без дополнительного участия разработчика. Достаточно указать на верхнем уровне проекта направление выводов, чтобы САПР установила соответствующий буфер. Тип электрического интерфейса определяется проектными ограничениями в отдельном файле (User Constraints File). Для сложных вариантов интерфейсов, например с использованием сериализаторов, предпочтительнее генератор интерфейсов SelectIO Interface Wizard, входящий в состав библиотеки IP-ядер (рисунок 12).

Корпуса типа QFP не позволяют использовать некоторые аппаратные возможности Spartan-6. К основным ограничениям относятся:



Рисунок 12 – Диалоговое окно мастера настройки блоков ввода/вывода

- отсутствие аппаратных контроллеров памяти DDR2/3 (такие контроллеры имеются в FPGA Spartan-6 в корпусах BGA);
- объединенное питание банков ввода/вывода.

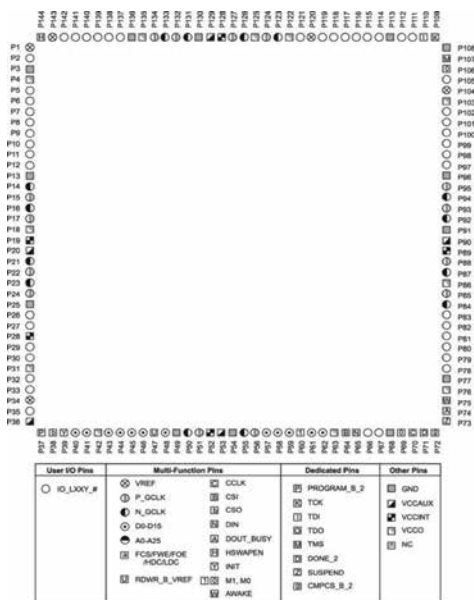


Рисунок 13 – Изображение корпуса TQFP144

В документе http://www.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug385.pdf приводятся условные графические изображения корпусов FPGA с отмеченными типами выводов. На этих изображениях указаны выводы различных типов, что облегчает подключение питания, специальных выводов и т. д. На рисунке 13 изображен корпус TQFP144. Этот рисунок может облегчить проектирование печатной платы, если вывести его на дополнительный монитор (или хотя бы распечатать).

Блочная память

Блочная память является показательным примером встроенного аппаратного ресурса, повышающего эффективность ПЛИС при решении типовых задач схемотехники. Блок памяти занимает гораздо меньше места, чем аналогичный по емкости блок, выполненный на распределенной памяти логических ячеек, и к тому же обладает предсказуемо высокими характеристиками производительности. Память является «истинно дву-портовой» (true dual-port). Это означает, что она имеет два набора сигналов, допускающих проведение операций чтения или записи одновременно. Альтернативой является разновидность simple dual-port, когда только один порт допускает и чтение, и запись, а второй работает в режиме «только чтение».

Память в Spartan-6 размещается блоками по 18 кбит. Графическое представление компонента блочной памяти показано на рисунке 14.

При одновременном доступе к ячейке памяти по двум портам, когда один из портов производит запись, а другой – чтение, возможны следующие режимы работы:

- чтение перед записью (read before write) – порт, выполняющий чтение, выдает старое значение ячейки памяти, в которую производится запись по другому порту;
- чтение после записи (read after write) – порт, выполняющий чтение, выдает значение, которое записывается по другому порту;
- нет чтения при записи (no read on write), состояние порта не изменяется.

В последнем случае речь идет не об отсутствии записи в ячейку, а о сохранении состояния выходного регистра модуля памяти.

Временные диаграммы работы блочной памяти показаны на рисунке 15.

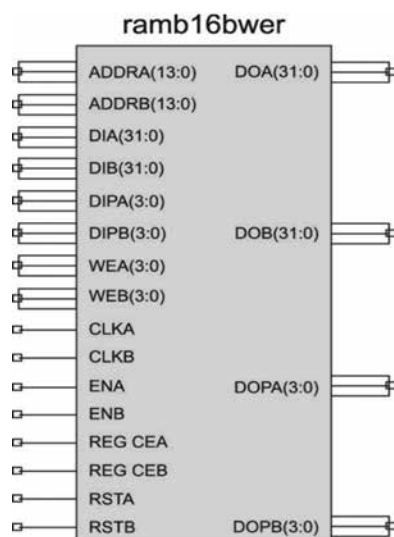


Рисунок 14 – Графическое представление компонента блочной памяти

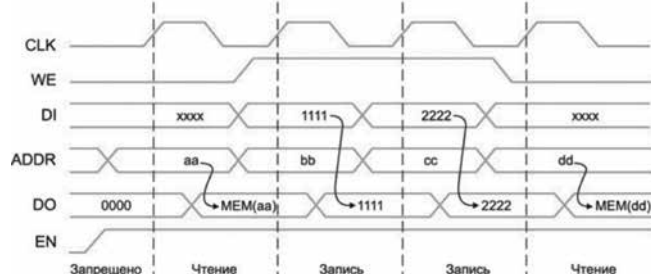


Рисунок 15 – Временные диаграммы работы блочной памяти

Секции DSP48A1

Секция DSP48A1 содержит аппаратный умножитель независимых 18-разрядных операндов, 48-разрядный аккумулятор и вспомогательные компоненты. Несмотря на то, что операция умножения может быть реализована и на базе логических ячеек, такое применение для универсального программируемого ресурса несколько расточительно. Операция умножения достаточно распространена, чтобы можно было размещать на кристалле ПЛИС специализированные умножители, которые работают быстрее, занимают меньше места и потребляют меньшую мощность, чем такая же схема на программируемых ячейках. Для упрощения реализации основных операций цифровой обработки сигналов умножителей совмещен с аккумулятором. Структурная схема блока DSP48A1 показана на рисунке 16.

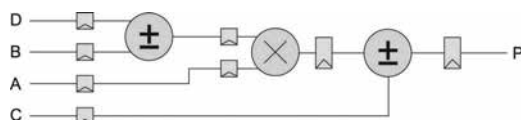


Рисунок 16 – Структурная схема блока DSP48A1

На схеме представлены дополнительные конвейеризующие регистры, способные повысить тактовую частоту в определенных случаях, однако они необязательны к использованию.

Синтезаторы автоматически применяют блоки DSP48A1, включая и вспомогательные компоненты. Например, выражение $\text{sum} \leftarrow \text{sum} + a \times b$ будет реализовано именно в виде «умножитель + аппаратный аккумулятор».

Предсказуемость характеристик аппаратных умножителей делает их удобными для реализации систем цифровой обработки сигналов. Так, цифровые фильтры, которые можно сконструировать в специальном приложении FIR Compiler, входящем в состав САПР ISE (рисунок 17), используют только компоненты DSP48. Результатом работы этого инструмента является готовый компонент цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой, не требующий дополнительного вмешательства разработчика.

Тактовые ресурсы

Уменьшение технологических норм и повышение тактовых частот делают цифровые схемы крайне чувствительными к особенностям трассировки, технологическому разбросу параметров, температуре и колебаниям напряжения питания. Поэтому большинство приемов, основанных на асинхронной схемотехнике, для FPGA технически реализуемы, но приводят к крайне нестабильному функционированию. Для повышения надежности работы проектов на базе FPGA применяемые схемы должны быть синхронными.

Все синхронные компоненты (триггеры, блочная память, блоки DSP) получают тактовый сигнал по выделенным линиям, которые проложены по кристаллу так, чтобы минимизировать неравномерность распространения сигнала. Если использовать именно эти ресурсы, то можно считать, что все синхронные компоненты работают одновременно. В противном случае возможно возникновение так называемых гонок фронтов, когда фронт тактового сигнала приходит на отдельные компоненты в разные моменты времени и в кристалле будут одновременно существовать данные, относящиеся к разным отсчетам тактового сигнала. Комбинация сигналов, относящихся к разным тактам, скорее всего, приведет к неправильному поведению схемы. Нельзя утверждать, что следование правилам проектирования синхронных схем создает постоянные проблемы на всем протяжении проекта, однако этому вопросу следует уделить внимание.

В ПЛИС Spartan-6 предусмотрены специальные буферы для распространения тактового сигнала, однако они расположены только в определенных блоках ввода/вывода, помеченных в документации. Тактовые сигналы следует подать на такие входы, однако этого недостаточно для равномерного распространения фронта по всему кристаллу. Для этой задачи необходимо использовать модули, подстраивающие задержку выходного сигнала, – DCM (Digital Clock Manager) или PLL (Phase-Locked Loop). Оба компонента имеются на кристалле FPGA и объединены в так называемый Clock Management Tile. В последующих публикациях будет рассмотрен процесс настройки этих компонентов для формирования требуемого в проекте тактового сигнала.

