

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

2

2023

**СОЛНЕЧНЫЙ РІС:
КАК ИЗУЧАЮТ АКТИВНОСТЬ СОЛНЦА**

YouTube



Telegram



В НОМЕРЕ:

**Квантовая
криптографическая
катастрофа:** продолжение темы

**Серийный выпуск чипов
в России:** проблема и решения

Современные датчики:
что нельзя измерить?

Эволюция сегвея:
от самоката до электромобиля

WWW.SOEL.RU





«СТА-ПРЕСС» МЕДИАПОРТАЛ



**ТОВАРИЩ!
БИЗНЕС РОСТ ЗАМЕДЛИЛ?**

РАНО ВПАДАТЬ В СТУПОР!

НУЖНО КРИЧАТЬ О СЕБЕ НЕМЕДЛЯ,

А МЫ

ОБЕСПЕЧИМ РУПОР!

Используй все возможности продвижения,
которые мы создали для тебя



Журналы

Уважаемые издания –
качественная
аудитория, готовая
улыбаться вас!



YouTube-канал

Это ваша
возможность
интересно
рассказать о себе



Сайты

Это ваши новости,
оперативно
доставленные
по адресу



Конференции

Здесь нет случайных
людей – вы заведёте
новые контакты
и расскажете о себе
специалистам!



Дизайн-студия

Наши дизайнеры
и верстальщики
сделают для вас
эффективную
рекламу, баннер,
ролик



СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА

+7 (917) 517-46-18 / advert@soel.ru / cta.ru / soel.ru

Не стесняйся, присоединяйся!

rus-elektronika.ru



ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

Выставка электронной продукции
российского производства

28|29|30
НОЯБРЯ
2023 МОСКВА
Крокус Экспо



12+

По вопросам участия в выставке обращайтесь,
пожалуйста, в Оргкомитет: +7 (812) 401 69 55, electron@mvk.ru



Организатор:



Международная
Выставочная
Компания

Официальная поддержка:



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

Партнеры:





Здравствуйте, уважаемые друзья!

В этом году «Современная электроника» продолжит знакомить вас с новинками и событиями мира современной электроники. Разумеется, происходящие или ожидаемые на нашей родине события наиболее приоритетны для нас.

По данным главы Минцифры Максута Шадаева, озвученным на заседании в Госдуме, около 100 тысяч российских IT-специалистов в 2022 году покинули страну. Главным побудительным мотивом отъезда за рубеж для большинства из них стала угроза мобилизации. Не слишком помогли тогда даже спешно принятые оговорки, касающиеся брони от призыва. Но первый шок прошёл, и многие из импульсивно принявших решение возвращаются обратно. По данным «Руссофт», в Россию вернулось около 30% уехавших айтишников. Другие эксперты более пессимистичны в оценках обратного потока специалистов. К тому же надо признать, что в подавляющем числе случаев причиной возврата является вовсе не появление «уверенности в завтрашнем дне» (напротив, многие опасаются второй волны мобилизации), а лишь невозможность в силу экономических, законодательных, социальных причин закрепиться на новом месте жительства. Анализируя ситуацию, государство начинает осознавать, что одним «кнудом» в виде санкций в отношении уехавших положение в отрасли не поправишь, а вот усугубить можно легко. Минцифры выступило с инициативой пакета мер для помощи покинувшим Россию высококвалифицированным кадрам в рамках процесса возвращения в страну. В частности, обсуждается гарантированная бронь от призыва в армию и оплата обратной дороги в Россию. Достаточно ли этого? Скорее всего, нет. А какие, по вашему мнению, условия требуются для безбоязненного возврата специалистов?

Заходите на наш сайт, подписывайтесь на YouTube-канал «Современной электроники», делитесь ссылками на понравившиеся ролики со своими друзьями и коллегами.

Всего вам доброго!

Юрий Широков, главный редактор

Журнал «Современная электроника»
Издаётся с 2004 года

Главный редактор Ю. В. Широков
Заместитель главного редактора А. В. Малыгин
Редакционная коллегия А. Е. Балакирев, В. К. Жданкин,
С. А. Сорокин, Д. А. Кабачник, Р. Х. Хакимов
Вёрстка А. М. Бабийчук
Обложка Д. В. Юсим
Распространение А. Б. Хамидова (info@soel.ru)
Реклама И. Е. Савина (advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»
Генеральный директор К. В. Седов
Адрес учредителя и издателя:
117279, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108,
пом./ком/эт I/67/тех
Почтовый адрес: 117437, г. Москва,
Профсоюзная ул., 108
Тел.: (495) 232-00-87
info@soel.ru • www.soel.ru

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

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

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

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей несут авторы.
Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.
Мнение редакции не обязательно совпадает с мнением авторов.
Все упомянутые в публикациях журнала наименования продукции и товарные знаки являются собственностью соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2023

ЧИТАЙТЕ
ЖУРНАЛ



в ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ
на сайте soel.ru
после простой регистрации
и
в ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ
по подписке

СОДЕРЖАНИЕ 2/2023

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

Delta Design 4-я стр. обл.

RAYSTAR 17

АДВАНТЕХ 23

ДС-Роботикс 5

КОМПЭЛ 4

МОРИОН 4

Новэл 5

Центр профессиональной обуви 5

Читайте в «СТА» № 1/2023:

ПЕРЕХОДИ НА СТОРОНУ C++

НОВЫЙ ДРУГ ЛУЧШЕ СТАРЫХ ДВУХ:

Куда в АСУТП без Китая?

ОБЛАКО В ШТАНАХ:

ИИ в промышленной автоматизации

ВИДОИЗМЕНЁННЫЙ УГЛЕРОД:

секрет долголетия карбоновых АКБ



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

РЫНОК

4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6 Квантовая криптографическая катастрофа. Часть 2

Виктор Алексеев

14 Перспективы и преимущества совмещения электромобиля и сегвея: история одного изобретения

Антти Суомалайнен

18 Обзор инновационных разработок электронных модулей в области робототехники

Андрей Кашкаров

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

24 Электронные датчики потока, протока и реле для производственных линий, магистралей и бытовых услуг. Обзор

Андрей Ласорла

32 Щелевые оптические датчики положения для современной электронной техники. Обзор

Антти Суомалайнен

39 Тензодатчики и тензорезисторы для вендинговых аппаратов и современной РЭА

Андрей Ласорла

48 Универсализация микросхем логики через повышение степени интеграции

Карина Абагян, Андрей Денисов

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

52 Разработка портативного устройства и комплекса программ для тестирования и настройки многофункциональных аварийных вычислителей- регистраторов

Андрей Васенев

54 Причины температурного перегрева электронных компонентов и пути инженерных решений

Антти Эс

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

60 Синхронная запись АЧХ поля атмосфериков на разнесённых по широте авроральных обсерваториях (экспериментальные данные)

Алексей Галахов, Алексей Галкин

Новости российского рынка

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Прецизионные кварцевые генераторы для телекоммуникационного оборудования от АО «Морион»

АО «Морион» (Санкт-Петербург), ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства пьезоэлектрических приборов стабилизации и селекции частоты, представляет полную линейку прецизионных кварцевых генераторов для телекоммуникационного оборудования.



Для работы современных телекоммуникационных систем требуется определение точного времени, которое, чаще всего, обеспечивается высокостабильными атомными стандартами частоты. Наиболее широко используются сигналы от таких стандартов, установленных на спутниках GPS и ГЛОНАСС или по сети. Оба этих источника сигнала обладают значительным джит-

Характеристика	ГК360	ГК209	ГК211	ГК200 (ГК200М)	ГК208	ГК197	ГК291	ГК199
Частота, МГц	10	5...10	5...10	5...20	9,8...13	7,68...25		
Диапазон температур, °C	-40...+85		-60...+70	-40...+85	-60...+85	-40...+85		
Стабильность в интервале температур, ±10 ⁻¹⁰	0,1	0,5	1	2	20	5	1	20
Старение, ±10 ⁻⁸	1	1	1	1...2	3	1...2		
Напряжение питания, В	5; 12		12	5; 12				
TIE	< 1 мкс / 24 ч < 0,4 мкс / 24 ч*	< 5 мкс / 24 ч	< 5 мкс / 24 ч	< 7 мкс / 24 ч	< 7 мкс / 8 ч	< 7 мкс / 8 ч	< 7 мкс / 8 ч	< 7 мкс / 4 ч
Габариты, мм	51×51	36×27	62×62	51×51	36×27	36×27	25,4×25,4	20×20
Высота, мм	19,0	19,0	40	12,7 (10)	16	12,7 (10)	12,7	12,7

* Достигается при использовании компенсации старения.

тером, поэтому им необходимо усреднение в течение длительного времени. Для этой цели подходят кварцевые генераторы, которые отличаются высокой кратковременной стабильностью на малых временах усреднения. Также в процессе работы телекоммуникационной системы могут возникать ситуации, когда получение сигнала от хранителя шкалы времени невозможно. Поэтому для функционирования прибора необходим высокостабильный внутренний хранитель точного времени, который замещает опорный внешний сигнал в моменты его отсутствия.

АО «Морион» выпускает целую линейку прецизионных кварцевых генераторов,

которые с успехом могут применяться в телекоммуникационном оборудовании.

Основной мерой качества генератора при использовании в телекоммуникационном оборудовании становится временная ошибка TIE, представляющая собой интегральную оценку изменения частоты за выбранный период времени.

Линейка генераторов АО «Морион» для телекоммуникационного оборудования приведена в таблице.

Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на сайте АО «Морион» или по телефону +7 (812) 775-95-65.

www.morion.com.ru

HRP/N3 от MEAN WELL – ИП с 350% перегрузкой для промышленных приложений

Для промышленных устройств и установок, где используется электропривод на двигателях постоянного тока или какие-либо исполнительные механизмы, в момент пуска требуется обеспечить повышенный ток. Для решения этой задачи обычно выбирается источник питания с повышенной избыточной мощностью, более дорогой и занимающий больше места, чем стандартный ИП для данных рабочих параметров. Оптимальное решение можно реализовать другим способом: выбрать источник питания с необходимой перегрузочной способностью. Такую возможность обеспечивает новое семейство HRP/N3 от MEAN WELL с перегрузочной способностью до 3,5 крат длительностью до 5 секунд. Это семейство расширяет уже существующее HRP/N увеличением кратности перегрузки. Все перечисленные ИП отличаются широким температурным диапа-

Основные технические характеристики:

Серия	Номинальная выходная мощность, Вт	Пиковая выходная мощность, Вт	Выходное напряжение, В	ККМ	Температурный диапазон	Габаритные размеры, (Д×Ш×В), мм	Гарантийный срок
HRP-150N3	150	525	12/24/36/48	> 0,94	-40...+70°C	159×97×38	5 лет
HRP-300N3	300	1050				199×105×41	
HRP-600N3	600	2100				218×105×61,5	

зоном -40...+70°C, устойчивы ко входному напряжению до 300 В (AC), содержат каскад коррекции мощности (ККМ; PFC) и имеют гарантийный срок эксплуатации 5 лет. Продукция выпускается номинальной мощностью 150/300/600 Вт с выходными напряжениями стандартного ряда. Данные ИП отлично подходят для приложений с высоким пусковым током и позволяют избавиться от избыточности по мощности, а также получить экономический выигрыш.

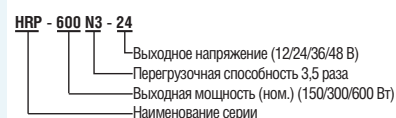
Особенности:

- перегрузочная способность до 350%;
- наличие коррекции мощности ($\lambda > 0,94$);
- широкий температурный диапазон -40...+70°C;
- гарантия 5 лет.

Применение:

- промышленные устройства и установки;
- промышленная автоматизация;
- беговые дорожки;
- электромеханические устройства;
- испытательное оборудование.

Расшифровка наименования:



www.compel.ru

msk@compel.ru

+7 (495) 995-09-01

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Искусство спектрального анализа – СК4-МАХ6

АО «Производственная компания «Новэл» представляет серийно выпускаемый анализатор сигналов и спектра реального времени высшего измерительного класса СК4-МАХ6. Прибор внесён в Госреестр средств измерений под номером 85014-22.

Анализаторы СК4-МАХ6 по совокупности метрологических и технических характеристик сопоставимы с лучшими образцами иностранного производства и имеют сходный с ними интуитивно понятный сенсорный интерфейс.

Ключевые характеристики:

- широкий диапазон частот от 1 Гц до 26,5/40 ГГц;
- доступна ширина полосы анализа в режиме реального времени 25/40/85/160 МГц (в стадии разработки 320/510/1200 МГц);
- опции измерения коэффициента шума, фазовых шумов, модулей S11 и S21 с использованием следящего генерато-

ра, нелинейных параметров четырёхполюсников (в стадии разработки);

- встроенный диплексер для обеспечения возможности работы с внешними смесителями (опция DPLX);
- выходы ПЧ2/ПЧ3 180/50 МГц (опции IF2RP/IF3RP);
- OBW, CP, ACP автоматизированные измерения;
- опция аналоговой демодуляции (AM/ЧМ/ФМ);
- опция векторной цифровой демодуляции (в стадии разработки);
- запись отсчётов АЦП на извлекаемый SSD;
- запись данных во внешнюю систему хранения данных.

В базовом исполнении, а также с применением специализированных программных опций, анализатор позволяет проводить настройку и регулировку задающих генераторов, формирователей радиосигналов, усилителей, смесителей, конвертеров, пассивных устройств.

Кроме этого, поддержка коммуникационного стандарта LXI позволяет использовать

анализатор в составе автоматизированных измерительных комплексов посредством подключения к беспроводным, кабельным или оптическим сетям Ethernet. Система и синтаксис команд совместимы с решениями ведущих мировых производителей, реализована также возможность эмуляции перечня команд конкретных приборов. Предусмотрена возможность монтажа анализатора в 19-дюймовую стойку (типоразмер прибора 6U).



Анализатор является превосходным решением для разработчиков и производителей современных и перспективных средств радиосвязи, радиолокации, радионавигации, для отладки и измерения характеристик блоков модулей.

www.novel-pk.ru
+7 (495) 120-30-42

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Производители России роботизируют производство электроники

Инновационная инженеринговая компания ООО «ДС-Роботикс» и производитель микроэлектроники ООО «Бутис», резидент ОЭЗ «Технополис Москва», запустили проект по роботизации производства электронных компонентов.

Потребность ООО «Бутис» в автоматизации связана со стратегией развития высокотехнологического производства, расширением номенклатуры и объёмов выпуска продукции. Проектом предусмотрена разработка и внедрение трёх роботизированных ячеек с машинным зрением на основе запатентованных разработок ООО «ДС-Роботикс» на участках наиболее трудоёмких сборочных операций.

«В решении мы используем малогабаритных коллаборативных роботов полез-



ной нагрузкой до 4 кг. Эти роботы имеют 6 степеней свободы, могут работать в одном пространстве с человеком за счёт высокой степени безопасности или же полностью заменить человека в рутинных или опасных операциях. То, что роботизированные решения начали внедряться российскими производителями электроники, – безусловный шаг вперёд. Появление таких проектов отражает процесс развития и взросления нашей индустрии даже несмотря на сложности в экономике», – рассказал Михаил Зотов, генеральный директор ООО «ДС-Роботикс».

Успешность применения роботизации при производстве электроники в России уже проверена на проекте с АО НПО «СтарЛайн». Пред-

приятию потребовалось решение для автоматизации пайки дисплеев автомобильных охранных комплексов (высокоточного и надёжного соединения гибкого шлейфа дисплея с печатной платой). Инженерами «ДС-Роботикс» был разработан и внедрён высокоточный роботизированный комплекс, который занял совсем небольшую площадь на производстве заказчика (всего 4 м²), но при этом эквивалентен 28 рабочим местам монтажников. В результате запуска комплекса производительность пайки дисплеев у НПО «СтарЛайн» выросла в 10 раз.

Внедрение роботов в производственные процессы позволяет эффективно повысить производительность, обеспечить стабильное качество, быструю переналадку оборудования на новую продукцию и гибко управлять персоналом.

ds-robotics.ru
+7 (495) 649-60-69

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Новые модели антистатической обуви российского производства компании «ЦПО»

В рамках программы импортозамещения ООО «Центр Профессиональной Обувки» продолжает расширять линейку антистатической обуви.

Новые облегчённые сандалии прошли испытания в независимых лабораториях и получили необходимые сертификаты, протоколы испытаний и заключение Минпром-

торга России о происхождении продукции. Модель также получила положительные отзывы от опытной носки на производствах.

В январе текущего года обувь запущена в массовое производство. Предназначена она в первую очередь для закрытых цехов, лабораторий и других «чистых» помещений. За счёт открытого носка и пятки модель максимально облегчена, при этом сохраняя все антистатические свойства. Обувь хорошо проветривается, что позволяет ноге комфортно чувствовать

себя даже в жарких, закрытых помещениях.

Базовый цвет кожи – белый, но компания предлагает широкий выбор цветов по запросу клиентов.

Арт. 8237, размеры мужские 41...46, женские 36...41.



www.proshoes.ru
+7(495) 380-11-05

Квантовая криптографическая катастрофа.

Часть 2

Виктор Алексеев (victor.alexeev@gmail.com)

Во второй части статьи рассматриваются современные квантовые процессоры и перспективы применения платформ на их основе для решения различных вычислительных задач. Отдельное внимание уделено обзору технологии постквантовой криптографии.

В начале ноября 2022 года концерн IBM анонсировал новую модульную платформу «System Two», способную объединять несколько квантовых процессоров в единую систему с универсальными интерфейсами между ними. Этот «строительный блок» предназначен для создания гибридных квантово-ориентированных сетей, которые позволят взаимодействовать классическим компьютерам с квантовыми суперкомпьютерами с помощью специального облачного решения.

Первым квантовым процессором в этом проекте стал IBM «Osprey», имеющий 433 рабочих кубита (рис. 1) [27].

Идея использования гибридного квантово-классического метода для факторизации больших чисел была реализована в 2021 году [28]. Авторы этой работы из «Zapata Computing» и «Massachusetts Institute of Technology», по существу, использовали для процесса факторизации метод VQE, назвав его «Variational Quantum Factoring – VQF». В этом методе VQF используется схема сведения задачи факторизации к

модели с минимизацией гамильтониана и известного алгоритма Фархи (Quantum Approximate Optimization Algorithm) [29].

Алгоритм VQF позволяет адаптировать задачу факторизации к решению сложной задачи с помощью метода оптимизации. Приблизительно этот процесс можно представить себе следующим образом. Факторизация числа N , содержащего n бит, сводится в конечном итоге к нахождению двух простых множителей p и q , удовлетворяющих условию $N=pq$. Поскольку простые числа p и q могут быть представлены nq и np битами соответственно, то процесс факторизации можно рассматривать как задачу, обратную обычному двоичному умножению. Иными словами, если известно значение i -го бита результата факторизации N_i , то задача состоит в том, чтобы найти биты простых множителей $\{p_i\}$ и $\{q_i\}$.

Стандартная процедура двоичного умножения p и q позволяет создать систему уравнений, которым должны удовлетворять $\{p_i\}$ и $\{q_i\}$, а также биты, соответствующие переносу из i -й в j -ю позицию.

С помощью этих уравнений можно привязать конкретные биты задачи факторизации к узлам задачи оптимизации. Подробно этот процесс сопоставления задачи факторизации и квантового алгоритма Изинга описан в работе [29]. Таким образом, решение задачи факторизации сводится к нахождению минимума гамильтониана с помощью квантового алгоритма модели Изинга. Корректировка требуемого количества кубитов, а также операции с анзацем осуществлялись с помощью стандартного цифрового компьютера. Квантовые вычисления проводились с использованием ресурсов европейского квантового центра

«IBM Boeblingen». Подробно экспериментальная часть этой работы описана в документе [30].

Схема эксперимента «вариационной квантовой факторизации» показана на рис. 2.

В левой части рис. 2 проиллюстрирован выбор количества итерационных шагов и необходимых кубитов в зависимости от значения числа N , которое нужно разложить на множители. После этого определялся гамильтониан задачи.

Задача оптимизации и подготовка пробного состояния реализовывались на квантовом компьютере IBM с использованием многослойной методики QAOA (центральная часть рис. 2).

В правой части рис. 2 показана схема заключительной стадии классической обработки, объединяющей результаты измерений на квантовом устройстве с классической предварительной обработкой и оценки успешности алгоритма.

Описанный алгоритм VQF и методика анзаца QAOA были применены для факторизации трёх целых чисел: 1 099 551 473 989, 3127 и 6557. Количество кубитов, необходимых для каждого экземпляра, зависит от объёма выполняемой классической предварительной обработки. Для 1 099 551 473 989 было использовано 24 итерации классической предварительной обработки, 8 итераций для 3127 и 9 – для 6557.

При этом использовался послыйный метод QAOA, подробно описанный в работе [31].

С одной стороны, рассмотренный метод VQF представляется полезным для факторизации составных чисел, поскольку результат вычислений квантового компьютера можно быстро проверить на классическом компьютере. С другой – в ходе экспериментов было обнаружено, что вероятность успешного нахождения сомножителей при факторизации выходит на некоторый уровень насыщения и далее перестаёт расти по мере увеличения количества итераций и количества используемых кубитов. Этот эффект связан с релаксацией и декогерентностью на более глубоких уровнях QAOA. Когерент-

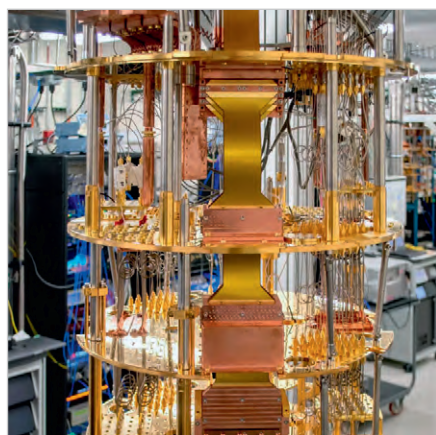


Рис. 1. Новый универсальный квантовый компьютер с вентиляционным управлением IBM «Osprey» имеет 433 кубита [27]

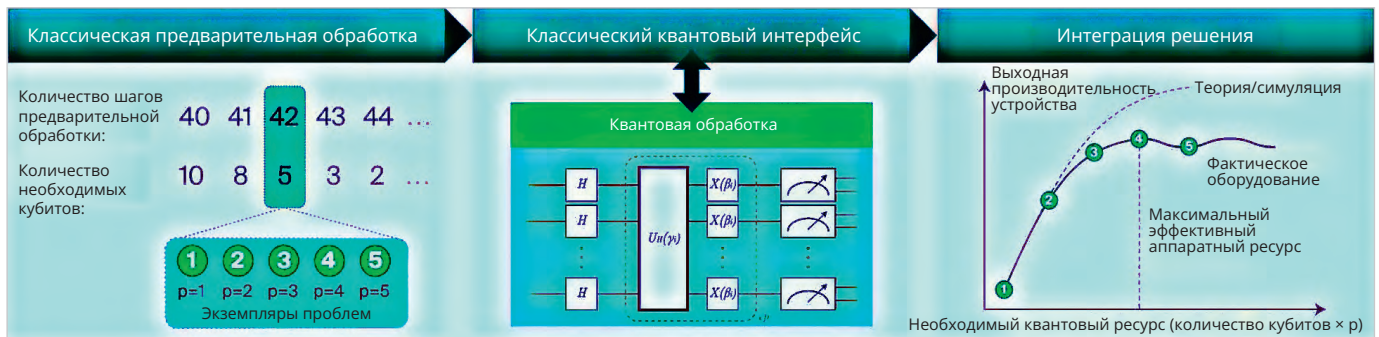


Рис. 2. Схема эксперимента факторизации с использованием метода VQF [30]

ный шум может быстро возрастать с увеличением количества итераций, что существенно ограничивает на данном этапе развития квантовых технологий возможности метода VQF в плане увеличения диапазона факторизации.

Проблема когерентных шумов менее остро проявляется в адиабатических квантовых вычислителях (AQC), поскольку в этом случае не требуются логические кубиты для исправления ошибок. Принцип действия AQC принципиально отличается от универсального цифрового квантового компьютера с вентиляющей обработкой (UDGQC).

В компьютерах UDGQC вычисления контролируются с помощью унитарных квантовых логических вентилях, изменяющих состояние каждого кубита. В противоположность этому AQC не имеет вентилях и не использует алгоритмы и квантовые операторы. Принцип действия AQC заключается в том, что вся система в целом устанавливается в начальное положение с помощью внешнего магнитного поля и далее контролируется адиабатический процесс её перехода в основное состояние. На практике широкое распространение получил упрощённый вариант адиабатических квантовых вычислений, получивший название «quantum annealing processing solver QAP» (вычислитель с квантовым отжигом). В этом устройстве эволюционный процесс идёт «не сам по себе», а регулируется внешним магнитным полем [13]. В настоящее время направление QAP быстро развивается во всём мире, прежде всего благодаря разработкам и массовому производству канадской фирмы D-Wave. Последняя модель процессора для квантового отжига фирмы D-Wave имеет 5000 кубитов [32].

Идея использования квантового отжига для задач перебора данных типа факторизации не нова и активно обсуждается в последние годы.

Квантовый отжиг подразумевает нахождение минимального из возможных значений гамильтониана физического процесса, который описывается конкретной математической моделью. Практически это применимо к модели Изинга, описывающей в общем случае систему, состоящую из размещённых в узлах решётки спинов, которые могут принимать только два возможных конечных состояния: либо вверх, либо вниз. Поэтому большинство прикладных задач квантового отжига решалась с помощью преобразования алгоритма некоторой начальной задачи в алгоритм типа Изинга.

В рассмотренных выше примерах с использованием VQF и квантового вентиляющего компьютера для решения задач факторизации изначальный гамильтониан преобразовывался и сводился к модели Изинга. В случае квантового отжига в «классическом варианте D-Wave» это сделать крайне сложно из-за отсутствия универсального управления каждым кубитом с помощью квантовых вентилях, как это сделано в компьютерах типа UDGQC. Поэтому преобразованный гамильтониан далеко не полностью соответствовал изначальному гамильтониану решения задачи факторизации.

Для того чтобы разрешить это противоречие, авторы работы [33] предложили задействовать дополнительную встроенную в квантовый процессор схему умножителя двоичных чисел и контроллера логических величин с использованием булевой алгебры.

Эту идею развили и реализовали экспериментально японские учёные из «National Institute of Advanced Industrial Science and Technology» [34].

В своей публикации они продемонстрировали возможности применения квантового отжига для прямого решения задачи факторизации с использованием изначального гамильтониана с булевыми таблицами истинности.

Был предложен вариант квантового отжига QAP с модернизированной схемой процессора и изменённой топологией расположения кубитов. Идея нововведений заключалась в том, что непосредственно в квантовый процессор QAP была встроена схема квантового умножителя с булевой логикой, позволявшая совершать операции умножения состояний кубитов, а также сравнивать результаты этих операций с помощью логических модулей. Таким образом, задавая кубитам различные состояния в соответствии с некоторой таблицей истинности, можно было перемножать двоичные числа. Следующий шаг заключался в том, чтобы определить минимальное значение разности между результатом умножения и числом N , подлежащим факторизации. То есть дальнейший процесс решения задачи факторизации проходил в соответствии со сценарием «классического» варианта квантового отжига, когда система сама переходит в основное состояние с минимумом гамильтониана.

Таким образом, стало возможным решать задачу разложения больших чисел с помощью процесса квантового отжига без предварительной трансформации на программном уровне первоначально заданного гамильтониана факторизации. Сам алгоритм квантового отжига при этом несколько усложнился и замедлился за счёт того, что на определённом этапе необходимо было задействовать квантовый процессор для выполнения промежуточных вычислений.

Подробное описание этого эксперимента и новые результаты измерений авторы опубликовали в августе 2022 года в журнале Nature [35].

На рис. 3 показана схема вычислительной ячейки экспериментальной установки для исследования факторизации с помощью квантового отжига, использованная в «Национальном

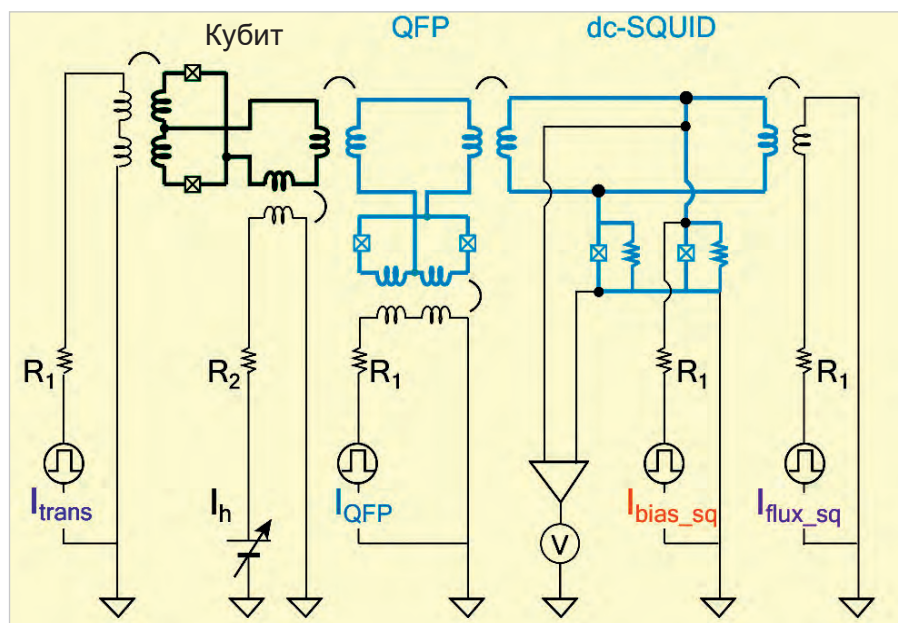


Рис. 3. Схема вычислительной ячейки экспериментальной установки для исследования факторизации с помощью квантового отжига, использованная в «Национальном институте передовых промышленных и научных технологий Японии» [35]

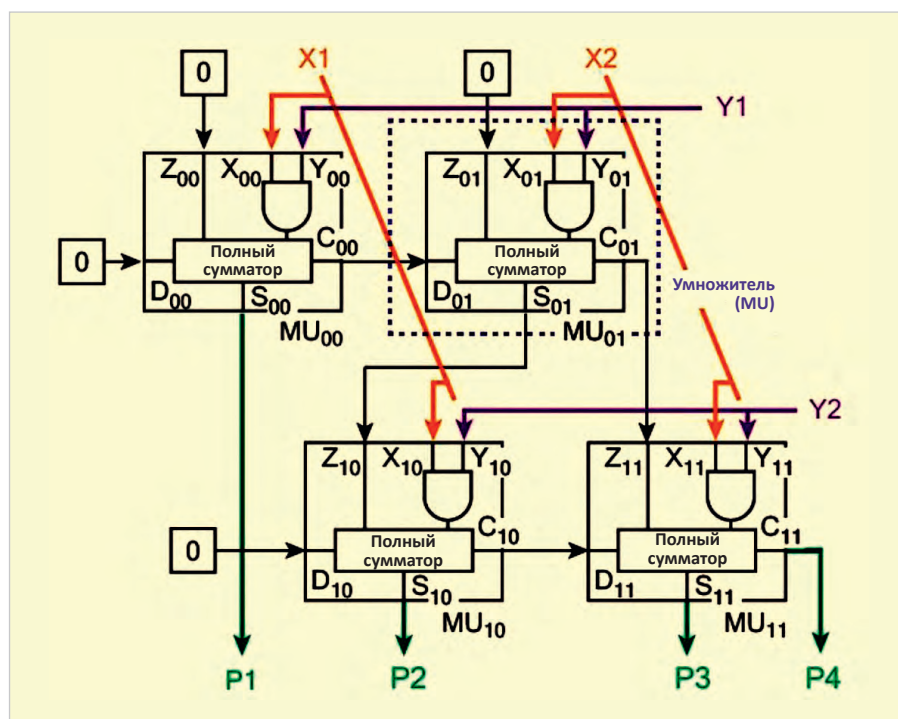


Рис. 4. Схема 4-битного логического квантового умножителя состояний кубитов [35]

институте передовых промышленных и научных технологий Японии».