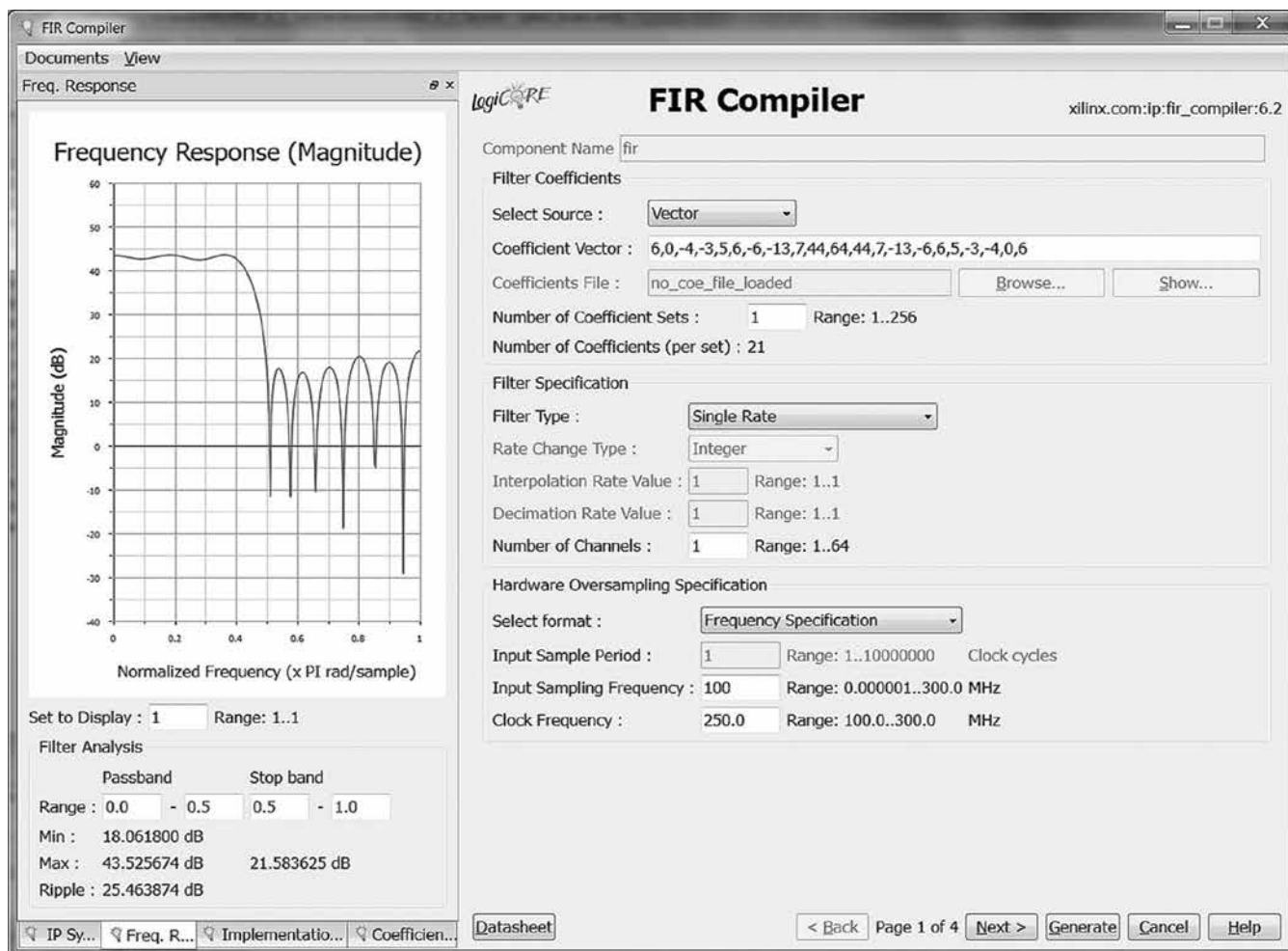


Рисунок 17 – Диалоговое окно инструмента FIR Compiler

Модуль DeviceDNA

Специальный модуль DNA (в переводе – ДНК, по аналогии с ДНК-кодом живых организмов) предназначен для организации защиты интеллектуальной собственности. Этот модуль содержит 57-битный код, уникальный для каждого экземпляра ПЛИС. Код может быть произвольно использован разработчиком для проверки уникальности устройства. Если проект содержит проверку DNA-кода устройства, несанкционированное копирование конфигурации станет бессмысленным, поскольку конкретный конфигурационный файл будет пригоден для работы в единственном экземпляре ПЛИС. Разработчик может самостоятельно выбрать реакцию своего проекта на несовпадение кода. На рисунке 18 показан компонент DeviceDNA.

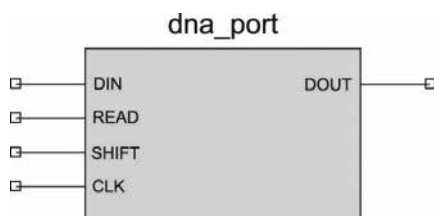


Рисунок 18 – Схематическое представление компонента DeviceDNA

Заключение

Представляется, что в настоящее время разработчики могут дополнительно обратить внимание на ПЛИС малой стоимости, которые не предъявляют высоких требований к системам питания, печатной плате, не требуют для отладки дорогостоящего оборудования или программного обеспечения, но при этом способны привнести в проект множество дополнительных возможностей. Важно, что вследствие малой логической емкости ПЛИС Spartan-6 не нуждаются в оформлении экспортной лицензии, поэтому относительно оперативно поставляются в Россию. Вопросы проектирования с применением ПЛИС для специалистов, не знакомых с данной элементной базой, рассмотрены в учебных курсах Xilinx (www.plis.ru/training).

Литература

1. Spartan-6 FPGA Packaging and Pinouts Product Specification.
2. Spartan-6 FPGA Clocking Resources.
3. Spartan-6 FPGA Configuration.

fpga-e.ru

LTM4646 – СОВРЕМЕННОЕ КОМПАКТНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМНОГО ПИТАНИЯ

Владимир Рентюк, Василий Ильин

Когда было объявлено об окончательном приобретении компанией Analog Devices известного бренда Linear Technology, у разработчиков, которые привыкли к использованию продуктов этой компании, неизменно отличавшихся высоким качеством и широким выбором, возникли законные опасения. Однако, как показало время, тревоги оказались напрасными. Все известные линейки были сохранены, мало того, получили свое развитие, а в текущем году начали выходить на рынок весьма интересные и перспективные изделия. Одним из продуктов, способным заинтересовать разработчиков, стал новый 20-А микромодуль LTM4646, предназначенный для питания высокоточных низковольтных устройств и представленный под брендом Power by Linear – так теперь компания Analog Devices именует решения Linear Technology.

Перед тем как перейти к обзору микромодуля, остановимся на двух вопросах: что такое μ Module и почему они так важны. В настоящее время в разработке систем электропитания наибольшее распространение получила распределенная архитектура с питанием PoL – это буквально означает организацию питания непосредственно в месте подключения нагрузки. Отсюда и PoL, то есть Power of Load. Удобства такого подхода очевидны: не нужно унифицировать нагрузки по питанию, что дает определенную гибкость, нет необходимости протягивать через платы шины питания, которые могут быть сведены к разумному минимуму в части как питающих напряжений, так и токов. Кроме прямого удобства такой архитектуры непосредственно для целей питания, выигрыш дает и упрощение общего решения конечной системы для выполнения требований по электромагнитной совместимости (ЭМС). А этому непростому вопросу, как известно, уделяется очень пристальное внимание, нормы ужесточаются, причем это касается аппаратуры самого различного назначения [1].

Для того чтобы оптимально с точки зрения финансовых и временных затрат решить указанные проблемы, разработчику желательно иметь небольшие по габаритам, полностью завершённые устройства в виде DC/DC-преобразователей. Причем с широким диапазоном допустимого входного напряжения, что, в свою очередь, сократит число промежуточных шин в распределенной системе питания. И здесь на арену выходят μ Module, которые представляют гибридные завершённые сборки DC/DC-преобразователей. В общем виде μ Module – это системные решения, объединяющие высокопроизводительные аналоговые ИС, силовые ключи и пассивные компоненты, оптимально интегрируя и обеспечивая высокую производительность в небольшом объеме [2]. Пример такого модуля в общем виде представлен на рисунке 1.

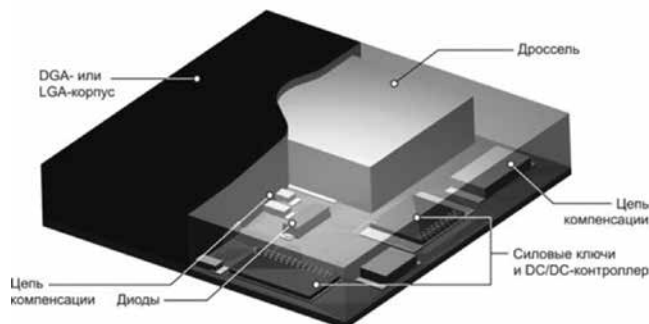


Рисунок 1 – Полное решение гибридного импульсного DC/DC-преобразователя μ Module

В организации распределенного питания с технологией PoL важную роль играет сама нагрузка. И если в общей архитектуре все понятно, то риски и проблемы можно минимизировать выбором DC/DC-преобразователя, основываясь на требованиях к той или иной нагрузке. И здесь важно учитывать все, чтобы не получилось, как это бывает – гладко было на бумаге, да забыли про овраги, – поскольку нагрузка нагрузке рознь. Одними из таких критических нагрузок, с питанием которых чаще всего возникают проблемы, являются ПЛИС (FPGA), графические процессоры и специализированные микросхемы. Проблема здесь в том, что они требуют низких напряжений и относительно высоких токов при высоких характеристиках питающего напряжения. Ввиду большой сложности таких решений проектировать их весьма затруднительно, а конечное решение будет занимать и без того дефицитную площадь печатной платы. Здесь, как нельзя кстати, компания Analog Devices и предложила разработанный командой Linear микромодуль LTM4646, предназначенный именно для питания высокоточных низковольтных устройств.

В общем плане LTM4646 представляет собой понижающий стабилизатор. В анонсе [3], перепечатанном рядом зарубежных и русскоязычных технических СМИ, он позиционировался как работающий от входной шины напряжением 5 или 12 В, но по факту, согласно спецификации [4], устройство работает в диапазоне входного напряжения от 4,5 В в штатном включении, а со смещением 5 В через вход CPWR – для питания логики, от 2,375 В и до 20 В, и поддерживает два выхода с диапазоном выходного напряжения от 0,6 (второй канал от 0,3 В) и до 5,5 В, установленным внешними резисторами. В двухканальной конфигурации он может поставить в нагрузки ток до 10 А, а в одноканальной – до 20 А. Как и полагается источнику питания технологии μ Module, LTM4646 содержит дроссели, МОП-транзисторы силовых ключей, контроллер DC/DC-

преобразователя и все необходимые для его функционирования и не связанные с настройками компоненты. DC/DC-преобразователь выполнен в корпусе BGA размерами всего 11,25×15×5,01 мм. Естественно, достичь таких размеров дискретным решением самостоятельной разработки просто нереально. Даже по сравнению с существующими 10-А двухканальными модулями размеры LTM4646, будут меньше на 25%. Благодаря схемотехническому решению в виде сдвоенного стабилизатора, небольшим габаритам корпуса и высокой точности поддержания выходного напряжения (причем независимо по выходам) модуль LTM4646 является не только эффективным решением в части общей схемотехники распределенной системы питания PoL, но и экономным относительно занимаемой этим решением площади на печатной плате. Последнее является критическим фактором для компактных системных плат с высокой плотностью монтажа, что характерно именно для низковольтных и высокоточных устройств, таких как ПЛИС (FPGA), специализированные микросхемы, микропроцессоры и графические процессоры. Кроме того, области применения нового модуля – это платы PCIe, коммуникационная инфраструктура, медицинская аппаратура с визуализацией, а также промышленное и высокопроизводительное испытательное и измерительное оборудование.

Типовая схема включения модуля LTM4646 в двухканальном варианте приведена на рис. 2, а упрощенная электрическая блок-схема, позволяющая оценить его сложное схемотехническое решение, представлена на рисунке 3.

Согласно спецификации [4] данных модулей, точность поддержания выходного напряжения LTM4646 гарантируется на уровне не хуже $\pm 1,5\%$ во всем диапазоне допустимых нагрузок и диапазоне рабочих температур $-40...+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кроме того, что немаловажно для больших токов, в обоих каналах модуля имеются дифференциальные усилители, позволяющие через специальные входы – например, для второго канала (рисунок 2) это VOUTS2 и VOUTS2– – отслеживать напряжение непосредственно на нагрузке своего канала в полном диапазоне выходного напряжения. Усилитель канала 1 ($\times 1$) имеет ширину полосы около 8 МГц, а усилитель обратной связи канала 2 ($\times 2$) имеет ширину полосы около 4 МГц – вполне достаточно, чтобы не оказывать влияния на компенсацию основного контура управления и влиять на переходные характеристики стабилизаторов. Вместе с тем это позволяет схеме управления компенсировать падения напряжения на сопротивлениях линий подключения и гарантировать заданные уровни и стабильность напряжения в точке приема питания.

Еще одна важная особенность модулей LTM4646 – возможность выбора внутренней или внешней компенсации петли обратной связи. Это позволяет пользователям оптимизировать стабильность контура управления и переходные характеристики стабилизатора при минимизации емкости выходных конденсаторов, а следовательно, и пространства, занимаемого конечным решением системы питания.

Что касается эффективности (КПД), ее пиковое значение составляет 96%, а при большой разности входного и выходного напряжений – до 85% (рису-

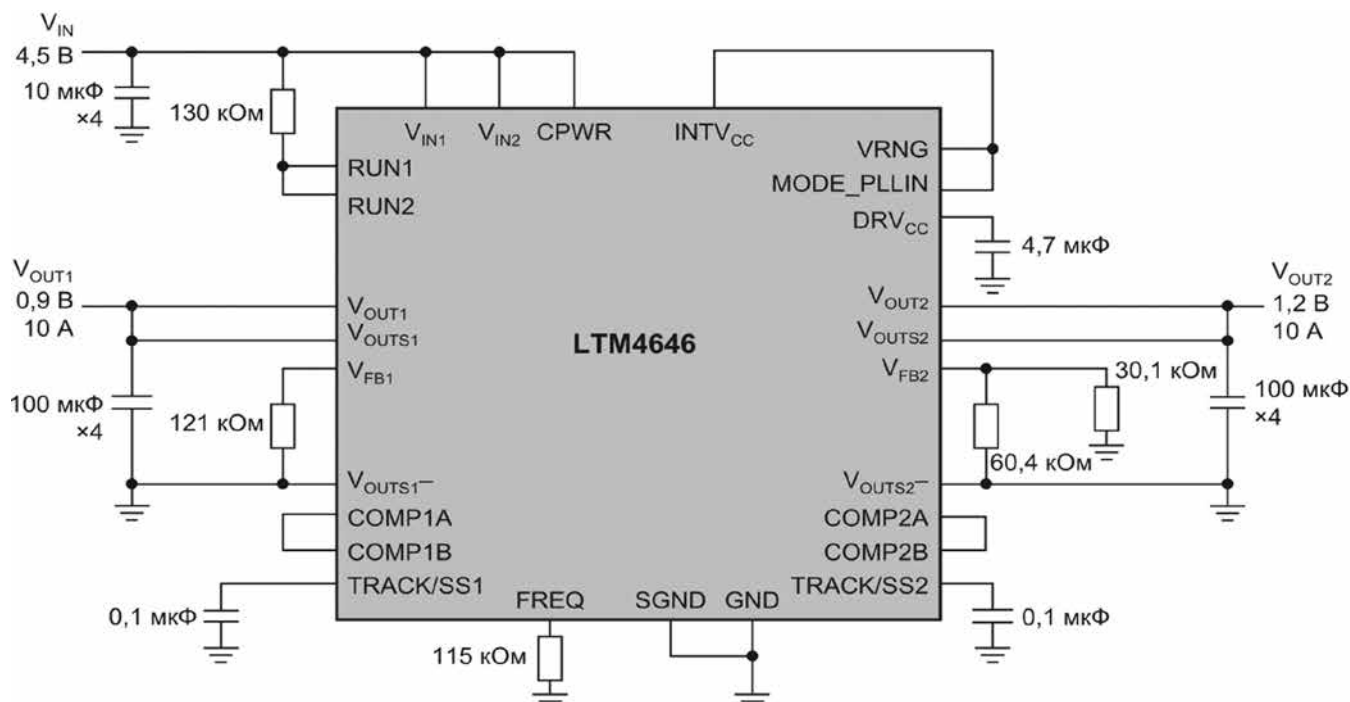


Рисунок 2 – Типовая схема включения модуля LTM4646 в конфигурации: входное напряжение V_{IN} 4,5–20 В; выходное напряжение $V_{OUT1} = V_{OUT2} = 1,5\text{ В}$; выходной ток $I_{OUT} = 10\text{ А}$ на каждый выход

Примечание. Для упрощения на схеме не показаны выходы PGOOD1, PGOOD2, EXTVCC, TEMP1+, TEMP1–, TEMP2+, TEMP2– PHASMD, CLKOUT, SW1, SW2

нок 4). При воздушном потоке 200 футов/мин модуль LTM4646 без применения внешнего радиатора обеспечивает длительное питание нагрузки полным током 20 А до температуры +85 °С. Кроме того, для увеличения выходной мощности современная архитектура с управлением по току позволяет устанавливать несколько модулей LTM4646 в параллельной многофазной конфигурации с очень хорошим распределением токов между каналами.

Как уже было сказано, выходные напряжения модуля программируются внешними резисторами и настраиваются для каждого канала отдельно. Это позволяет устройству генерировать не только низкое напряжение

питания для цифровых устройств, но и напряжения 2,5; 3,3 и 5 В, необходимые для стандартных системных шин. Однако здесь есть своя особенность, на которую следует обратить более пристальное внимание.

ШИМ-контроллер имеет внутреннее опорное напряжение 0,6 В. Как показано на рисунке 1, внутренний резистор обратной связи 60,4 кОм подключается между V_{OUTS1} и V_{FB1} и между V_{OUTS2} и V_{FB2} . Для правильного функционирования обратной связи очень важно, чтобы эти контакты были подсоединены к соответствующим выходам. Каждый канал имеет резистор 49,9 Ом, подключенный от V_{OUTS1} к V_{OUT1} и от V_{OUTS2} к V_{OUT2} . Этот резистор предназначен для защиты выхода, если любой