В состав вычислительной ячейки входят: сверхпроводящий потоковый кубит с ДП, квантовый логический элемент (QFP) и устройство считывания (SQUID).

Кубиты в этой схеме изготовлены на одной подложке с системой считывания SQUID по технологии с четырьмя слоями Nb, допускающей плотность критического тока до 1 мкА/мкм² [36].

Конструктивно кубит состоит из большой сверхпроводящей петли, содержащей считыватель на основе dc-SQUID (dc superconducting quantum interference device) и вставленной в неё малой петли с джозефсоновскими переходами (ДП). Сверхпроводящий квантовый интерферометр SQUID имеет два состояния с постоянным током, текущим по часовой стрелке или против часовой стрелки, которые определяют ноль и единицу кубита.

Параметрон квантового потока (QFP – quantum flux parametron) представляет собой устройство реализации квантовой логики на основе сверхпроводящих джозефсоновских переходов [37].

Управление кубитами осуществляется с помощью следующих токов, меняющих состояния сверхпроводящих переходов: I_{trans} – ток поперечного поля; I_{QFP} – ток инжекции квантового параметрона; I_{bias_sq} – ток управления SQUID; I_{flux_sq} – ток модуляции SQUID; I_h – ток общего внешнего смещения в кубите. Эти токи можно изменять в соответствии с алгоритмом квантового отжига.

Схема 4-битного логического квантового умножителя (4-bit multiplier unit MU) приведена на рис. 4.

Умножитель состоит из четырёх MU, обозначенных на рис. 4 пунктирным прямоугольником.

Блок умножителя состоит из четырёх элементов MU_{ij} ($i=0-1, j=0-1$), каждый из которых обеспечивает определённую функцию:

- X_{ij} и Y_{ij} – общие входы (inputs);
- Z_{ij} – вход суммы (sum-in);
- D_{ij} – процессорный вход (carry-in);
- C_{ij} – процессорный выход (carry-out);
- S_{ij} – результат вычислений (summation).

Схемы, показанные на рис. 3 и 4, являются элементами процессора квантового отжига, размещённого в криогенной камере с температурой внутри 10 мК. Такая температура необходима для поддержания нормальной работы низкотемпературных сверхпроводящих кубитов. Работоспособность этого процессора была подтверждена многократными экспериментами, результаты которых сравнивались с точными модельными расчётами на стандартном компьютере с бинарной логикой.

Используя двоичное числовое представление, можно говорить о том, что на общие входы подаются массивы чисел потенциальных сомножителей факторизации ($P=M \times N$): $M=(X_{01} X_{00})_{(2)}$ и $N=(Y_{11} Y_{01})_{(2)}$ соответственно.

На выходе полного сумматора (full adder) будет результат двоичного перемножения: $P=(P_4 P_3 P_2 P_1)_{(2)} = (C_{11} S_{11} S_{10} S_{00})_{(2)}$.

Вход D01 может быть зафиксирован на 0, независимо от X1 и Y1.

Гамильтониан такой системы можно записать в виде

$$H = \sum_i h_i \sigma_z^{(i)} + \sum_{i,j} J_{ij} \sigma_z^{(i)} \sigma_z^{(j)}.$$

В этой формуле: $\sigma_i^{(j)}$ – матрица Паули, действующая на кубит i ; J_{hi} – константа, характеризующая смещение кубита i ; J_{ij} – константа связи между кубитами i и j . В общем случае h_i и J_{ij} являются безразмерными программируемыми входными параметрами, которые перебираются в процессе квантового отжига. С помощью перечисленных выше токов задаются необходимые параметры, обеспечивающие каждую итерацию.

Ток поперечного магнитного поля и ток внешнего смещения вызывают инжекцию квантов магнитного поля в кубите. Параметрон QFP обнаруживает этот магнитный всплеск, усиливает его и транслирует на интерферометр dc-SQUID. При этом SQUID вырабатывает сигнал, который уже может быть измерен обычной аналоговой электроникой.

Состояние кубита определяется каждые 0,6 мкс и обычно оценивается в течение 104 итераций. В результате определяются все возможные комбинации токов, соответствующие искомым множителям.

Безразмерные коэффициенты, соответствующие локальным токам смещения h_i и попарным связям J_{ij} , для процессора с шестью кубитами могут принимать следующие значения:

$h_1 : h_2 : h_3 : h_4 : h_5 : h_6 : J_{12} : J_{13} : J_{14} : J_{15} : J_{16} : J_{23} : J_{24} : J_{25} : J_{26} : J_{34} : J_{35} : J_{36} : J_{45} : J_{46} : J_{56} = 1 : -1 : -2 : -2 : +4 : +2 : +1 : +2 : +2 : -4 : -2 : +2 : +2 : -4 : -2 : +4 : -8 : -4 : -8 : -4 : +8$, где h_i и J_{ij} определяются с помощью выражения

$$h_i = M_i \cdot I_{hi} \cdot I_{qi};$$

$$J_{ij} = M_{ij} \cdot I_{qi} \cdot I_{qj}.$$

В реальных терминах физического эксперимента значения M_i , h_i и J_{ij} определяются следующим:

- M_i – взаимная индуктивность между кубитом i и локальной линией смещения;
- I_{hi} – ток, протекающий через локальную линию смещения;
- I_{qi} – постоянный ток в кубите i ;
- M_{ij} – взаимная индуктивность между кубитами i и j соответственно.

Измеряя эти величины и следуя алгоритму квантового отжига, можно с помощью описанного квантового процессора реализовать прямой процесс факторизации с использованием вычислителя с квантовым отжигом.

Полное подробное описание работы рассмотренной схемы факторизации приведено в [38].

Следует также отметить возможную схему будущих проектов, предложен-

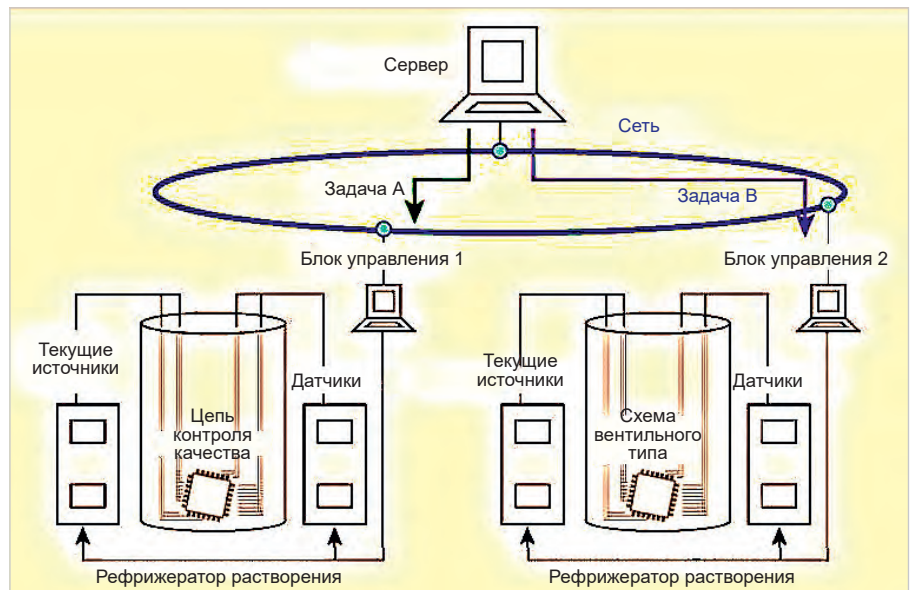


Рис. 5. Один из вариантов универсальных открытых гибридных квантовых сетей, объединяющих компьютеры с бинарной логикой и квантовые вычислители, ориентированные на решение конкретных задач [34]

ную авторами [34]. Одно из возможных направлений, которое найдёт применение в ближайшем будущем, заключается в том, что вместо создания единого мощного квантового компьютера, способного решать любые задачи, имеет смысл развивать универсальные открытые гибридные квантовые сети, объединяющие компьютеры с бинарной логикой и квантовые вычислители, ориентированные на решение конкретных задач (рис. 5).

Следует сказать, что, несмотря на значительные технологические и научные инновационные решения, которые были получены ведущими мировыми фирмами и университетами за 20 лет, прошедших с момента первой демонстрации квантовой факторизации, на сегодняшний день не существует квантового компьютера, который может решать задачи разложения сложных чисел лучше, чем компьютеры с бинарной логикой.

Постквантовая криптография

Потребовалось примерно десять лет интенсивных научных поисков после публикации результатов первых экспериментов по квантовой факторизации, чтобы понять, что «лобовая атака» с попыткой решить проблему путём увеличения количества кубитов в принципе не может увенчаться успехом на том уровне науки и технологий, которым человечество обладает на сегодняшний день. Поскольку ажиотаж, связанный с разработкой CRQC, постепенно утих,

многочисленные лаборатории, образовавшиеся в результате «шифровального бума», переключились на новые направления. Одни лаборатории продолжили развивать технологии квантовых вычислений и переключились на направления, связанные с моделированием задач квантовой химии и физики. Другие фирмы отказались от первоначально заявленной цели (универсальный цифровой квантовый компьютер с вентильным управлением) и начали искать другие применения кубитов [13].

Третьи фирмы предпочли заниматься специфическим направлением, получившим название «постквантовая криптография» (post-quantum cryptography PQC), целью которого стала разработка квантово-безопасной криптографической технологии, устойчивой к квантовым атакам [39].

Наибольшее распространение практически во всех областях получили шифры с открытым ключом, такие как, например, RSA и ECC. В принципе, подобные шифры с ключами небольших размеров возможно взломать с использованием современных вычислительных мощностей и известных математических методов, таких как целочисленная факторизация, дискретное логарифмирование, метод эллиптической кривой. Однако большие ключи пока ещё разложить за «разумное» время не представляется возможным.

Тем не менее эксперты считают, что серьёзная опасность, существующая



Рис. 6. «XSOC CORP» предлагает надёжную защиту от уязвимости Apache Log4j [41]

сегодня, заключается в том, что спецслужбы разных стран стараются собирать максимальное количество зашифрованной информации в надежде на то, что её будет можно расшифровать в будущем при проявлении соответствующих технологий [40].

Поэтому целесообразно пытаться максимально обезопасить закрытую информацию уже сегодня, используя новейшие разработки. Один из лидеров в этой области – фирма «XSOC CORP» – предлагает различные варианты расширяемых криптосистем «Quantum-Safe» и симметричные транспортные ключи шифрования. Основное преимущество продукции этой фирмы заключается в том, что модернизация устаревших систем реализуется без необходимости их замены при полном сохранении защищаемых данных. В качестве примера можно привести надёжную защиту, которую «XSOC CORP» предлагает от уязвимости Apache Log4j, ставшей причиной серии массовых атак на веб-серверы по всему миру на протяжении декабря 2021 года (рис. 6) [41].

Основная задача «постквантовой криптографии» заключается в создании коммерчески доступных квантово-устойчивых алгоритмов с открытым ключом, предназначенных для широкого пользования [42].

В Европе это направление развивается в проекте «Quantum Safe Cryptography» под эгидой ETSI (Европейский Институт Стандартов и Телекоммуникаций) [43].

В США проблемы криптобезопасности курирует Национальный институт стандартов и технологий США (NIST). Эта организация в настоящее время занимается разработкой и утверждением стандартов постквантовой криптографии. С этой целью в 2016 году NIST

объявил открытый конкурс на новый «постквантовый» стандарт шифрования. В первом туре этого конкурса, который завершился в 2017 году, приняло участие 69 фирм и университетов из разных стран мира.

В настоящее время развиваются два наиболее общих направления постквантовой криптографии. Одно из этих направлений связано с модернизацией старых систем и адаптации новых разработок в существующие системы безопасности. Для реальных разработок рекомендуется использовать симметричные алгоритмы при условии больших размеров ключей. В этом плане можно отметить криптографические алгоритмы с удвоенным размером ключа и различного рода хэш-функциями [44]. Основная тенденция этих разработок связана как с переходом ко всё более длинным симметричным ключам, так и с увеличением самой длины ключей RSA. Например, при обычном использовании AES-128 необходимо 3072 бита для эквивалентной надёжности ключей RSA. Протокол AES-256 требует уже ключ RSA длиной 15 КБ. В рамках изучения возможностей применения хэш-функций для систем PQC перспективным представляется специальное оборудование, включающее хэш-сигнатуру с сохранением состояния для встроенного ПО (stateful hash signatures for firmware) [45].

В качестве ещё одного примера можно привести работы по модернизации ключей «KEMS – key encapsulation mechanisms», позволяющие адаптировать классические алгоритмы для квантовых вычислителей. Например, немецкие математики из университета «Technische Universität Darmstad» работают с моделями гибридных протоколов обмена ключами с проверкой подлинности. Для точного определе-

ния различных квантовых сценариев вводится понятие безопасности для самих ключевых механизмов инкапсуляции (KEMS). Кроме того, предлагается метод построения гибридных KEMS для обмена ключами в TLS 1.3 [46].

Второе направление непосредственно связано с квантовыми технологиями. В первую очередь в этом классе следует отметить работы по генерации и распределению квантовых ключей. Основная идея здесь заключается в использовании квантовых компьютеров для генерации случайных ключей. Метод «Quantum Key Distribution – QKD» предназначен для создания и распределения симметричных криптографических ключей между двумя отдельными пользователями. Такой подход обеспечивает безопасность удалённого согласования ключей, которое невозможно перехватить без обнаружения пользователями. В этой области много оригинальных новых идей. Так, в работе [47] предложено независимое от измеряющего устройства квантовое распределение ключей (measurement device independent quantum key distribution – MDI-QKD). Эффективность метода была подтверждена лабораторными и полевыми испытаниями.