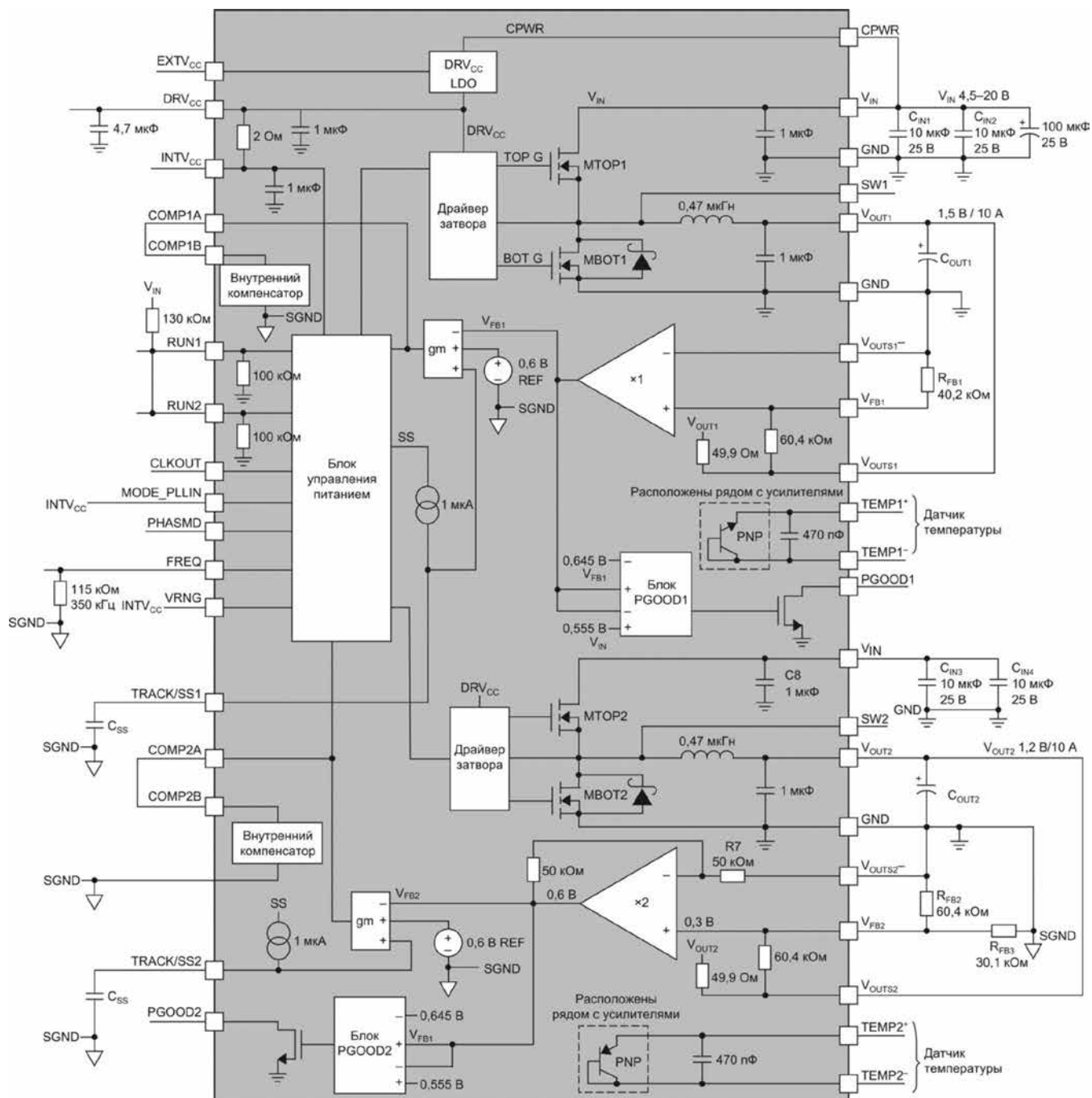


Рисунок 3 – Упрощенная блок-схема модуля LTM4646

из входов V_{OUTS} открыт и остается незащищенным. Выходное напряжение V_{OUT1} без резистора обратной связи на V_{FB1} будет по умолчанию равно 0,6 В. Добавление резистора R_{FB1} между выводами V_{FB1} и V_{OUTS1} программирует выходное напряжение следующим образом:

$$V_{OUT1} = 0,6 \times ((60,4 \text{ кОм} + R_{FB1}) / R_{FB1}).$$

Что касается выходного напряжения V_{OUT2} , оно без резистора обратной связи на V_{FB2} по умолчанию равно 0,3 В. Для его программирования необходимо добавление резистора R_{FB2} от выводов V_{FB2} к V_{OUTS2} и резистора R_{FB3} , равного по номиналу параллельному включению $60,4 \text{ кОм} \parallel R_{FB2}$ от V_{FB2} к SGND. Таким образом, для программирования выходного напряжения по второму каналу надо выполнить два условия:

$$\begin{aligned} V_{OUT2} &= 0,6 \times ((60,4 \text{ кОм} + R_{FB2}) / R_{FB2}) \\ \text{и } R_{FB3} &= 60,4 \text{ кОм} \parallel R_{FB2} = \\ &= (60,4 \text{ кОм} \times R_{FB2}) / (60,4 \text{ кОм} + R_{FB2}). \end{aligned}$$

Согласно теореме Тевенина, которая гласит, что любая электрическая цепь электрически эквивалентна идеальному источнику напряжения с последовательно включенным с ним резистором, уравнение для определения V_{OUT2} приводится к 0,6 В подключением последовательного резистора номиналом, равным $60,4 \text{ кОм} \parallel R_{FB2}$. Таким образом, R_{FB3} , подключенный последовательно к сопротивлению $60,4 \text{ кОм} \parallel R_{FB2}$, дает необходимое в этом случае опорное напряжение, равное 0,3 В. Для облегчения установки выходных напряжений в спецификации [4] приводится таблица для выбора номиналов всех задействованных в этом резисторов.

Еще один важный момент в организации системы питания на базе DC/DC-преобразователей состоит в том, что для увеличения выходной мощности их архитектура с управлением по току позволяет включать не только внутренние преобразователи, но и несколько LTM4646 в параллельной многофазной конфигурации, а также использовать мягкий старт (задается выбором номинала конденсатора C_{SS}) и устанавливать необходимую последовательность включения и выключения выходных напряжений. Последовательность определяется конфигурированием выводов TRACK/SS, путем установки резисторов R_{TA} и R_{TB} , и соответствующего выбора их номиналов, подробности приведены в [4]. Пример объединения каналов модуля LTM4646 показан на рисунок 5, а построение до шести развернутых многофазных конфигураций описано в [4], однако при соответствующем подходе к проектированию максимально доступное число фаз равно двенадцати.

Рабочая частота DC/DC-преобразования может быть запрограммирована. Она может быть установлена одним внешним резистором в диапазоне 250–1,3 МГц и, кроме того, синхронизирована с внешними тактовыми импульсами частотой 300 кГц – 1 МГц, что весьма полезно при проектировании критических по уровню электромагнитных помех (ЭМП) и электромагнитной совместимости конечных приложений. Хотя это прямо и не указано в спецификации, наличие внешней синхронизации подразумевает возможность использования

размытия спектра через модуляцию рабочей частоты преобразования. Номинал частото задающего резистора рассчитывается как:

$$41\,550 / f(\text{кГц}) - 2,2 = R_{\text{FREQ}} (\text{кОм}).$$

Рассматриваемый модуль имеет защиту от повышенного напряжения по входу, перегрузки по току и короткому замыканию, а также флаг Power Good – все это, несомненно, полезно, но привычно. Впрочем, у модуля есть одна особенность – встроенные независимые датчики температуры с отдельными дифференциальными выходами для подключения к внешним схемам, например к контроллеру. Причем это не один общий датчик, а два, разделенные по каналам (рисунок 3). Датчики выполнены на полупроводниковых переходах, зашунтированных внутренними конденсаторами, и расположены в зоне силовых ключей. Диапазон рабочих температур модулей LTM4646 составляет $-40 \dots +125^\circ\text{C}$. Поскольку эти устройства предназначены не только и не столько для аппаратуры широкого применения, для них предусмотрены два варианта изготовления: согласно требованиям Директивы RoHS с покрытием контактов припоем SAC305 и с покрытием выводов стандартным оловянно-свинцовым припоем SnPb (63/37). Это связано с тем, что серверы, некоторые типы телекоммуникационной аппаратуры, а также аппаратура военного и специального назначения, требующие высокой надежности, исключены из Директивы RoHS и пока, к счастью, ситуация здесь не изменилась [5].

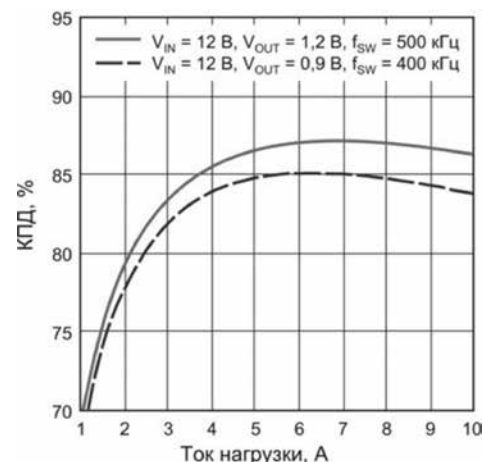


Рисунок 4 – Зависимость КПД от тока нагрузки

Естественно, цель дать подробное описание достаточно сложного продукта, такого как LTM4646, в обзорной статье не ставилась, однако, пока компания Analog Devices не представила на него справочных материалов типа Application Note, можно и нужно использовать его спецификацию [4]. Однако для облегчения имплементации модулей LTM4646 в конечные решения компания предприняла определенные шаги, в частности сделала доступными демонстрационный набор (рисунок 6) [6], модель для LTspice и файлы для LTpowerCAD.

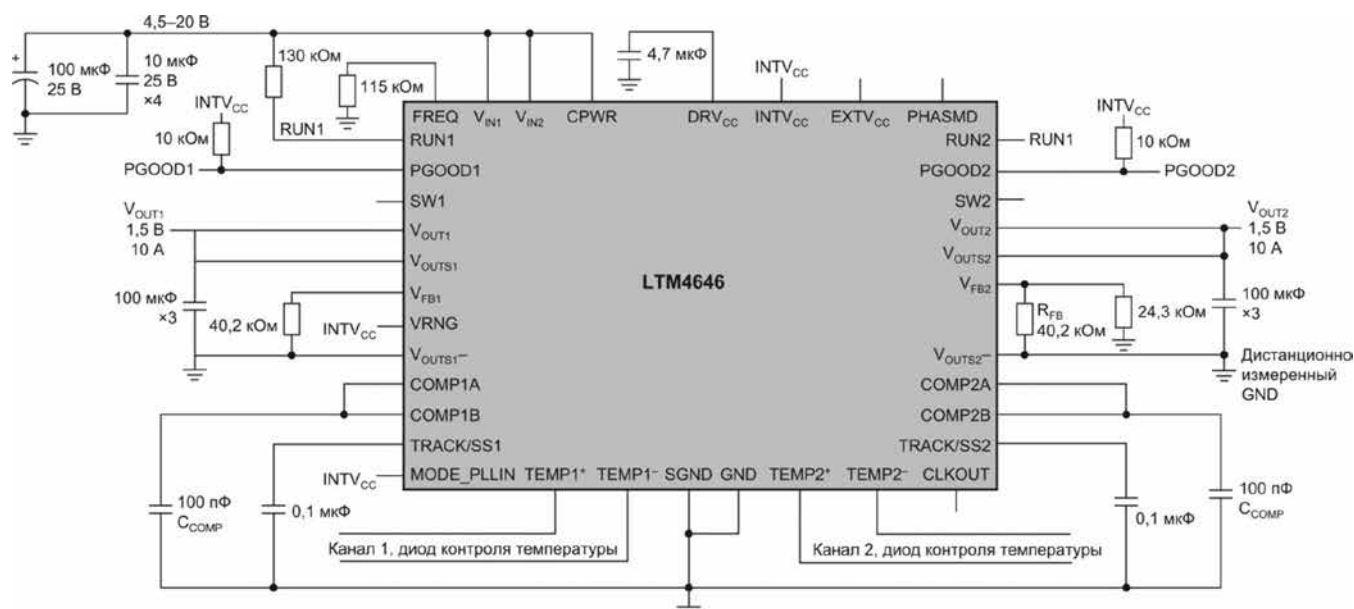


Рисунок 5 – Двухфазная параллельная конфигурация DC/DC-преобразователей модуля LTM4646, обеспечивающая выходной ток 20 А

В демонстрационном комплекте установлен модуль LTM4646EY и имеется управление по контакту TRACK/SS, что позволяет программировать отслеживание выходного сигнала или период мягкого запуска. В условиях большой нагрузки плата работает в режиме непрерывных токов. Для повышения эффективности (КПД) при низких токах нагрузки режим прерывистых токов устанавливается переключкой `MODE_PLLIN`. Вывод `MODE_PLLIN` также позволяет LTM4646 синхронизироваться с внешним тактовым сигналом частотой, как уже было сказано, в диапазоне 300 кГц – 1,3 МГц. Демонстрационный комплект DC2527A-B предусматривает выбор как внутренней, так и внешней схемы компенсации, а через замыкание контакта PHASMD с

другими контактами можно генерировать необходимые фазы CLKOUT и Channel2. Подробно комплект описан в руководстве [6], и естественно, что он должен включаться только после тщательного изучения спецификации [4].

Если для вашего конечного продукта недостаточно мощности или эффективности рассмотренного модуля, можно воспользоваться его следующей модификацией – LTM4662 [7], рассчитанной на токи 15 А в двухканальном включении и 30 А в одноканальном, а также имеющей КПД при большой разнице входного/выходного напряжений до 93% [7]. По своей сути и принципу работы этот модуль аналогичен рассмотренному, в том числе он полностью совместим с ним по выводам и тоже анонсирован в этом году. Кроме того, компания Analog Devices под брендом Power by Linear предлагает еще целый ряд сдвоенных модулей с различными уровнями входных напряжений и выходных токов, информация о которых доступна на сайте компании.

Литература

1. Рентюк В. Электромагнитная совместимость: проблема, от которой не уйти // Компоненты и технологии. 2017. № 7.
2. μ MODULE POWER PRODUCTS Simplify Power.
3. www.electronicsworld.com/news/business/ltn4646-2018-02/
4. LTM4646 Dual 10A or Single 20A μ Module Regulator/ LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2018.
5. Рентюк В. RoHS-директива: защита экологии или рынков? // Технологии в электронной промышленности. 2013. № 5.
6. DEMO MANUAL DC2527A-B LTM4646 Dual 10A or Single 20A μ Module Regulator
7. LTM4662 Dual 15A or Single 30A DC/DC μ Module Regulator ANALOG DEVICES, INC. 2018.

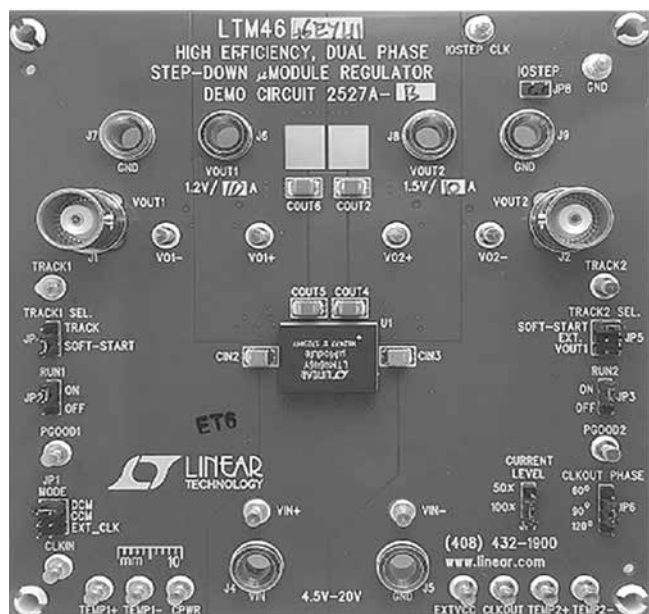


Рисунок 6 – Демонстрационный набор DC2527A-B
для оценки модулей LTM4646

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЕВЫХ СВЧ-ТРАНЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ ПСЕВДОМОРФНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР ДЛЯ МОЩНЫХ МИС МОДУЛЕЙ АФАР

В.Г.Тихомиров^{1,2}, Н.А.Малеев², А.Г.Кузьменков², В.Е.Земляков⁴,
А.В.Крутов⁴, А.Ю.Егоров³, В.Б.Янкевич¹, В.М.Устинов²

¹ ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

² Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН

³ Академический университет – научно-образовательный центр нанотехнологий РАН

⁴ ФГУП «Научно-производственное предприятие "Исток"»

Проведено численное моделирование и расчетная оптимизация полевых СВЧ- транзисторов на основе псевдоморфных гетероструктур AlGaAs-InGaAs-GaAs (pHEMT). Результаты выполненных исследований позволяют сделать вывод о возможности достаточно эффективного использования программного пакета TCAD SILVACO для численного моделирования СВЧ pHEMT транзисторов с учетом основных физических явлений и особенностей реальных приборных конструкций.

Основой современных полупроводниковых СВЧ приборов служат наногетероструктуры. Характерные топологические размеры для современных СВЧ-транзисторов составляют десятые доли микрометра, а толщины слоев зачастую составляют единицы нанометров. Изготовление и диагностика таких приборных структур возможны только с применением самых современных технологических и аналитических методов, обладающих возможностью управляемого синтеза сверхтонких эпитаксиальных слоев, формирования субмикронной топологии и локальной диагностики свойств приборных структур на пространственных масштабах в единицы-десятки нанометров. В связи с этим, экспериментальная оптимизация гетероструктурных СВЧ-транзисторов является сложной, трудоемкой и затратной процедурой [1].

Использование методов математического моделирования, базирующихся на многомерных численных моделях расчета транспорта носителей, тепловых процессов и динамических характеристик [2] позволяет дополнить, проверить и объяснить существующие экспериментальные данные, а зачастую и предсказать поведение приборных структур при изменении параметров, которые затруднительно экспериментально воспроизвести. Такие возможности открывает использование современных пакетов численного моделирования полупроводниковых приборов [3,4]. Однако оптимальный выбор и эффективное использование того или иного пакета возможно только после верификации его возможностей для решения определенного класса задач, что требует получения параметров используемых моделей с учетом свойств конкретного объекта моделирования.

В рамках настоящей работы проводилось численное моделирование и расчетная оптимизация полевых

СВЧ-транзисторов на основе псевдоморфных гетероструктур AlGaAs-InGaAs-GaAs (pHEMT). Исследуемые приборы были изготовлены в ЗАО «Светлана-Электронприбор» и ФГУП «НПП «Исток» на базе эпитаксиальных гетероструктур, разработанных и изготовленных методом молекулярно-пучковой эпитаксии в ФТИ им.А.Ф.Иоффе РАН [5] и АФТУ РАН.

Как показали проведенные ранее исследования, наибольшее влияние на характеристики гетероструктурных полевых транзисторов оказывают параметры затворной области (толщины состав и профиль легирования отдельных слоев, геометрические размеры и профиль затворной канавки, топологические размеры и пространственное расположение затворного электрода). Выбор оптимальных параметров затворной области оказался чрезвычайно важен, например, для получения оптимальных СВЧ характеристик при заданной длине затворного электрода, обеспечения требуемого уровня пробивного напряжения, повышения устойчивости характеристик прибора к возможным флуктуациям параметров технологических процессов.