Подробный анализ сетей QKD, протоколов маршрутизации, сигнализации и методов моделирования приведён в обзоре [48].

Интерес представляют также варианты защиты с использованием квантовых состояний, нейтрализующие друг друга. Принцип этого метода заключается в том, чтобы создать средства, затрудняющие сам процесс квантовых вычислений, вызывая необходимость отменять результаты манипуляций и делать бесконечные повторные расчёты [49].

В качестве меры противодействия CRQC рассматриваются и такие нетрадиционные схемы, как, например, шифр Вернама с передачей ключей с помощью запутанных фотонов, распределение фотонных ключей (Photon Key Distribution – PKD) и другие методы симметричного шифрования [50].

Учитывая важность проблемы, исследованиям по направлению post-quantum cryptography (PQC) уделяют внимание ведущие разработчики систем квантовых вычислений. Так, концерн IBM анонсировал новый пакет криптографических приложений IBM Quantum-Safe, предназначенный для защиты наиболее ценных данных клиентов в эпоху квантовых вычислений. Учитывая, что

среди клиентов IBM есть крупнейшие мировые банки и транснациональные корпорации, можно не сомневаться, что финансовая поддержка проекта будет весьма значительной [51].

Новая платформа IBM z16 обеспечивает устойчивость гибридных облачных платформ с помощью инновационных квантово-безопасных технологий [52].

Активное участие в разработках проектов PQC принимает концерн Google.

Одно из основных направлений исследований в этой области направлено на использование TLS и ALTS с гибридным методом обмена ключами для защиты внутреннего трафика. Совместно с Cloudflare в 2019 году был проведён эксперимент, в ходе которого были реализованы два сеанса постквантовых обменов ключами. Также была продемонстрирована возможность их интеграции в стек TLS Cloudflare с последующей реализацией на пограничных серверах и в клиентах Chrome Canary. В 2021 году Google провёл тестирование постквантовой конфиденциальности в TLS на расширенной сети [53].

В июле 2022 года завершился этап конкурса, объявленного в 2016 году, и NIST выбрал четыре алгоритма, которые будут финансироваться и разрабатываться для защиты данных от будущих атак с использованием квантового компьютера [54].

В категории общего шифрования (general encryption), которое предназначено для защиты информации, передаваемой в общедоступных сетях (public network), был выбран алгоритм CRYSTALS-Kyber, использующий сравнительно небольшие ключи шифрования, которыми две стороны могут легко обмениваться на высоких скоростях обмена данными [55].

Во второй категории задач, касающихся обеспечения безопасности цифровых подписей (digital signatures) и аутентификации личности (identity authentication), были выбраны три алгоритма: CRYSTALS-Dilithium [56], FALCON [57], SPHINCS+ [58].

Первые два из отмеченных в этой категории протоколов были выбраны из-за их эффективности. Протокол SPHINCS+ был выбран благодаря использованию инновационного математического аппарата.

Необходимо подчеркнуть, что в разработках SPHINCS+ принимали активное участие сотрудники Google [59].

Тема «постквантовой криптографии» крайне актуальна и обширна. Полноценный обзор этой темы выходит за рамки данной статьи. Однако стоит рекомендовать желающим испытать свои силы в данном направлении обратить внимание на проект «Open Quantum Safe – OQS», в котором может принять участие любая организация и любое физическое лицо [60].

Желающие начать экспериментировать с постквантовой криптографией могут использовать готовые образы «Docker», содержащие версии OpenSSL/curl, Apache httpd и nginx с поддержкой постквантов [61].

Для разработчиков также имеется возможность использовать готовые образы с возможностью расширения и установки кода [62].

Что касается появления на свет квантового компьютера CRQC, реально способного взламывать любые шифры и обрушивать Интернет, то день его рождения, получивший международное название «Q-Day», никто точно не знает. Одни специалисты считают, что это может случиться уже через десять лет. Другие специалисты говорят, что на это может потребоваться больше 30 лет [42].

Несмотря на огромные технические проблемы, направление квантовых вычислителей интенсивно развивается. В предыдущих разделах этой статьи можно было увидеть как изменялась сама идея квантового релевантного компьютера (CRQC). Двадцать лет назад первоначальная схема CRQC предполагала использование универсального цифрового квантового компьютера с вентиляющей обработкой, типа IBM-Q. К началу зимы 2022 года мировое научное сообщество уже имело исчерпывающие доказательства возможности реализации процесса факторизации с помощью совершенно других устройств, таких как вариационный решатель с квантовым отжигом и решатель на базе квантового отжига со встроенным синтезатором гамильтониана факторинга. Что будет дальше, предположить сложно. Если, как считают некоторые специалисты, появятся гибридные облачные платформы, объединяющие мощные стандартные компьютеры и специализированные квантовые вычислители разного типа, то «Q-Day» может наступить раньше, чем его ожидают.

Поэтому общее мнение специалистов в области криптографии заключа-

ется в том, что поздно будет заниматься вопросами криптобезопасности, когда день «Q-Day» настанет. Разрабатывать противоядие нужно уже сейчас.

Литература

- URL: <https://www.nature.com/articles/414883a>.
- URL: <https://e-nigma.ru/stat/rsa/>.
- URL: <https://www.rsa.com/company/>.
- URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RSA-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B0>.
- URL: <https://www.istockphoto.com/photos/dance-floor-texture>.
- URL: https://www.researchgate.net/publication/330369215_Factorising_large_numbers.
- URL: <https://eprint.iacr.org/2010/006.pdf>.
- URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RSA-%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B0>.
- URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/cybernews/abbreviations.htm>.
- URL: <http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608150589788.pdf>.
- URL: <https://catalog-n.com/sovremennaya-ehlektronika-7-2022#sovremennaya-ehlektronika-7-2022-26>.
- URL: <https://catalog-n.com/sovremennaya-ehlektronika-8-2022#sovremennaya-ehlektronika-8-2022-26>.
- URL: <https://catalog-n.com/sovremennaya-ehlektronika-9-2022#sovremennaya-ehlektronika-9-2022-09>.
- URL: <https://www.xsoccorp.com/post/are-cryptographically-relevant-quantum-computers-prepared-to-disrupt-classical-encryption>.
- URL: https://www.washingtonpost.com/world/national-security/nsa-seeks-to-build-quantum-computer-that-could-crack-most-types-of-encryption/2014/01/02/8fff297e-7195-11e3-8def-a33011492df2_story.html.
- URL: <https://www.express.co.uk/news/science/841491/hacking-encryption-quantum-computer-physics>.
- URL: <https://www.cyber.gov.au/acsc/view-all-content/publications/post-quantum-cryptography>.
- URL: <https://newsroom.ibm.com/2022-11-09-IBM-Unveils-400-Qubit-Plus-Quantum-Processor-and-Next-Generation-IBM-Quantum-System-Two>.
- URL: <https://homepages.cwi.nl/~rdewolf/qcnotes.pdf>.
- URL: https://users.math-cs.spbu.ru/~okhotin/teaching/quantum_2020/migrin_ivanov_quantum_2020_shor.pdf.
- URL: <https://quantum-computing.ibm.com>.
- URL: <https://arxiv.org/pdf/1111.4147.pdf>.
- URL: <https://arxiv.org/pdf/1903.00768.pdf>.
- URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/18/2/023023>.

25. URL: <https://www.nature.com/articles/ncomms5213>.
26. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0370157322003118>.
27. URL: <https://www.techspot.com/news/96603-ibm-announces-ospree-quantum-processor-433-qubits.html>.
28. URL: <https://www.nature.com/articles/s41534-021-00478-z>.
29. URL: <https://arxiv.org/abs/1411.4028v1>.
30. URL: https://static-content.springer.com/esm/art%3A10.1038%2Fs41534-021-00478-z/MediaObjects/41534_2021_478_MOESM1_ESM.pdf.
31. URL: <https://arxiv.org/abs/1812.01041>.
32. URL: <https://www.dwavesys.com/solutions-and-products/systems/>.
33. URL: <https://journals.jps.jp/doi/abs/10.7566/JPSJ.88.061012>.
34. URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2106/2106.08681.pdf>.
35. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-17867-9>.
36. URL: <https://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.80.052506>.
37. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-66879-4_283.
38. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-17867-9#Sec12>.
39. URL: <https://www.technologyreview.com/2019/07/12/134211/explainer-what-is-post-quantum-cryptography/>.
40. URL: <https://www.forbes.com/sites/arthurherman/2021/12/09/booz-allen-sounds-the-alarm-on-chinas-coming-quantum-harvest/?sh=25c373e653e5>.
41. URL: <https://www.xsoccorp.com/company>.
42. URL: <https://techmonitor.ai/technology/emerging-technology/post-quantum-encryption-threat-already-here>.
43. URL: <https://www.etsi.org/events/2117-2023-02-9th-etsi-ipc-quantum-safe-cryptography-workshop>.
44. URL: <https://www.controlgap.com/blog/quantum-cryptography-for-risk-managers>.
45. URL: <https://csrc.nist.gov/CSRC/media/Projects/stateful-hash-based-signatures/documents/stateful-HBS-misuse-resistance-public-comments-April2019.pdf>.
46. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-25510-7_12.
47. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6281621/>.
48. URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3402192>.
49. URL: <https://openquantumsafe.org/about/>.
50. URL: <https://arxiv.org/pdf/1903.02176.pdf>.
51. URL: https://www.ibm.com/cloud/blog/introducing-quantum-safe-crypto-tls-for-ibm-key-protect?mhsrc=ibmsearch_a&mq=Quantum-Safe.
52. URL: <https://www.ibm.com/products/z16>.
53. <https://cloud.google.com/blog/products/identity-security/how-google-is-preparing-for-a-post-quantum-world>.
54. URL: <https://www.nist.gov/news-events/news/2022/07/nist-announces-first-four-quantum-resistant-cryptographic-algorithms>.
55. URL: <https://pq-crystals.org/kyber/>.
56. URL: <https://pq-crystals.org/dilithium/>.
57. URL: <https://falcon-sign.info/>.
58. URL: <https://sphincs.org/>.
59. URL: <https://cloud.google.com/blog/products/identity-security/how-google-is-preparing-for-a-post-quantum-world>.
60. URL: <https://openquantumsafe.org/about/>.
61. URL: <https://openquantumsafe.org/applications/>.
62. URL: <https://hub.docker.com/r/openquantumsafe/curl-dev>



НОВОСТИ МИРА

Первый вице-премьер пообещал представить в марте концепцию технологического развития России до 2030 года

Концепцию технологического развития РФ до 2030 года планируется утвердить в марте текущего года, сообщил первый заместитель председателя правительства Андрей Белоусов на совещании с экспертным сообществом и представителями профильных ведомств.

Документ готовится по поручению президента России по итогам состоявшегося в июле 2022 года заседания Совета по стратегическому развитию и национальным проектам.

Концепция определит понятие, цели, задачи и принципы достижения технологического суверенитета страны, а также целевые показатели технологического развития. Она состоит из трёх разделов: устойчивый технологический суверенитет, технологии как фактор роста экономики и развития социальной сферы и технологическое обеспечение устойчивого функционирования производственных систем – говорится на сайте правительства.

Каждый из этих разделов включает подготовку кадров и развитие компетенций, устранение регуляторных барьеров, соз-



дание условий для роста малых технологических компаний, локализацию производства, запуск крупных промышленных проектов и другие.

Речь идёт о смене ключевой модели взаимодействия двух процессов. Это развитие науки (когда основным продуктом является знание, а технологии скорее побочны) и развитие производства (когда технологии – обязательный составной элемент, подчинённый логике освоения рынков, повышения конкурентоспособности). Данные процессы расположены рядом, попытки

выстроить между ними взаимосвязь уже предпринимались, но результаты недостаточны, отметил Андрей Белоусов.

В обсуждении концепции приняли участие представители бизнес-сообщества (венчурных фондов, институтов развития, крупнейших банков), научно-образовательных кругов (РАН, ведущих вузов и научных организаций) и органов власти (министерства, администрация президента, представители крупнейших регионов).

industry-hunter.com

НОВОСТИ МИРА

Нидерланды взбунтовались против США из-за запрета литографов для Китая

Нидерланды решили больше не ограничивать поставки литографического оборудования для выпуска чипов в Китай, руководствуясь указаниями американских властей. Теперь консультироваться по этому поводу правительство страны будет с государствами-партнёрами в Европе и Азии.

Нидерланды не будут ограничивать поставки литографического оборудования в Китай для производства полупроводников «по указке» США, об этом заявила глава Минторга Нидерландов Лизе Шрайнемахер (Liesje Schreinemacher), пишет издание South China Morning Post.

Чиновница объяснила решение тем, что экспортные ограничения в отношении Поднебесной, которые американские власти приняли в октябре 2022 г., серьёзно «поменяли правила игры», так как включают в себя запрет поставок сканеров диапазона DUV (193 нм).

Теперь окончательный вердикт выносить будут лишь после обсуждения ситуации с представителями европейских и азиатских государств. Решающее слово останется за властями Франции и Германии. Причина в том, что ASML Holding NV – крупнейший в Голландии и в мире вендор литографического оборудования, используемого в производстве микросхем, – владеет долей в немецкой компании Carl Zeiss и использует её оптику для сканеров. Консультироваться будут также с коллегами из Японии и Тайваня, промышленность которых играет большую роль в мировой индустрии полупроводников.

Шрайнемахер признала, что у США есть повод опасаться чрезмерной зависимости от Азии, где производится 80% передовых чипов, которые потенциально могут использовать в военно-промышленном комплексе. Чиновница уточнила, что если все стороны будут согласны ввести беспрецедентный мораторий на поставки в Поднебесную продукции для производства чипов, его введут.

Последние несколько лет власти США пытаются нанести сокрушительный удар по крупнейшим китайским производителям микроэлектроники, чтобы затормозить развитие КНР в этом направлении. Среди них – компании Semiconductor Manufacturing International Corp. (SMIC) и Hua Hong Semiconductor Ltd.

С 2019 г. Нидерланды под давлением администрации Дональда Трампа (Donald Trump) запрещали компании ASML поставлять китайцам ту продукцию, на которую указывали США. В основном речь шла о литографических сканерах диапазона EUV (13,5 нм), которые нужны для выпуска чи-

пов по самым актуальным нормам на самых современных технологических процессах.

При этом запрет не касался поставок сканеров диапазона DUV (193 нм) последнего поколения – «железа», которое используется в производственных линиях для выпуска чипов по более старым техпроцессам. DUV-установки на поколение отстают от передовых (EUV), однако DUV-литография – всё ещё самый распространённый метод изготовления микросхем для автомобилей, телефонов, компьютеров и робототехники.

Используя эту лазейку, ASML лишь в 2021 г. продала в Китай оборудования на сумму около 2,1 млрд евро – это соответствует 16% общих продаж.

В октябре 2022 г. администрация Джо Байдена (Joe Biden) запретила компании продавать в Китай сканеры диапазона DUV. После этого компания велела своим американским сотрудникам прекратить обслуживание, доставку или оказание поддержки всем клиентам в Поднебесной до дальнейшего уведомления.