На первом этапе работы проводилась адаптация численных моделей к особенностям конструкции и технологии реальных приборных структур, после чего были выполнены расчеты статических вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик, динамических характеристик (s-параметры в заданном диапазоне частот) и тепловых характеристик тестовых pHEMT транзисторов с субмикронной длиной затвора. Рис.1. иллюстрирует пример расчета набора ВАХ для исследуемого гетероструктурного полевого транзистора и ее сравнение с семейством экспериментальных характеристик.

На втором этапе исследований были выполнены расчеты различных вариантов конструкции гетероструктурных полевых транзисторов и предложены пути их оптимизации. В частности, исследовалось влияние конструктивных, топологических (включая 2D- топологию) и технологических параметров на выходные характеристики транзисторов. Для исследованной конструкции транзисторной гетероструктуры обнаружено сильное влияние не только глубины расположения затвора, но и формы и расположения подзатворной канавки на статические ВАХ (см. табл.1 и рис.2).

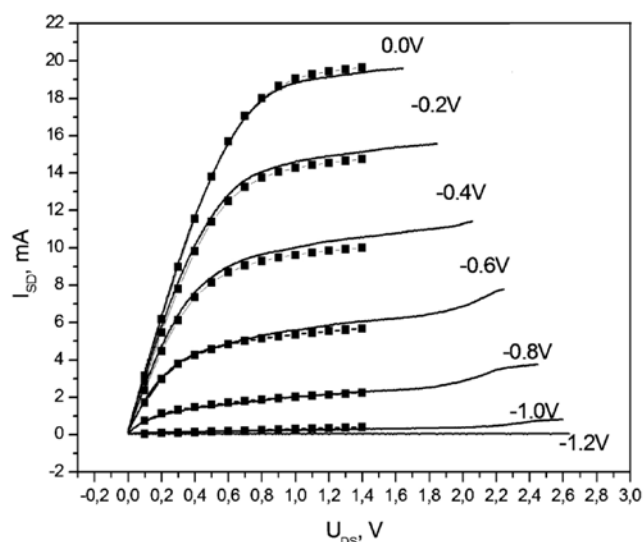


Рисунок 1

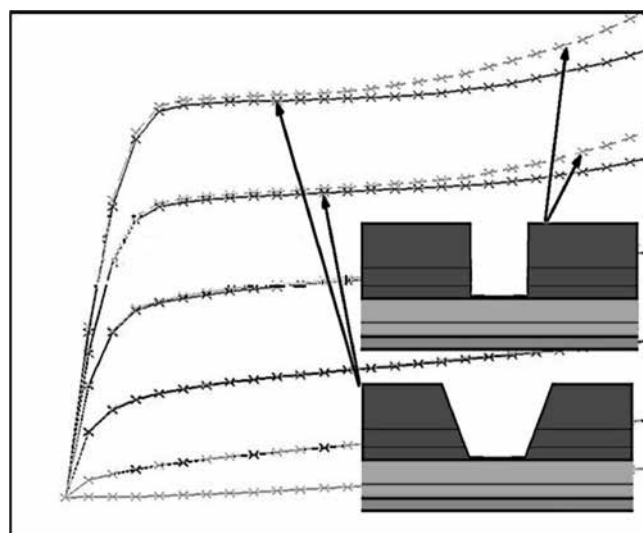


Рисунок 2

Таблица 1

Статические параметры	Глубина травления 0,084 мкм	Глубина травления 0,080 мкм
Удельный ток насыщения стока, мА/мм	250	300
Удельная крутизна, мСм/мм	290	210
Напряжение насыщения стока, В	1,1	1,3
Напряжение отсечки затвора, В	-0,87	-1,13

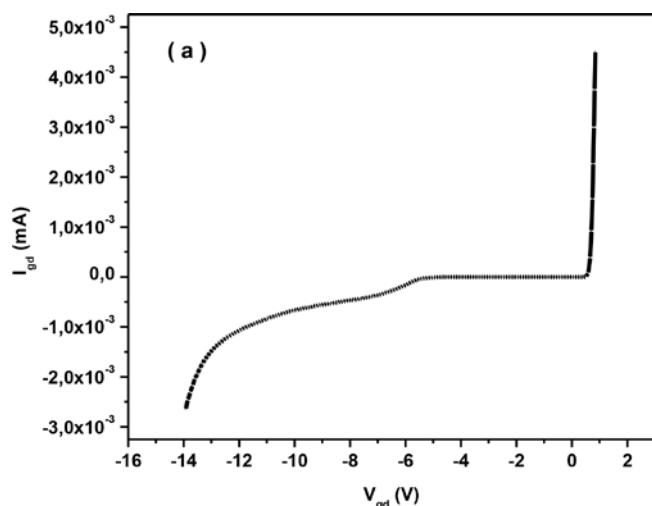


Рисунок 3

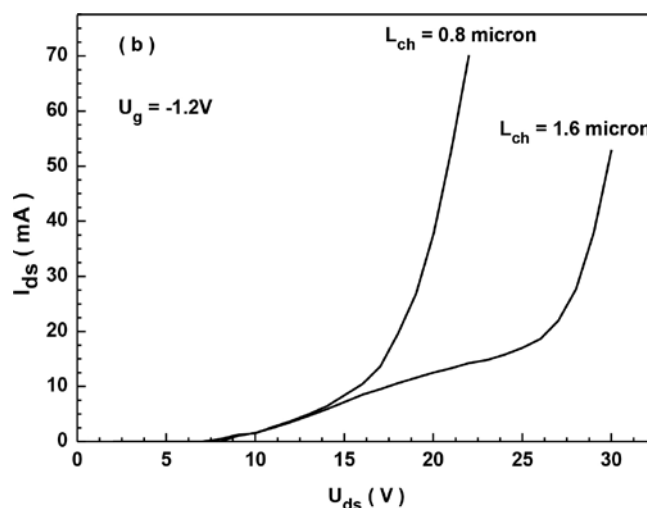


Рисунок 4

Существенный интерес для мощных приборов представляет исследование влияния формы затворной канавки на пробивное напряжение затвор-сток, определяющее предельные режимы эксплуатации транзистора. Возможности эксперимента в данном случае ограничены сложностью прецизионного варьирования параметров затворной канавки в пределах конкретной исследуемой структуры. С другой стороны, корректное моделирование пробивного напряжения является весьма сложной задачей. На рис.3 представлена типичная вольт-амперная характеристика диода затвор-сток, измеренная для изготовленного рНЕМТ- транзистора с длиной затвора 0,3 мкм, расстоянием сток-исток 2,5

мкм, шириной затворной канавки около 0,6 мкм и проектной глубиной травления затворной канавки 84 нм. В отличие от классической картины пробоя диодов с барьером Шоттки, в данном случае после начала пробоя при обратном напряжении затвор-сток около 6В наблюдается плавное нарастание тока вплоть до обратного напряжения около 13В, после чего обратный ток затворного диода начинает резко возрастать.

Такой «плавный» характер пробоя можно успешно использовать для улучшения предельных рабочих характеристик усилителей мощности за счет увеличения максимального напряжения сток-исток при сохранении приемлемого уровня тока в затворной цепи. Для адекват-

ватного описания вольт-амперных рНЕМТ транзисторов в режиме пробоя потребовалось построение полной модели энергетического баланса с учетом разогрева носителей, эффектов насыщения скорости, неполной ионизации и генерации носителей в области сильных полей. На рис.4 представлены результаты расчетов вольт-амперных характеристик сток-исток при напряжении на затворе -1,2В, близком к пороговому. Расчеты выполнялись для двух рНЕМТ-транзисторов с длиной затвора 0,3 мкм, расстоянием сток-исток 2,5 мкм и глубиной затворной канавки 84 нм. Качественный вид вольт-амперных характеристик и полученные значения пробивных напряжений (15-25В) хорошо соответствуют экспериментальным данным для изготовленных транзисторов. Налицо существенная зависимость величины расчетного значения пробивного напряжения от длины затворной канавки L_{ch} , которая наблюдается и в эксперименте.

Результаты выполненных исследований позволяют сделать вывод о возможности эффективного использования численного моделирования СВЧ рНЕМТ транзисторов для оптимизации конструкций гетероструктур для мощных МИС модулей АФАР.

Библиографический список

1. M. Malmkvist, S. Wang, J.V. Grahn, «Epitaxial Optimization of 130-nm Gate-Length InGaAs/InAlAs/InP HEMTs for High-Frequency Applications», IEEE Trans. Electron Devices, vol. 55, N.1, pp. 268-274, 2008
2. H. Brech, T. Grave, T. Simlinger, S. Selberherr, «Optimization of Pseudomorphic HEMT's Supported by Numerical Simulations», IEEE Trans. Electron Devices, vol. 44, N.11, pp. 1822-1828, 1998
3. V. Palankovski, R. Quay, S. Selberherr, «Industrial Application of Heterostructure Device Simulation», IEEE J. Solid-State Circuits, Vol. 36, N. 9, pp.1365-1370, 2001
4. SILVACO International, «ATLAS user's manual. DEVICE SIMULATION SOFTWARE», Santa Clara, CA, 2010
5. В.Е.Земляков, В.А.Красник, В.И.Васильев, С.А.Легенкин, Н.А.Малеев, А.Е.Жуков, А.П.Васильев, В.С.Михрин, В.М.Устинов, «Гетероструктурные полевые транзисторы миллиметрового диапазона длин волн ФГУП НПП «Исток», 15 Int.Conf. Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo'2005), 12-16 Sept. 2005, Sevastopol, Crimea, Ukraine.