КНР для ASML была третьим по величине рынком сбыта после Тайваня и Южной Кореи, где её приобретали TSMC, SK Hynix и Samsung. Ещё летом 2022 г. на фоне слухов о новых ограничениях акции компании обвалились на 7,2% всего за один день. Представители компании отмечали, что мораторий на поставки обернётся большими убытками, так как поставками занимаются и компании-посредники.

Олег Изумрудов, исполнительный директор консорциума отечественных разработчиков систем хранения данных «РосСХД», заметил, что США, введя мораторий, по сути, потребовали от ASML самоубийства.

«У нидерландской компании законтрастовано, то есть предоплачено, оборудования на 7-8 лет вперёд, а сервисной поддержки – на сотни миллиардов евро, – уточнил эксперт. – При невыполнении контрактных обязательств сумма штрафов может достигнуть рекордного уровня в триллион евро. Это фактически убьёт и весь бизнес ASML, и в целом обрушит бизнес всех заказчиков ASML и Philips/NXP».

Пока санкции не приводят к прямому самоубийству компаний, а по сути – стран, для которых это основа налоговых поступлений в их бюджет, уточнил эксперт, они будут получать поддержку правительств других государств.

От сотрудничества с YMTC, крупным китайским вендором флеш-памяти, в октябре 2022 г. также были вынуждены отказаться американские Applied Materials, KLA и Lam Research. Теперь, чтобы продавать в Поднебесную новое и поддерживать су-

ществующее оборудование, они должны запрашивать лицензию на экспорт технологий у Бюро промышленности и безопасности (BIS) Министерства торговли США.

Если ASML поставляла компании сканеры, то американские компании – инструменты для метрологии, травления, осаждения, контроля и сортировки штампов. При этом пока у Китая остаются поставщики оборудования для производства полупроводников в Японии.

russianelectronics.ru

«Видеонаблюдать» за россиянами станут по миллионам импортозамещающих IP-камер

Массовое производство IP-камер видеонаблюдения и их внедрение начнётся в России к концу 2023 года.

Об этом пишут «Известия» со ссылкой на дорожную карту «Новое промышленное программное обеспечение», утверждённую правительством в декабре 2022 года.

По данным издания, за реализацию проекта отвечает Минцифры. Серийный выпуск IP-камер должен быть налажен в 2023–2024 годах, а также выстроены каналы их сбыта. За этот же период заказчиком должно быть поставлено не менее одного миллиона таких устройств. В следующем году планируется наладить производство и поставки камер с улучшенными характеристиками, а именно: с изменяемым фокусным расстоянием объектива.

В качестве соорганизаторов проекта и заказчиков камер в документе указаны «Ростелеком» и «ЭР-Телеком Холдинг», предоставляющие клиентам услуги видеонаблюдения. В пресс-службе «Ростелекома» изданию пояснили, что компании являются якорными заказчиками в рамках проекта и призваны обеспечить спрос. Параметры проектов находятся на стадии согласования, и говорить о деталях пока преждевременно, подчеркнул представитель компании.

В пресс-службе Минцифры сообщили изданию, что производством камер займётся ООО «Электра». Операторы связи планируют устанавливать камеры на улицах по заказу городских властей, а также на государственных и частных территориях, если у владельца есть такой запрос.

Ранее сообщалось, что курение сигарет и вейпов в неположенных местах в России начнут отслеживать с помощью камер видеонаблюдения. В настоящее время начинается разработка прототипа системы, позволяющей оперативно отловить нарушителя и подать сигнал в соответствующие органы или ответственным за безопасность.

russianelectronics.ru

Перспективы и преимущества совмещения электромобиля и сегвея: история одного изобретения

Антти Суомалайнен

Средства индивидуальной мобильности с электрическим двигателем популярны как никогда. Одно из них – самобалансирующееся транспортное средство – сегвей. С популярностью сегвеев повсеместно образовались фирмы, специализирующиеся на ремонте и обслуживании устройств с электрической тягой; по той же аналогии, как после появления автоматических стиральных машин выросла сфера ремонтных услуг. Из новаций достойно внимания совмещение сегвея и электромобиля в одном корпусе-капсule, форм-фактор которой остался компактным и двухколёсным, но инновационное устройство приобрело более безопасный для «водителя» функционал за счёт рамного усиления корпуса. Истории этого вопроса и посвящена статья.

21 год назад, 3 декабря Дин Кеймен (Dean Kamen) из США изобрёл интересное устройство о двух колёсах с площадкой для ног и вертикально поднятой штангой рулевого управления. Устройство получило название «Segway Human Transporter», как говорили в декабре 2001 года на телеканале ABC «Доброе утро, Америка», это была смесь газонокосилки и самоката, позже названная электроскутером. Изобретение одновременно позиционировали как средство передвижения для богатых а, по представлению самого изобретателя, оно должно было заменить и велосипед, и автомобиль, и вообще – о чудо! – изменить весь мир. Сие средство передвижения позиционировалось как индивидуальное для человека весом до 140 кг. Теперь, в 23-м году XXI века, пользователи сегвеев по всему миру, в том числе россияне, могут оценить и саркастические нападки критиков на изобретателя, и его пророческое мнение: устройство поистине завоевало весь мир.

Первый серийный скутер Segway PT был официально представлен публике в 2002-м году. А массовой популярной моделью, сошедшей с конвейера, стала Segway HT i167. Затем была модель i180. Они быстро приобрели огромную популярность. Всего в серийном производстве более 30 моделей.

Название Segway происходит от термина segue – из музыкальных понятий; в переводе на русский означает «следовать», «идти за», «плавное переходить». Самокат с электрической тягой

и мощным аккумулятором превращает обычного пешехода в продвинутого участника дорожного движения. Устройство позволяет передвигаться дальше, с большей скоростью, но с меньшей затратой физических сил. С одной стороны, «устройство для лентяев» несомненно полезно. С другой – ещё полезнее ходить и передвигаться пешим ходом, чтобы совершенствовать своё физическое здоровье в натуральном движении.

Настойчивый изобретатель

Может быть, не все знают, но Д. Кеймен потратил на оформление изобретения «сегвея» почти декаду лет. Так что не только в любезном нашем Отечестве перспективные разработки в прошлых веках пропадали втуне. Д. Кеймен сообщил мне, что впервые идея сегвея пришла ему в голову в 1991 году. Он справедливо полагал, что людям необходимо использовать быстрые, при этом безопасные для природы – ввиду отсутствия газовых выхлопов – индивидуальные и материально доступные транспортные средства. И такие, способ передвижения на которых не сильно бы отличался от стиля обычной ходьбы по пешеходным дорожкам.

У сегвея нет привычного двигателя внутреннего сгорания (ДВС), руля и тормозов, а также трансмиссии – коробки передач. Вместо ДВС сегвей движется на электрической тяге. Устройство получает электрическую энергию от аккумуляторной батареи

и движется на двух колёсах со скоростью до 40 км/ч. Первые модели имели меньшую максимальную скорость, с пределом в 18–20 км/ч, и АКБ с энергоёмкостью, позволяющей покрыть (при условии полной зарядки и штатной, заявленной производителем энергоёмкости) расстояние в 10 км. Современные модели намного превосходят первые разработки и могут покрывать расстояние до 40 км, а удобные разьёмы и адаптеры позволяют заряжать устройство от напряжения осветительной сети 230–240 В за 4–6 часов. Если «отнять» у классического сегвея штангу с держателем (руль), то получившееся устройство можно будет назвать гироскутером.

Модели скутеров по устройству и функционалу практически идентичны. Что касается скоростного режима, то электродвигатели – с приводом по количеству колёс скутера – выпускаются той же компанией. У модели S3 2 двигателя мощностью каждый по 500 Вт. Максимальная скорость, заявленная производителем, составляет 18 км/ч. Однако скоростной режим намеренно и программно ограничен для безопасности передвижения. Напомню, что в России введены поправки в ПДД, связанные с эксплуатацией электроскутеров, к которым конструктивно относится сегвей.

Устройства устойчивы к влаге, на них можно передвигаться и в дождливую погоду. Вес сегвея также «преобразовался»: от 40 кг у первых моделей до 15–18 кг для современных. Во многом вес устройства обусловлен весом АКБ. Современные аккумуляторы за два десятка лет трудом разработчиков значительно усовершенствованы по технологии, энергоёмкости, весу и даже безопасности эксплуатации.

Дин Кеймен, как талантливый человек и изобретатель, вместе с коллективом своих коллег заслуженно знаменит и другими разработками. Более 500 зарегистрированных патентов на изобретения. Это был и есть Илон Маск своего времени, от него ожидают как минимум демонстрации грандиозного



Рис. 1. Внешний вид сегвея 2001 года под управлением изобретателя Д. Кеймена

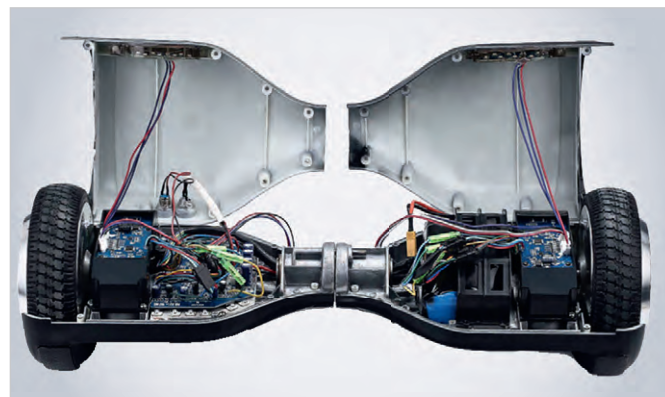


Рис. 2. Вид «электронной начинки» гироскутера производства KHP модели Airwheel S3/S3T

чуда. Таковы, к примеру, инвалидное кресло iBOT, военный робот на основе той же технологии, сегвей с сиденьем, сегвей для детей (Dareway, упрощённая версия Segway). В своё время специальными сегвеями оснастили часть подразделений армии США и полиции в разных странах мира. Известно, что из-за несовершенства программного обеспечения с сегвея однажды упал Джордж Буш-младший, после чего в Австралии, Великобритании, Германии сегвей на время запретили к эксплуатации на дорогах с присутствием других участников движения. В 2009 году миллионер Джимми Хеселден выкупил компанию Segway, а спустя год, катаясь по своим владениям, не справился с управлением и упал с 24-метрового обрыва в реку. С 2011 года аналоги двухколёсного сегвея массово производятся в КНР. Такими были мини-сегвей Robin-M1, позже вышли Inmotion R1 и другие модели.

Особенности управления

Электронная система управления устройством не претерпела значительных изменений. Система Dynamic Stabilization имеет свои особенности. В первых моделях сегвея устанавливали только 5 гироскопов и электронный контроллер, «опрашивающий» гироскопы-датчики с частотой 100 раз в секунду. Так определялся «уход в сторону» от нейтральной балансировки при изменении положения корпуса пользователя во время движения устройства. Указанной частоты вполне было достаточно. Однако микроконтроллер в современных моделях сегвеев опрашивает датчики с большей частотой, что повышает надёжность и безопасность управления устройством. Микроконтроллер формирует сигнал управления электрическими

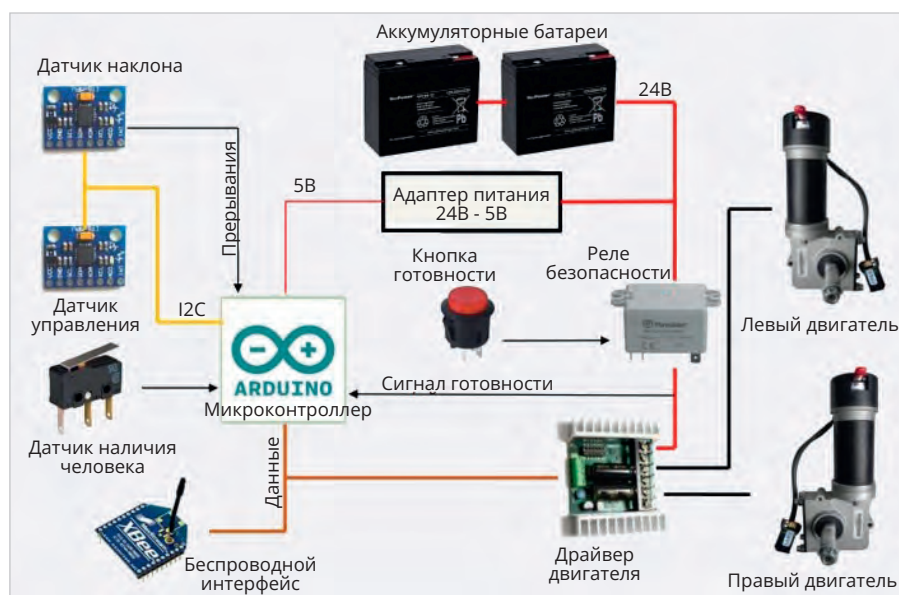


Рис. 3. Схематическое описание основных элементов сегвея

двигателями, соединёнными с приводом колес. Управление осуществляется плавно, что лишает возможности стартовать с «проворотом» колес, как на автомобилях с неавтоматической КПП. В этом смысле система управления приводом колёс напоминает ту, что задействована в электропоездах, плавный набор скорости.

На рис. 1 Дин Кеймен с сегвеем 2001 года, продемонстрированным на телеканале широкому телезрителю.

Каждый двигатель имел мощность (тягу), эквивалентную двум л. с. На рис. 2 представлен вид с открытой крышкой корпуса гироскутера производства KHP модели Airwheel S3/S3T.

В комплекте к такому гироскутеру поставляются 2 беспроводных ключа с технологией Bluetooth, служащие для управления гироскутером. Электрическое самобалансирующееся транспортное средство – персональный транспортёр компании Segway Inc. с двумя колёсами, расположенными по обе сто-

роны от «водителя», внешне напоминающий колесницу, имеет следующие технические характеристики:

- дальность хода – 40 км;
- максимальная скорость – 18 км/ч (ограничена, см. выше);
- мощность двигателей (суммарная) – 1000 Вт;
- предельный угол наклона – 14°;
- максимальная нагрузка – 120 кг;
- диаметр колеса – 14";
- масса – 22 кг, размеры – 1280×613×587 мм;
- АКБ – литий-ионная, энергоёмкостью 520 Вт/ч;
- время зарядки аккумулятора – 6 ч штатным ЗУ мощностью 60...70 Вт.

На рис. 3 представлена блок-схема основных элементов сегвея.

Дополнительный функционал: дисплей Bluetooth, LED-подсветка, динамики, пульт управления, приложения для Android и для iOS. Несколько лет назад внедрена разработка беспроводного регулятора, управляющего в том числе скоростью движения.



Рис. 4. Внешний вид мотоколяски PUMA



Рис. 6. Промежуточный вариант капсулы на основе сегвея

Эволюция сегвея до электрокапсулы

Различают «городские» сегвеи и «внедорожные» по более мощным колёсам и протектору. Но главная эволюция сегвеев в расширении... кабины. Два года назад появились устройства с тем же принципом действия гироскопов – штангой управления, в форме двухместных двухколёсных транспортных средств, напоминающих капсулу. Такова совместная разработка Segway и General Motors – с объединением преимуществ электромобиля и сегвея. Условно новый вид пока не очень распространён в России, однако ничто не мешает этому. Подобные устройства продаются в Финляндии – этому я свидетель, – а также в США и по всему миру. Двухместная коляска имеет динамическую балансировку, передвигается на электрической тяге, но оснащена рамой и кабиной на двух человек, скорость достигает 60 км/ч. Это один из новых видов индивидуального электротранспорта завтрашнего дня. На рис. 4 представлена мотоколяска-капсула PUMA.

В передней части капсула имеет два «страховочных» колеса диаметром 12 см, для устойчивости на парковке. Электроколяска PUMA (Personal Urban Mobility and Accessibility) впер-

вые представлена на Международном автосалоне в Нью-Йорке 2012 года в экспериментальном варианте (рис. 5).

Она позволяет двигаться экономично – на электротяге. Безопасность электрокапсулы основана на алгоритме, просчитывающем углы наклона для возможности безопасного ускорения и торможения. GM-Segway PUMA на одной зарядке АКБ покрывает расстояние почти в 50 км. Концептуально это устройство весьма перспективно. За декаду лет с помощью инженерной мысли совместные проекты двух известных американских фирм породили несколько разных форм капсул, к примеру, такие как на рис. 6.

Подзарядить такой электромобиль можно будет за 20–30 минут. Не то что пионерскую модель 2001 года сегвея Дина Кеймена. Одновременно разработчики доводят модель к массовому производству по разным направлениям, отдельным проектом разрабатывается одно- и двухместные «капсулы» для лиц с ограниченными возможностями здоровья. Конвейерный выпуск электрокапсул (разных моделей) намечен на весну 2023 года.

В 2014 году одну из бывших компаний Кеймена выкупила китайская фирма, сохранив производство в США; до последнего времени оно там и было, теперь – в КНР. Сегвеи продолжают выпускаться и продаваться. Конструкторы в КНР и США сейчас не горят желанием общаться по этому поводу с журналистами и ограничиваются скупыми пресс-релизами даже на мои запросы. В секрете держатся и технические подробности. Однако это логично и понятно свидетельствует об ответственной работе над инновационным вариантом сегвея, чтобы в резуль-



Рис. 5. PUMA на Международном автосалоне в Нью-Йорке 2012 года

тате одновременно объявить «революцию» индивидуальных мобильных средств передвижения на электротяге.

К слову, в таком стиле «тайны» угадывается поведение самого «первоизобретателя» Кейми, и вот почему. В январе 2001 года, выступая по национальному телевидению США, 49-летний изобретатель сказал (дословно):

– Я пока молчу, но настанет время, и я вам покажу такое, что перевернёт весь мир.

Затем перед телезрителями выступил один из отцов Apple Стив Джобс и сказал:

– Вот он пока молчит, но настанет время, и он вам покажет такое, что перевернёт весь мир и заставит в будущем строить города с учётом этого...

Эта краткая ремарка много говорит о связи между людьми и явлениями. Действительно, ведь в революционном принципе передвижения, использованном в самокатах Segway, кроется огромный потенциал, и его вполне можно приспособить к индивидуальным транспортным средствам завтрашнего дня.

Литература

1. Кашкаров А.П. Сигнализатор наклона автомобиля на основе электронного гироскопа // Радиолобитель. 2007. № 5. С. 20.
2. Кашкаров А.П. Электронный гидроуровень // Радиомир. 2008. № 2. С. 42.
3. URL: <https://electrotransport.ru/ussr/index.php?topic=37552.1656>.
4. URL: <https://motocafe.ru/moto-news/1214-gm-segway-puma.html> (фото).
5. URL: https://carsweek.ru/news/News_in_the_world/1216086/ (фото).
6. URL: <https://cont.ws/@sam8807/1723132>.
7. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/232137826>.



НОВОСТИ МИРА

В Зеленограде построен завод электронных измерительных приборов

На площадке «Алабушево» особой экономической зоны (ОЭЗ) «Технополис Москва» завершено строительство завода по производству электронных измерительных приборов.

Об этом сообщил заместитель мэра Москвы по вопросам экономической политики и имущественно-земельных отношений Владимир Ефимов.

«Компания “Термико” получила разрешение на ввод в эксплуатацию административно-производственного корпуса для разработки и производства средств измерения температуры на зеленоградской площадке “Алабушево” особой экономической зоны столицы. Инвесторы вложили в новое предприятие свыше 154 млн руб. Сырьё и материалы, из которых будут изготавливать измерительные приборы, полностью российские», – сказал Владимир Ефимов.

«Термико» – производитель технических средств измерения температуры в России. Компания продолжает советские научные традиции, её основали сотруд-

ники НПО «Всесоюзный научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений». Сегодня на предприятии постоянно ведётся научно-исследовательская и конструкторская работа, создаются приборы и датчики для измерения температуры, в том числе для работы в составе приборов коммерческого учёта тепла и повышения энергоэффективности сферы ЖКХ.

«Компания “Термико” является резидентом особой экономической зоны столицы с 2014 г. и поставляет термометры для потребностей жилищно-коммунального хозяйства Москвы. Площадь нового завода по производству точных измерительных приборов составит более 2,4 тыс. квадратных метров. Благодаря этому предприятию в городе появится 90 новых рабочих мест», – отметил руководитель Департамента инвестиционной и промышленной политики Москвы Владислав Овчинский.

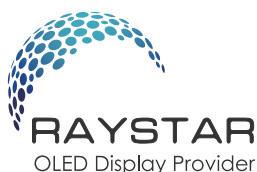
Сегодня предприятие выпускает более 30 видов средств измерения температуры. Также компания создала собственную аккредитованную метрологическую службу с необходимым количеством эта-

лонов, помещением и нормативными документами.

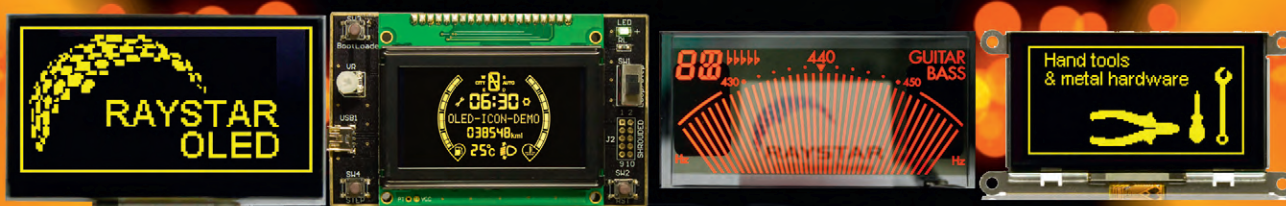
«Алабушево» – крупнейшая из территорий столичной особой экономической зоны, она занимает почти 160 гектаров. Сегодня площадка динамично развивается, там локализовано 55 предприятий, из них 29 обладают статусом резидента ОЭЗ «Технополис Москва». Это производства, специализирующиеся на выпуске микроэлектроники, оптики, робототехники и промышленной автоматизации, медицинского оборудования, биофармацевтики, современных материалов и энергоэффективных технологий», – отметил генеральный директор ОЭЗ «Технополис Москва» Геннадий Дёгтев.

Резиденты особой экономической зоны имеют право на значительные льготы. Компании на 10 лет освобождают от уплаты имущественного, транспортного и земельного налогов. Ставка налога на прибыль для них составляет всего два процента. Резиденты также могут арендовать землю по сниженной ставке. Кроме того, в ОЭЗ «Технополис Москва» действует режим свободной таможенной зоны.

russianelectronics.ru



OLED-дисплеи Raystar



Специсполнение по ТЗ заказчика

Прозрачные модели

АВТОМОБИЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА • СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ • ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ • БЫТОВАЯ ТЕХНИКА • МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ

Характеристики

- Яркость экрана до 150 кд/м² обеспечивает считывание изображения при ярком солнечном свете
- Высокая контрастность 10 000:1
- Широкий угол обзора до ±175°
- Цвет свечения: жёлтый, зелёный, красный, белый, синий
- Формат изображения: 122×32, 128×64, 240×64, 256×64 и 96×64 точки
- Низкая потребляемая мощность 10 мА (схемы управления – токовые)
- Светозмиссионная схема: не требуется система подсветки
- Короткое время отклика: 10 мкс при температуре +25°C
- Широкий диапазон рабочих температур от –40 до +80°C
- Малая толщина модуля дисплея, небольшой вес
- Срок службы: 50 000 ч для белого и синего цвета; 100 000 ч для жёлтого, зелёного, красного цветов

ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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



Реклама

Обзор инновационных разработок электронных модулей в области робототехники

Андрей Кашкаров (ak35@yandex.ru)

Продолжая тему инновационных разработок в сфере электроники в 2023 и последующих годах, невозможно оставить без внимания сегмент робототехники, который связан причинно-следственным образом с современными технологиями, как «мать и дитя». Электронные модули (ЭМ) в робототехнике имеют значительный потенциал развития. О том, как робототехнические системы на основе ЭМ могут быть использованы для повышения безопасности, эффективности и устойчивости разных операций, в том числе в агрессивных средах и в экстремальных условиях, поговорим в статье.

Технологии IoT применяются повсеместно, однако мы знаем, что эта сфера в основном развивается за счёт совершенствования датчиков различного назначения, коммуникации и передачи (анализа) информации. И есть область, где в соответствии с вызовами времени необходимо заменить человека: там, где нужно совершать механические действия, превосходящие человеческие возможности.

Развитие робототехники в последние годы активизировалось именно в этом направлении: в обиход санкционированно внедряются интегрированные в системы электронные устройства с ИИ, способные к автономной работе в течение десятков часов, обладающие механическим приводом. Все три фактора, но особенно механический привод, – важная составляющая развития робототехники, направление её бесконечного совершенствования. Причём такие системы оснащены современными датчиками, элементами фиксации данных, высокоскоростной цифровой связью, делающими их частью так называемого Интернета вещей – IoT.

Простые примеры несомненной пользы автоматизированного и управляемого дистанционно или даже автономно с помощью ИИ механического привода – устранение помех на дороге, завалов, последствий аварий, разминирование и различные бытовые задачи вплоть до открывания дверей. Электронный швейцар, которому не нужно давать чаевые, – весьма известная концепция. Электронная собака, кошка или иное домашнее животное – крайне популярная идея. Не за гора-

ми время, когда охотиться на медведей будут электронные медведи (в сопоставимом визуальном облике), и такая охота, с одной стороны, будет много эффективней по результату, а с другой – не потребует участия биотехники (термин охотничьего хозяйства) для прикормки животных; таким образом, не придётся засеивать периферийные участки поля овсом – признанным лакомством медведей. Это лишь один из примеров гипотетической экономии ресурсов. Для человека-охотника перспектива тоже понятна. Если согласно доступным в литературном наследии откровениям писателя Юрия Рытхэу (Чукотский АО) в середине XX века охотник ходил в лес с телефонной будкой, а увидев матёрого кабана, медведя или волка, тут же бросал её, и тогда бежать ему становилось легче, теперь вообще не понадобится ходить в лес на охоту: добычу принесут и разделают электронные животные-помощники. Впрочем, я люблю животных и не очень приветствую охоту на них – пример напрашивается только для иллюстрации. Современная робототехника на основе новейших электронных модулей очень перспективна.

Инновационная элементная база

Затруднительно в одной статье охватить все новинки, остановимся лишь на наиболее важных для отрасли.

Появилось дополнение в серии приёмных модулей GNSS (глобальной навигационной спутниковой системы) от швейцарской компании u-blox

M1A-M10. Это энергоэффективное решение для контроля перемещения объектов. Модуль поддерживает GNSS-сервис u-blox AssistNow и сервис u-blox CloudLocate, который переносит расчёт местоположения в облако, что из-за меньшего расхода энергии продлевает срок службы IoT-устройств. В практических вариантах разработчиком заявлены возможности применения модуля не только в робототехнике, но и, например, для отслеживания перемещения людей, в логистике – потребительских товаров, автомобилей, в хозяйстве – домашних и фермерских животных, в природопользовании для изучения миграции диких животных и птиц, а также во многих иных случаях. ЭМ со сверхнизким энергопотреблением, системой подзарядки от энергии солнца и аккумулятором обеспечивает работу до полугода при благоприятных условиях.

Сверхнизкое энергопотребление без ущерба характеристикам GNSS ведёт к увеличению в почти два раза времени автономной работы. Баланс между точностью позиционирования, стабильностью, возможностью работы в условиях различных температур и (или) агрессивных сред и энергопотреблением – перспективная задача разработчиков современной элементной базы РЭА. Корпус M1A-M10 размером 4,5×4,5 мм даёт возможности для компактных решений. Такой форм-фактор примерно в два раза меньше, чем условные аналоги модуля, выпускавшиеся ранее. Таким образом, отметим ещё одну важную тенденцию: робототехника, имея зависимость от форм-фактора составляющих устройств модулей, стремится к минимизации размеров.

Устройства u-blox семейства M10 обладают высокой радиочастотной чувствительностью для качественного и стабильного позиционирования по времени и месту. К примеру, модуль M1A-M10 одновременно принимает информацию от четырёх групп GNSS (GPS, Galileo, BeiDou и ГЛОНАСС), что обеспечивает максимальную доступность и качество приёма спутникового сигнала. В сочетании

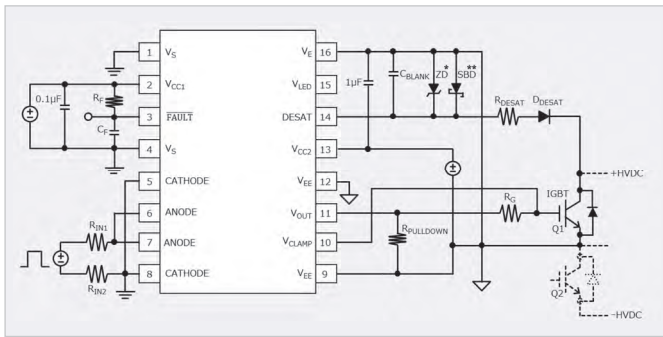


Рис. 1. Пример схемы рекомендуемого применения (при использовании положительного источника питания затвора, детектирования DESAT, схемы активного зажима зеркала)

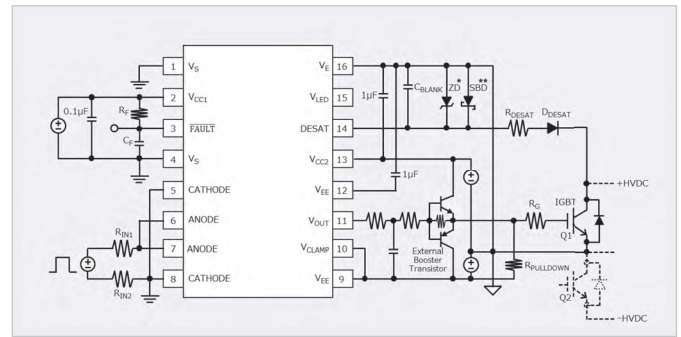


Рис. 2. Схемы применения модуля TLP5222 (отрицательный источник питания затвора, схема внешнего буферного транзистора при использовании обнаружения DESAT)

с радиочастотной чувствительностью надёжное позиционирование обеспечивается компактной (буквально миниатюрной) антенной, но при этом без потери связи в условиях слабого сигнала, что актуально в массовой городской застройке или, к примеру, в ситуациях несанкционированного глушения радиоволн ангажированными лицами или сообществами в формате нарушения связи и в контексте радиоэлектронной борьбы.