НОВЫЙ СТАНДАРТ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ NB-IOT

Апарин Владимир, Гизятулин Вадим

С каждым годом безопасность IoT-устройств становится все более актуальной. Компания Nordic Semiconductors первой на рынке выпустила NB-IoT модуль nRF9160 на базе ARM-овских ядер Cortex-M33 и CryptoCell 310. Разберем, какие возможности предоставляет разработчику использование этих ядер.

Модем nRF9160 (рисунок 1) представляет собой систему в корпусе (SiP – system in package) с модемом LTE-NB/CatM и навигационным приемником. Решение поддерживает все частоты, используемые в сетях NB-IoT и CatM, поэтому нет необходимости обращаться к различным модификациям устройств для разных регионов. Энергоэффективный Cortex-M33 с 1 Мбайт Flash-памяти и 256 кбайт RAM предоставляет разработчикам широкие возможности для создания приложений.



Рисунок 1 – Внешний вид модуля nRF9160

Технические характеристики nRF9160:

- LTE bands B1/2/3/4/5/8/12/13/14/17/18/19/20/25/26/28/66;
- 64 МГц ARM Cortex-M33;
- ARM TrustZone;
- ARM CryptoCell-310;
- 1 Мбайт Flash и 256 кбайт RAM;
- 4 SPI/UART/TWI PDM, I2S, PWM, АЦП;
- автоматизированное управление питанием и часами;
- 32 GPIOs.

Однако отличительной чертой nRF9160 является безопасность. Cortex-M33 оснащен модулями TrustZone для ARMv8-M, которые помогают защищать данные приложений и программное обеспечение, используя изолированную доверенную среду для ЦП и ОС.

Упрощая, можно сказать, что технология TrustZone позволяет разделить код и данные на две части: обычную, к которой привыкли все и широко используют, например в Cortex-M4, и защищенную, в которой выполняется код и хранятся данные, требующие защиты.

TrustZone в процессорах ARMv8-M (рисунок 2) предлагает аппаратный контроль доступа к коду, памяти и вводу/выводу, сохраняя при этом требования встроенных приложений: отклик в реальном времени, минимальные накладные расходы на переключение, ограниченные ресурсы на кристалле и простоту разработки программного обеспечения. Технология TrustZone позволяет разделить систему и программное обеспечение на «безопасный» и «нормальный» миры.

Безопасное программное обеспечение может получать доступ как к защищенным, так и к незащищенным ресурсам и памяти, тогда как обычное программное обеспечение может обращаться только к незащищенным ресурсам и памяти. Эти состояния безопасности ортогональны существующим режимам Thread и Handler, что позволяет использовать режимы Thread и Handler как в безопасном, так и в незащищенном состоянии.

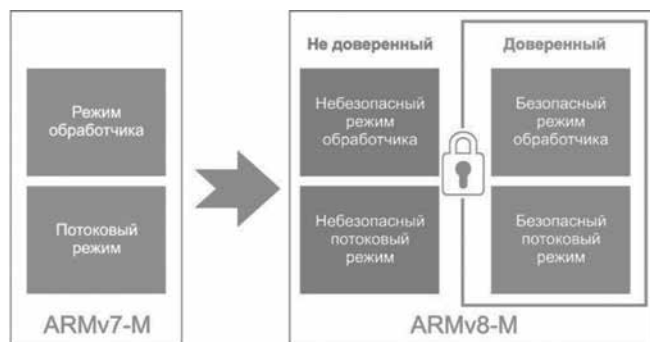


Рисунок 2 – TrustZone в процессорах ARMv8 M

Структура TrustZone включает следующие элементы:

- четыре стека и четыре регистра указателя стека;
- проверка аппаратного ограничения стека;
- программируемый блок защиты памяти, разделяющий пространство на безопасную и незащищенную области;
- система обработки исключений автоматически сохраняет и затем очищает безопасные состояния регистров при переключении в незащищенное состояние исключения;
- функция вызова незащищенного кода из защищенной области с контролем исполнения при помощи инструкций Secure Gateway (SG).

Прошивка может быть загружена в безопасную область для использования в системе незащищенными приложениями, будучи при этом полностью защищенной. Код супервизора, помещенный в безопасную область, может применяться для восстановления системы после программной атаки или ненадежной работы, в то время как незащищенная область остается доступной для разработчиков, которые в настоящее время создают программное обеспечение для Cortex-M. ARMv8-M добавляет дополнительное состояние к работе процессора, так что имеются как безопасные, так и небезопасные состояния выполнения.

Как уже упоминалось, технология TrustZone условно разделяет микроконтроллер на два мира – нормальный и безопасный. Это позволяет перенести обработку конфиденциальной информации в изолированную защищенную среду. CryptoCell – расширение ARM TrustZone, реализующее дополнительные функции аппаратно, а именно хранилище ключей, ускорители шифрования, генератор случайных чисел, блоки проверки кода, ключей и безопасной отладки. CryptoCell дополняет TrustZone и повышает безопасность устрой-

ства (рисунок 3), при этом не снижая производительности устройства, так как используются аппаратные ускорители. TrustZone предлагает аппаратное управление доступом к коду, памяти и интерфейсам ввода/вывода данных, позволяя работать в обычных условиях встроенных приложений: отклик в реальном времени, минимальные задержки на коммутацию, ограниченные ресурсы на кристалле и простота разработки программного обеспечения.

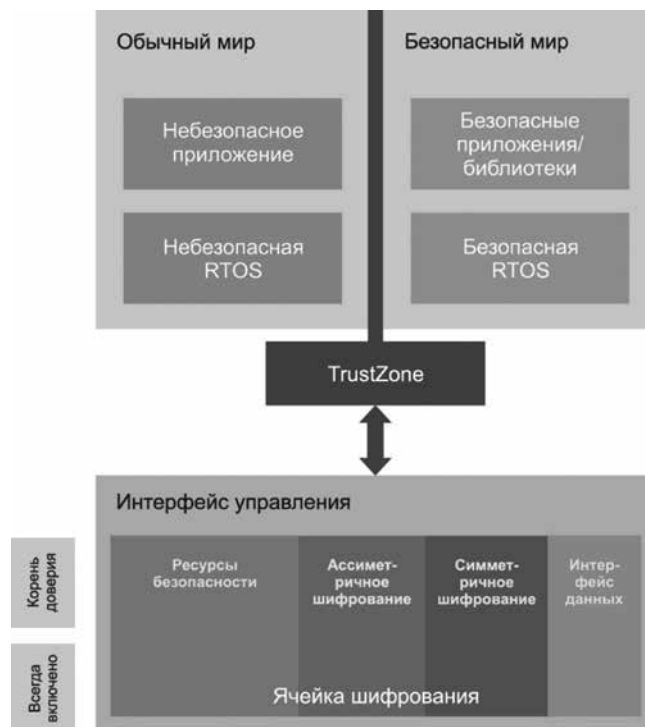


Рисунок 3 – Структура ARM TrustZone CryptoCell

Компания ARM представила свою технологию Platform Security Architecture (PSA) на основе ядер CryptoCell и Cortex-M33 еще в 2017 году (рисунок 4), но реальные серийные микросхемы появились лишь в конце 2018 – начале 2019 года.

PSA предназначена для защиты недорогих IoT-устройств, в которых невозможно обеспечить доверительную среду (TEE, Trusted Execution Environment). Идея PSA заключается в том, чтобы отделить критичные части системы (ключи, права, учетные данные, прошивку) от аппаратных и программных компонентов, подверженных взлому. PSA определяет безопасную среду Secure Processing Environment (SPE) для этих данных, код, который управляет ими, и надежные аппаратные ресурсы (рисунок 5). Технология ориентирована в первую очередь на Cortex-M, но совместима со всеми семействами Cortex-A/-R/-M.

ARM TrustZone Cryptocell в Cortex-M33 обеспечивает безопасное хранение ключей (в том числе с уникальным аппаратным идентификатором), проверку прошивок (например, при обновлении по воздуху), генераторы случайных чисел (TRNG, PRNG), аппаратное ускорение шифрования AES, SHA, ChaCha, ECC, в том



Рисунок 4 – Развитие ARM в сфере платформ безопасности



Рисунок 5 – Архитектура PSA

числе с DMA. То есть все данные во Flash и RAM могут быть зашифрованы. Следует отметить, что CryptoCell позволяет иметь несколько корней доверия для различных задач, а также безопасную отладку (Secure Debug) с авторизацией прав.

Трехсотая серия CryptoCell ориентирована именно на малопотребляющие IoT-устройства. Потребление новых M33 примерно на 20–40% ниже, чем M4, учитывая потери в энергопотреблении на работу TrustZone, в 20% имеем такой же или более низкий уровень потребления, чем сейчас. То есть аппаратная безопасность пришла в наиболее массовый бюджетный сегмент с Cortex-M33 и в ближайшее время количество продуктов на их базе будет только увеличиваться.

Ранее TrustZone был доступен только для производственных семейств Cortex-A, однако за последний год многие производители беспроводных систем выпустили свои решения на базе Cortex-M и в перспективе планируют переход на Cortex-M33.

В апреле 2020 года Cortex-M33 были сертифицированы по уровню EAL6+ по системе общих критериев (Common Criteria) информационной безопасности. Это очень высокий уровень безопасности, который позволяет использовать эти решения в высокорисковых ситуациях. Для сравнения, уровень EAL5 имеют смарт-

карты (банковские, транспортные, в том числе бесконтактные), уровень EAL4 или EAL4+ у большинства операционных систем Windows и Linux.