Сильноточный интеллектуальный оптоизолированный драйвер для управления затворами IGBT и MOSFET в оконечных и силовых узлах универсального назначения в 2022 году выпустила в серию Toshiba Electronics Europe. Двухтактный выход TLP5212 с низкой задержкой 250 нс и разбросом задержек распространения сигнала между транзисторами не более 150 нс делает устройство пригодным для высокоскоростных приложений. Диапазон рабочих температур драйвера составляет от -40 до $+110^{\circ}\text{C}$, что обеспечивает возможность использования в промышленном оборудовании, работающем от возобновляемых источников энергии, и в системах для военпрома. Такой результат достигнут благодаря ИК-светодиоду специальной разработки Toshiba, предназначенному для работы в широком диапазоне температур, в том числе в «суровых» условиях.

Драйвер предназначен для управления затворами IGBT и MOSFET током до 2,5 А, что положительно оценили и активно используют разработчики робототехники в подвижных узлах с электродвигателями и электропневматическими цилиндрами. Кроме того, защита модуля от токовой перегрузки позволяет применять его в инверторах бесперебойного питания, сервоприводах переменного тока, фотоэлектрических преобразователях и системах питания. Реализованный функционал

инновационной защиты от перегрузки основан на контроле выхода транзисторов из состояния насыщения, активном подавлении ёмкости Миллера.

Независимые выводы модуля UVLO (пониженное входное напряжение) и FAULT (неисправность) дают перспективу разработчику реализовать на основе модуля законченную конструкцию без надобности в других совмещённых системах защиты оборудования. Двухтактный выходной каскад с двумя n -канальными MOSFET обеспечивает совместимость со спецификациями различного промышленного оборудования, созданного по разным стандартам и ТУ. Это снижает системные расходы на выявление неисправностей и защиту, экономит место в корпусе робота. Для восстановления TLP5212 после срабатывания защиты требуется подача сигнала на специальный вывод драйвера. Ещё один усовершенствованный модуль TLP5222 с автоматическим возобновлением работы после перегрузки ожидается в серии с 2023 года.

На рис. 1 представлена типовая схема включения при использовании положительного источника питания затвора, детектирования DESAT, схемы активного зажима зеркала.

На рис. 2 представлена типовая схема включения модуля TLP5222 с отрицательным источником питания затвора внешнего буферного транзистора при использовании обнаружения DESAT.

Подробные характеристики модуля можно уточнить в [9].

Новый модуль выпускается в корпусе SO16L с размерами $10,3 \times 10 \times 2,3$ мм, что позволяет использовать его в условиях ограниченного пространства. Соблюдены требования к высокому уровню безопасности: напряжение изоляции – 5000 В.

Перспектива современной робототехники, или гибкий скоростной робот

Перспектива развития робототехники прямо связана с разработками запрограммированных возможностей роботов, внедрения ИИ на уровне практического представления об объекте, а это не столько сбор данных посредством «умных» датчиков различного назначения, но и автономный анализ данных без (или с минимальным) участием удалённого сервера. Автономность робота влияет на его эффективность, которую условно можно назвать быстродействием, ибо нет рисков потери связи с сервером и технической задержки при передаче информации. Качественный робот должен уметь смотреть, слушать, нюхать и сканировать, чтобы определить ситуацию почти как человек, – некий аналог мобильного инспектора с функционалом механического воздействия. Такова перспектива развития отрасли.

К примеру, интеллектуальный роботомобиль CrowBot BOLT основан на беспроводном микроконтроллере ESP32, предназначенном для программирования робота в формате Arduino или MicroPython [8]. А пока группа исследователей из университета Йоханнеса Кеплера (Австрия) создала серию малых электромеханических роботов с четырьмя лапами, взяв в качестве прообраза гепарда. Анонсированы функции ходьбы, бега, прыжков и плавания. При этом все движения выполняются с очень высокой скоростью по отношению к малым размерам этих роботов. Такое не снилось даже писателю Лескову («Левша») и коллективу тульских оружейников, подковавших «аглицкую блоху».

Создание миниатюрных роботов является сложным делом из-за отсутствия высокоскоростных приводов необходимых размеров. Инновация в том, что привод воплощён в мягком и гиб-



Рис. 3. Полимерная площадка с проводящим электрический ток элементами – основа миниатюрного робота австрийского производства

ком «теле» робота на основе эластичного полимерного материала с применением резины и условных ЭМ-катушек в виде проводников из проводящей ток металлизированной пленки. Для этого конструкторам понадобился 3D-принтер и 3 года исследований и промежуточных экспериментов. Конструкция управляется при помощи электрического тока и магнитного поля. В соответствии с импульсным воздействием электрического тока на условную обмотку катушки эластичный материал скручивается в U-образную форму и разгибается. Управление катушками осуществляется при помощи датчиков и микроконтроллера, дающего команду движения конечностям и регулирующий скорость. Благодаря этому миниатюрного робота заставили сгибаться и выпрямляться в горизонтальной плоскости (рис. 3). Соответствующее воздействие управляющими импульсами слабым электрическим током на ЭМ-поле вокруг катушек приводит к разной частоте колебаний полимера и, таким образом, развитию скоростных перспектив.

Для сравнительных способностей миниатюрных роботов исследователи приняли за единицу скорости условно новый термин «длина участка изменения тела за 1 секунду» (body lengths per second, BL/c), что позволило формализовать признаки скорости и сопоставлять возможности разных роботов, неживых, да и живых существ, при необходимости, тоже. К примеру, типичный гоночный автомобиль в классе «Formula-1» может двигаться со скоростью 50 BL/c. Бегущий гепард развивает скорость 20–30 BL/c. В этом примере, разумеется, надо учитывать, что металлический кузов автомобиля не может изгибаться, как подвижная полимерная основа. Данные эксперимента опубликованы в [5]. Состоявшееся и признанное успешным тестирование миниатюрных

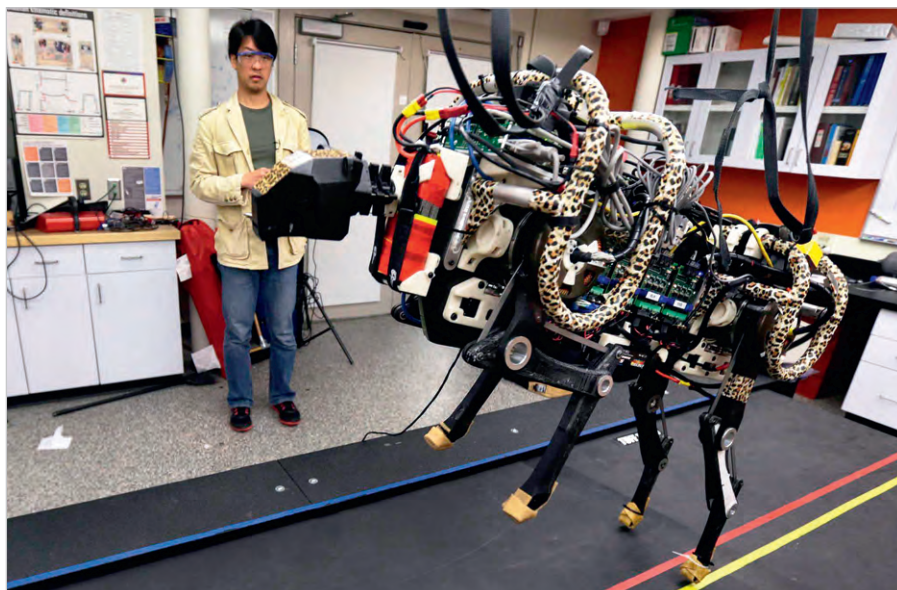


Рис. 4. Внешний вид бегового робота разработки учёных университета Йоханнеса Кеплера

роботов «размером с почтовую марку» показало их возможности в развитии скорости на почти идеальной поверхности до 70 BL/c. Это в эксперименте. А оснащённые собственной батареей и микроконтроллером роботы перемещаются со скоростью до 2,1 BL/c. Скорость в воде при почти идеальных условиях (безветрие и отсутствие шторма) зафиксирована до 4,8 BL/c.

Иллюстрация «австрийской» модели миниатюрного робота, которому мы посвятили описание, представлена на рис. 4.

Самым быстрым среди роботов всех размерных классов остаётся MIT Cheetah 2 – четвероногий «гепард», способный развивать скорость 6,4 м/с, что выше средней скорости велосипедиста. Подробно о классе миниатюрных, гибких и скоростных роботов написано в [5]. Видеопрезентация движения основы миниатюрного робота на эластичных материалах представлена в [7].

Несомненный «плюс» рассмотренной модели в мобильности и гибкости при преодолении препятствий. Как правило, все созданные ранее роботы с возможностью быстрого передвижения были большими и сложными устройствами. Это одна из проблем робототехники, стремящейся к минимизации форм, – как в своё время часы-хронометры из массивных методом технического усовершенствования деталей-элементов преобразились в миниатюрные. Таков один из аспектов развития интеллектуальных активов в широком смысле. Это ожидает и разработки в области робото-

техники в ближайшие десятилетия XXI века.

Тем временем «робот-собака» ещё в 2019 году поступил в продажу [3]. Он создан на основе разработок в Масачусетском университете в 2015 году. Этот робот с интересными функциями и развитым механическим приводом предназначен для промышленного использования.

Среди роботов, продемонстрированных на конференции Aker BP 11 февраля 2020 года, четвероногий экземпляр, разработанный Boston Dynamics [2]. После презентации и получения роботов несколько компаний, в том числе Cognite, специализирующаяся на разработках ПО для ИИ, и Aker BP, протестировали модели в нефтегазовых средах. Были сделаны выводы о том, что такие роботы, напоминающие собак или животных, подходят для контроля оборудования в труднодоступных местах и на удалённых объектах. Иллюстрация одной из таких моделей представлена на рис. 5.

К роботу задуманы приложения-аксессуары: например, для противоскользкого эффекта при передвижении к конечностям прикрепляют игольчатые аналоги ледоступов. Видеопрезентация «робопса» представлена в [6].

Импортозамещение в любезном нашем Отечестве

По сообщениям ведущих новостных агентств, 2 декабря 2022 года на II Конгрессе молодых учёных в технопарке «Сириус» под эгидой Сбера презентовали «робокота» с некоторыми функциями живого: мурлычет, изгибаясь,

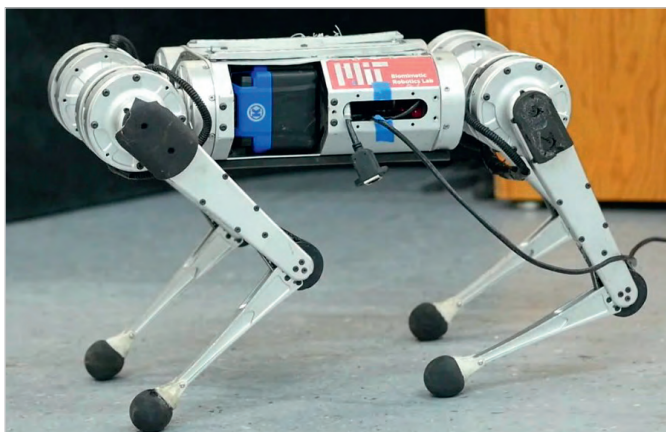


Рис. 5. Модель робота-собаки, разработанная в Boston Dynamics



Рис. 6. Внешний вид робота-кота, презентованного под эгидой Сбера

отвечает на поглаживание, ласку; сверкает глазами, умеет ходить и бегать. Очень похож на настоящего, только без функционала размножения [4]. Изображение робота-кота образца 2022 года представлено на рис. 6.

Он «обрёл жизнь» в рамках академического проекта, а основа модульной схемотехники – открытая китайская платформа-конструктор.

Эксплуатация и профилактическое обслуживание роботов в промышленных условиях

Изучение потенциала робототехники в промышленности, в частности в нефтегазовой отрасли, приводит к выводам, что современному автономному устройству требуются мобильность и гибкость в преодолении препятствий. Тенденцию к развитию имеет направление в оснащении роботов – прообразов животных с полезными нагрузками датчиков LIDAR для последующего создания 3D-моделей или цифровых двойников. Это позволяет незаменимым пока людям-операторам виртуально обследовать труднодоступные объекты из безопасного удалённого места. Что касается нагрузочной способности, то модели, представленные на рис. 4 и 5, имеют такие возможности. По сути, это условно «грузовые» роботы. Они могут нести на корпусе до 14 кг дополнительного оборудования. При этом скорость передвижения, как показали тесты, снижается незначительно.

В нефтегазовой промышленности сосредоточены потенциально опасные объекты с разным функциональным оборудованием, нуждающиеся в постоянном контроле. Три основных приоритета стабильности предприятия: безопасность, надёжность и эффек-

тивность. В ситуации, когда робот находится на удалённом объекте, считывая показания датчиков, он собирает и формализует пакеты цифровых данных о том, как работает оборудование. Робот-помощник может выполнять широкий спектр инспекционных задач на промышленных объектах, что повышает безопасность, надёжность и эффективность деятельности предприятия.

Среди решаемых задач – работа в условиях с повышенным риском для обеспечения максимальной безопасности людей. Так можно снизить риск для проверок в зонах с высоковольтными трансформаторами. Как частный случай, этим может заинтересоваться отечественная компания РЖД и её дочерние предприятия. Травматическая опасность на объектах транспорта сохраняется на высоком уровне. Условно говоря, охрана труда не поспевает за научно-техническим прогрессом. Как были случаи поражения электрическим током от подвесной контактной сети на ж. д. (при проверке и контроле уровня наполненности цистерн и опломбирования верхних люков), так и остаются. Вместо человека, подверженного эмоциональным реакциям на вызовы времени, настроению, забывчивости, робот сделает ту же неквалифицированную работу быстро и чётко. Робот уместен в качестве первого «проверяющего» во время чрезвычайных ситуаций, сбора визуальной информации, помогающей подготовить группы реагирования, состоящие из людей или других роботов.

Контроль объекта с помощью робота подходит для ситуации с периодическим отключением оборудования. Когда оборудование работает в штатном режиме, достаточно его контролировать визуально: по датчикам и параметрам, анализируемым компьюте-

ром. При этом робот вполне заменит несколько разных датчиков контроля, от визуальных до запаха газа, что актуально в соответствующей области. Но когда оборудование отключают для регламентных работ, обновления элементов системы, ремонта или для устранения последствий аварии, ситуация может меняться динамично. Для людей это деятельность с условно более высоким риском. Робот в данном случае используется как электронный субъект наблюдения с высокой мобильностью и возможностью моментальной передачи данных оператору.

Что обеспечит робот?