Подводя итоги, нужно подчеркнуть, что модули Nb-IoT и LTE Cat-M являются переходным классом между 4- и 5-м поколением систем сотовой связи, ориентированных на малопотребляющие сети LPWAN. В большинстве случаев устройства должны работать годами без вмешательства человека. Современные решения позволяют работать 7–10 лет на одном элементе питания (батарея). Средний срок службы устройства часто достигает 15 лет. За это время могут значительно измениться требования по безопасности, появятся новые угрозы. Устройства при этом должны работать стабильно без вмешательства человека весь срок службы. Соответственно, необходимо защищать IoT-устройства с учетом срока и характера их работы.

Литература

1. Статьи из раздела ARM TrustZone technology
2. arm.com/products/silicon-ip-cpu/cortex-m/cortex-m33
3. Arm Cortex-M33 Processor Datasheet.
4. Introducing ARM Cortex-M23 and Cortex-M33 Processors with TrustZone for ARMv8-M.
5. Статья TrustZone CryptoCell-312 Security IP

	НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	НАЗВАНИЕ КОМПАНИИ, АДРЕС, ТЕЛЕФОН
КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ, ГЕНЕРАТОРЫ, ФИЛЬТРЫ, ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ И ПАВ ИЗДЕЛИЯ		
1.1	Любые кварцевые резонаторы, генераторы, фильтры (отечественные и импортные)	 ·ALNAR· УП «Алнар» +375 (17) 227-69-97 +375 (17) 227-28-10 +375 (17) 227-28-11 +375 (29) 644-44-09 alnar@tut.by www.alnar.net
1.2	Кварцевые резонаторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	
1.3	Кварцевые генераторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	
1.4	Термокомпенсированные кварцевые генераторы	
1.5	Резонаторы и фильтры на ПАВ	
1.6	Пьезокерамические резонаторы, фильтры, звонки, сирены	

УНП 100191870

СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ		
2.1	Большой выбор электронных компонентов со склада и под заказ. Микросхемы производства Xilinx, Samsung, Maxim, Atmel, Altera, Infineon и пр. Термоусаживаемая трубка, диоды, резисторы, конденсаторы, паяльная паста, кварцевые резонаторы и генераторы, разъемы, коммутация и др.	 ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ ЧТУП «Чип электроникс» +375 (17) 269-92-36 chipelectronics@mail.ru www.chipelectronics.by
2.2	Широчайший выбор электронных компонентов (микросхемы, диоды, тиристоры, конденсаторы, резисторы, разъемы в ассортименте и др.)	Группа компаний «Альфа-лидер» +375 (17) 391-02-22 +375 (17) 391-03-33. www.alider.by

УНП 191142740

УНП 192321381

ЭЛЕКТРОННАЯ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ		
3.1	Комплексная поставка электронных компонентов	 ТУП «Альфачип Лимитед» +375 (17) 366-76-16 analog@alfa-chip.com www.alfa-chip.com
3.2	Датчики, сенсоры и средства автоматизации	
3.3	Светодиодные индикаторы, TFT, OLED и ЖК-дисплеи и компоненты для светодиодного освещения	
3.7	Мощные светодиоды (EMITTER, STAR), сборки и модули мощных светодиодов, линзы ARLIGHT	 ООО «СветЛед решения» +375 (17) 214-73-27 +375 (17) 214-73-55 info@belaist.by www.belaist.by
3.8	Управление светом: RGB-контроллеры, усилители, диммеры и декодеры	
3.9	Источники тока AC/DC для мощных светодиодов (350/700/ 100-1400 mA) мощностью от 1 W до 100 W ARLIGHT	
3.10	Источники тока DC/DC для мощных светодиодов (вход 12-24V) ARLIGHT	
3.11	Источники напряжения AC/DC (5-12-24-48 V от 5 до 300 W) в металлическом кожухе, пластиковом, герметичном корпусе ARLIGHT, HAITAIK	
3.12	Светодиодные ленты, линейки открытые и герметичные, ленты бокового свечения, светодиоды выводные ARLIGHT	
3.13	Светодиодные лампы E27, E14, GU 5.3, GU 10 и др.	
3.14	Светодиодные светильники, прожекторы, алюминиевый профиль для светодиодных изделий	

УНП 192525135

УНП 191672332

СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ		
3.15	Поставка со склада и под заказ: микросхемы TEXAS INSTRUMENTS, INTERSIL, EM Marin, FREESCALE, XILINX, ALTERA, CHINFА, реле GRUNER, кварцевые резонаторы KDS, MICRO KRISTAL, батарейки и аккумуляторы, держатели RENATA, XENO, PKCELL, модемы HUAWEI, QUECTEL, системы на модуле (одноплатные компьютеры) отладки, беспроводные модули SECO, INMIS, SMK, SAURIS, TORADIX, накопители на флэш-памяти INNODISK, герконы COMUS, COTO, разъемы KEYSTONE, HIROSE и др. Техническая поддержка, поставка бесплатных образцов, проектные цены.	 ООО «БелСКАНТИ» +375 (17) 256-08-67, +375 (17) 398-21-62 nab@scanti.ru www.scanti.com

УНП 190813939

3.16	Индуктивные, емкостные, оптоэлектронные, магнитные, ультразвуковые, механические датчики фирмы Balluff (Германия)
3.17	Блоки питания, датчики давления, разъемы, промышленная идентификация RFID, комплектующие фирмы Balluff (Германия)
3.18	Магнитострикционные, индуктивные, магнитные измерители пути, лазерные дальномеры, индуктивные сенсоры с аналоговым выходом, инклинометры фирмы Balluff (Германия)
3.19	Инкрементальные, абсолютные, круговые магнитные энкодеры фирмы Lika Electronic (Италия)
3.20	Абсолютные и инкрементальные магнитные измерители пути, УЦИ (устройство цифровой индикации), тросиковые блоки, муфты, угловые актуаторы фирмы Lika Electronic (Италия)
3.21	Автоматические выключатели, УЗО, дифавтоматы, УЗИП, выключатели нагрузки фирмы Schneider Electric (Франция)
3.22	Контакты, промежуточные реле, тепловые реле перегрузки, реле защиты, автоматические выключатели защиты двигателя фирмы Schneider Electric (Франция)
3.23	Кнопки, переключатели, сигнальные лампы, посты управления, джойстики, выключатели безопасности, источники питания, световые колонны фирмы Schneider Electric (Франция)
3.24	Универсальные шкафы, автоматические выключатели, устройства управления и сигнализации, УЗО и дифавтоматы, промежуточные реле, выключатели нагрузки, контакторы, предохранители, реле фирмы DEKraft

АВТОМАТИКА
Ц · Е · Н · Т · Р

ООО «Автоматика центр»

+375 (17) 218-17-98

+375 (17) 218-17-13

sos@electric.by

www.electric.by

УНП 191087188

Беззеркальный фотоаппарат Olympus E-M10 Mark IV Kit 14-150 mm

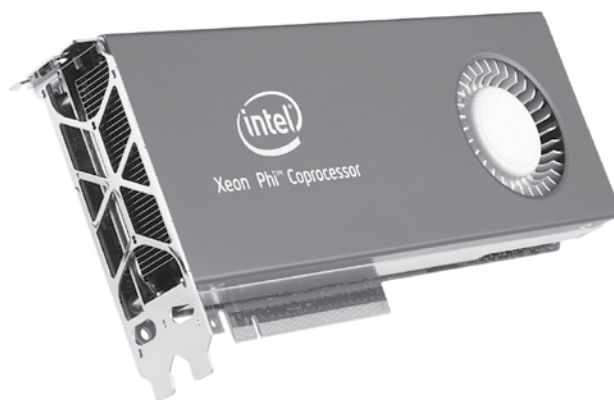


Компактная беззеркалка для туризма и влога...

OLYMPUS
WWW.OLYMPUS.COM

Сократите свой путь к открытию!

Intel Xeon Phi сопроцессор



ПОДРОБНОСТИ
НА INTEL.COM

24-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОНИКА

21-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ЭЛЕКТРОТЕХ. СВЕТ

6-9.04.2021

Минск,
пр-т Победителей, 20,
Футбольный манеж.

При поддержке:

Министерства промышленности Республики Беларусь
Ассоциации промышленных энергетиков "БелАПЭ"

БелАПЭ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:
GENERAL INTERNET-PARTNER:



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ:
GENERAL INFORMATION PARTNERS:

WEB-ENERGO.by



Организатор:



МИНСКЭКСПО

220035, Минск, Беларусь
ул.Тимирязева, 65

тел.: +375 17 226 98 88

факс. +375 17 226 91 92

Email: sveta@minskexpo.com

www.minskexpo.com

ЗАО МИНСКЭКСПО УНН 100094846

А л в ф а Ч И П Л И М И Т Е Д

*Новые возможности
ваших идей*

- Электронные компоненты
- Средства автоматизации
- Датчики, сенсоры
- Светодиодные индикаторы, TFT, OLED и ЖКИ дисплеи
- Компоненты для светодиодного освещения

**Прямые поставки
от мировых производителей**

**Разработка и техническая
поддержка новых проектов**



220012, г. Минск, ул. Сурганова, 5а, 1-й этаж
Тел./факс: +375 17 366 76 01, +375 17 366 76 16
www.alfa-chip.com
www.alfacomponent.com