Считывание показаний датчиков и приборов на их основе, обнаружение утечек, обнаружение шумовых аномалий, тепловизионный контроль, обнаружение газа и общий удалённый контроль системы. К примеру, контроль аналоговых датчиков вместо визуального осмотра человеком можно поручить мобильному роботу, а считанные и формализованные (что удобно для сравнения и обработки) в цифровом виде данные представляют лучшую форму отчётности, чем составление её человеком-оператором. Контроль утечек субстанций в жидком или газообразном виде, аналитический контроль звуков, посторонних шумов, в том числе при срабатывании датчиков аварийной сигнализации, – всё это теперь дело интеллектуального робота, осуществляемое с помощью видеокамер, микрофонов, газоанализаторов, других периферийных устройств. Новые возможности позволяют высвободить сотрудников для выполнения задач более высокого уровня, при этом сохраняя кадры в целости и безопасности для других, «неавтоматизированных» про-

фессиональных действий. В нынешних экономических условиях увеличение производительности труда крайне важно. Ибо много времени на любом производстве тратится на регулярный инструктаж и обеспечение безопасности труда. Среди возможных сфер применения роботизированной дистанционной инспекции считывание показаний датчиков различного назначения, проверка корректного функционирования и изоляции электро- и пневматических клапанов (электрооборудования в целом) – всё это заменяет квалифицированное человеческое участие.

Способность ориентироваться в автономном режиме

Способность ориентироваться «электронными инструментами» практически на любой местности – большая ценность нашего «альтернативного помощника». Даже условно «древние» роботы на гусеничной платформе, каков, к примеру, робототехнический комплекс разминирования модели «Уран-6», применяемый в войсках и оперативных службах по обезвреживанию взрывчатых веществ мощностью 60 кг тротилового эквивалента, хоть и работают уверенно по гравийной поверхности, имеют недостатки загрязнения при воздействии влаги и грязи. Кроме того, их вес около 6 т. Для решения тех же задач представляются гораздо удобнее инновационные робототехнические разработки: быстрые, манёвренные, лёгкие и, возможно, даже одноразовые.

При этом общий успех зависит от условий конкретного помещения, его площади, объёма, участков открытой дистанции или пересечённой местности, труднодоступных мест в оборудовании больших терминалов (не только складских) и покрытий, которые затруднительны для преодоления колёсной техники. Тем более в условиях пересечённой местности, что неизбежно при технических катаклизмах, авариях большого масштаба. Добраться до таких мест быстро не получится. Или вообразите себе завод с огромной территорией, где оборудование размещено на большой площади, полигон для испытаний в 3–5 километров. Пока доедешь, солнце зайдёт за горизонт, и рабочий день закончится. Скорость движения робота с имитацией «лап гепарда», в отличие от колесных платформ, намного выше, есть возмож-

ность управляемых прыжков, есть гибкость применения в разных средах, поэтому он эффективен в результате.

Когда недостаточно одного

Чтобы роботизированные электронные системы были эффективными, их нужно много; не получается на большом производстве решить задачи одним только «электронным помощником-инспектором». Не только навигация, но и, главным образом, большие расстояния между терминалами и точками «контроля» дают предпосылки к «разведению» нескольких десятков подобных роботов, которые при необходимости могут дублировать друг друга, повышая устойчивость системы и производства к разным рисковым факторам.

Действительно, такая «электронная псина о четырёх лапах» может взбираться на каменные сваи, преодолевать разноуровневые участки, ходить и бегать по бетону, асфальту и гравию. Для современной робототехники почти не существует нерешаемых задач, постепенно мы в этом убедимся. Некоторые исключения изложены в результирующей части обзора. Тем не менее всё предусмотреть невозможно, и в разных условиях приходится решать конкретные задачи. К примеру, на производстве, где много металлических профилей, ограждений, лестниц и сеток, первые экземпляры роботов «теряли бдительность», воспринимая «картинку» неоднозначно. Эти проблемы решаются доработкой ПО. Компании-разработчики из Woodside и Boston Dynamics регулярно обновляют программное обеспечение и совершенствуют систему. Удобство платформы и ПО для пользователя – одна из важнейших задач робототехники.

Выводы

Безопасность жизнедеятельности человека и производства отныне можно доверить роботам. Рассмотренным моделям и примерам присущи мобильность и гибкость преодоления препятствий. Такие способны перемещаться практически по любой местности. Но и их нужно кому-то контролировать.

Робототехника даёт разработчикам и потребителям многофункциональный набор инструментов, расширяющий возможности человека, окрыляет мыслью, что мы можем делать то, о чем раньше даже не мечтали. Однако важно не забывать о сути человеческой жизни, натуральной коммуникации, участии, состра-

дании к другому. К сожалению, одна из проблем современного социума в том, что у людей нет опыта критического мышления, этому просто не учат. В течение десятилетий, а может быть, и столетий, такого социального опыта не было. В наше время человек с лёгкостью уходит в социальные сети, в сферу развития робототехники, обособляясь от натуральных контактов, при этом, несомненно, теряет в духовности и участии. В старину на Руси говорили не «я тебя люблю», а «я тебя жалею». Этого человеческого участия в робототехнике в обозримом будущем не предвидится. Как сказано у С. Лема (на основе произведения были поставлены несколько версий фильма «Солярис»), мы единственные разумные существа, осознающие, что жизнь конечна. Искусственный интеллект пока не достиг такого уровня. Предлагаю об этом помнить и ценить друг друга.

Литература

1. Манёвренный мобильный робот Boston Dynamics. URL: <https://www.bostondynamics.com/products/spot>.
2. Изучение потенциала робототехники в нефтегазовой отрасли. URL: <https://akerbp.com/exploring-the-potential-of-robotics-in-the-oil-and-gas-industry/>.
3. Брехер Х. Робот-собака о четырёх лапах. Сайт Boston Dynamics. URL: <https://www.notebookcheck.com/Boston-Dynamics-Spot-Der-professionelle-Robo-Hund-geht-in-den-Verkauf-Video.435677.0.html>.
4. Презентация «Робокота» на II Конгрессе молодых учёных. Новость от 02.12.2022. URL: <https://ria.ru/20221202/robokot-1835885016.html>.
5. Губайловский В. Созданы самые быстрые среди миниатюрных роботов. URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/news-1551012-sozdany-samyie-bystryie-srediminiaturnyh-robotov/>.
6. Видео перспектив «робопса». URL: <https://www.youtube.com/watch?v=wlkCQXHEgjA&t=12s>.
7. Видеоиллюстрация движения основы миниатюрного робота на эластичных материалах. URL: <https://www.ridus.ru/sozdan-myagkij-i-gibkij-robot-kotoryj-begaet-bystree-geparda-386564.html>.
8. Автомобиль-робот CrowBot BOLTURL. URL: <https://www.cnx-software.com/2022/12/05/getting-started-review-crowbot-bolt-education-smart-robot-car/>.
9. Новинка. Модуль TLP5222 с автоматическим возобновлением работы после перегрузки. URL: https://toshiba.semicon-storage.com/info/TLP5222_datasheet_ja_20220722.pdf?did=143285&prodName=TLP5222.



НОВОСТИ МИРА

КНР объявила о планах запуска свыше 200 космических аппаратов в 2023 году

Китайская корпорация аэрокосмической науки и технологий планирует запустить в 2023 году более 60 ракет-носителей и вывести на орбиты свыше 200 космических аппаратов, сообщает Синьхуа в четверг со ссылкой на отчёт корпорации.



В частности, корпорация в этом году осуществит запуски трёх космических кораблей для доставки космонавтов и грузов на китайскую космическую станцию. Среди них – грузовой «Тяньчжоу-6» и пилотируемые «Шэньчжоу-16» и «Шэньчжоу-17».

Для улучшения глобальной навигационной системы «Бэйдоу-3» Китай планирует запустить три резервных спутника. При этом корпорация пообещала ускорить создание космической системы дистанционного зон-

дирования Земли коммерческого назначения нового поколения.

Корпорация также пообещала обнародовать информацию о возможностях ракет-носителей для коммерческого запуска и предоставить клиентам возможность воспользоваться услугой коммерческого космического запуска.

В рамках четвёртой фазы проектов по исследованию Луны, Марса и Вселенной Китай в этом году продолжит разрабатывать зонды «Чанъэ-7» и «Тяньвэнь-2», а также геостационарный микроволновой зонд.

Ожидается, что в этом году состоится первый полёт ракеты-носителя «Чанчжэн-6B»/CZ-6C или Long March-6C/. Количество полётов ракет-носителей серии «Чанчжэн» превысит отметку в 500.

Напомним, что Россия производит 15 спутников в год, предел наращивания выпуска на нынешних предприятиях – 42 спутника в год. Китай за год выпускает 500+ спутников, SpaceX – шесть спутников в день. К 2026 году в России должны выпускать 200–250 спутников в год, к 2030 – минимум один спутник ежедневно. В планах «Роскосмоса» строительство двух заводов для производства спутников.

industry-hunter.com

Импорт интегральных микросхем в КНР снизился впервые за 19 лет

В прошлом году Китай впервые за 19 лет с 2004 года снизил импорт интегральных микросхем, сообщило в субботу агентство Bloomberg со ссылкой на данные таможенной службы КНР.

Напомним, в 2022 году США ввели ограничения на экспорт в Китай некоторых видов полупроводников, применяемых для создания продуктов на основе технологий искусственного интеллекта и для организации вычислений на суперкомпьютерах.

В итоге импорт КНР микросхем в 2022 году сократился на 15% до 538,4 миллиарда штук. В 2021 году этот показатель составлял 635,6 миллиарда чипов.

При этом импорт Китая микросхем рос в 2021 году (+17%), в 2020 (+22%) и в 2019 году (+6,6%).

В декабре Китай подал иск в ВТО против США из-за экспортных ограничений на чипы.

industry-hunter.com

IF/RF & Microwave Design
advantex

WWW.ADVANTEX.RU

**РАЗРАБОТАНО
И ПРОИЗВЕДЕНО
В РОССИИ**

**ШИРОКОПОЛОСНЫЕ
СИНТЕЗАТОРЫ ЧАСТОТ**
с непрерывным шагом до 21 ГГц
и контрольно-измерительные приборы



ЭЛЕКТРОННЫЙ
КАТАЛОГ



+7(495) 721-4774 • info@advantex.ru
Москва, ул. Красноказарменная, д.13, стр. 1

Электронные датчики потока, протока и реле для производственных линий, магистралей и бытовых услуг. Обзор

Андрей Ласорла

В устройствах современной электроники, обеспечивающих функционирование предприятий и бытовой сферы услуг, распространены датчики потока и протока жидкости с разным принципом работы: от магнитного датчика Холла и лопастных расходомеров до реле давления потока и расхода жидкости. На основе современных датчиков не только разработаны производственные автоматизированные линии розлива и контроля, например, на пивоваренных заводах, но существуют перспективные идеи для сферы бытовых услуг, когда рассматриваемые датчики уместно применять в кофейных и газировальных вендинговых аппаратах, бытовых кофемашинах, домашних пивных заводах, а также для автоматизации процесса розлива в розничной сети. В статье рассматривается принцип действия датчиков, встраиваемых в магистраль потока агрессивных и неагрессивных жидкостей и перспективы их применения.

Вода как ценность

Вода, в том числе прошедшая очистные сооружения для последующего потребления в качестве питьевой в частных и многоквартирных домах, на производстве является важным экономическим фактором. Причём «обычная» питьевая вода может быть исследована сегодня в большом спектре физико-биолого-химических характеристик, лишь самые простые из которых – прозрачность, жёсткость (мягкость) и даже электропроводимость. Химический анализ качества воды – довольно дорогостоящая процедура, десятки тысяч рублей в зависимости от выбранных характеристик, которую могут себе позволить не все. Не секрет, что в некоторых регионах любезного нашего Отечества качественно очищенная вода – редкость. И не во всех регионах природные запасы воды достаточны для жизнедеятельности; к примеру, в степных районах чистая питьевая вода ценится дороже, чем в регионах с разветвлённой сетью рек и озёр, иных районах, граничащих с большими акваториями.

Так, в Ленинградской области (Калино), в Смоленской (отдельные дома в г. Смоленске), Псковской (Опухлики) – несколько примеров из автор-

ского опыта – и сегодня питьевая вода, поступающая по магистральным трубопроводам под давлением к бытовым потребителям, условно перенасыщена известняком и кальцием, что нетрудно заметить по белому осадку в посуде и после её кипячения. Жёсткость водопроводной воды также влияет на долговременность работы ТЭНов сервисного электрооборудования, самые простые примеры в быту – автоматические стиральные машины, бойлеры, чайники и электрические нагреватели в частных домах с водяным контуром отопления. Для смягчения воды специально применяют такой химический состав, как «калгон», рекомендованный для предотвращения образования накипи на ТЭНах в устройствах не питьевого применения (стиральные машины, контуры отопления и др.). В Псковской области (и некоторых других районах) вода традиционно имеет серно-водородный привкус, что связано с геологическими особенностями почв. Весь этот простой анализ показывает нам два важных аспекта.

Проблемы корректности контроля

Во-первых, вода является материальным ресурсом, а потому имеет вполне

реальную ценность. Пока при контроле ЖКУ при «водоотведении» (слив) учитывают расход воды «автоматически» (работающие по лопастному принципу счётчики потребления стоят в системе подвода магистрали чистой воды – горячего и холодного контуров, и предполагается, что сколько «залито», столько и «вылито», израсходовано). Но надо признать этот контроль некорректным, невалидным и, прямо скажем, нецивилизованным. Дело не в том, что могут быть потери воды в жилище (это зона ответственности владельца имущества), но, главное, в том, что есть «дельта» разницы между водой потребляемой и сливаемой в утиль из-за её естественной убыли при подготовке гастрономических блюд, испарении, а также ввиду естественного усвоения организмом человека; организм условно среднего человека в большой степени состоит из воды, и не вся выпитая жидкость, усвоенная организмом в процессе метаболизма, выходит из человека. Поэтому некорректно (хотя просто и выгодно для компаний – поставщиков ЖКУ) учитывать объём водоотведения «автоматически» по объёму в магистральных подвода воды, где и устанавливают традиционно счётчики воды. Однако в перспективе ближайшего времени повсеместно эта сфера массово будет расширена до контроля магистралей слива отработанной жидкости, в том числе воды. В перспективе счётчики будут фиксировать и сливаемую в утиль жидкость тоже, и контроль станет более корректным. Для этого потребуются специальные счётчики учёта «грязной» воды.

Во-вторых, во многом с учётом сказанного, состав воды в разных местах и условиях неоднороден, магистрали подвода при эксплуатации загрязняются, на внутренней поверхности трубопроводов образуются наросты, сужая полезный диаметр магистрали, следовательно, для потребителя изменяется давление и поток воды. Но главное –

для такого корректного и долговременного контроля требуются специальные надёжные датчики. Поэтому вопрос о качестве датчиков контроля воды и иной жидкости, о надёжности РЭА в этой части довольно актуален.

Что касается крупного производства, предприятий, тут вопрос с надёжностью оборудования поставлен ещё более критично: любой простой влечёт за собой миллионные издержки. А если речь идёт о сфере безопасности жизнедеятельности, «критической инфраструктуре» обеспечения жизнедеятельности людей в медицинских и иных учреждениях, тут аварии в контурах снабжения водой имеют ещё более важные последствия. На таких условно простых бытовых и производственных примерах мы показали необходимость технологического совершенствования производства датчиков потока и прогона жидкости и новых разработок в данной теме.

Датчики и счётчики воды

Лопастные расходомеры жидкости (воды) по принципу работы лопастных приборов – на вращении внутри корпуса счётчика крыльчатки с частотой, прямо пропорциональной интенсивности потока, – применяются в системе ЖКХ для контроля потребления воды. Все эти приборы не подлежат обязательной сертификации.

Датчик фирмы OOTDTY модели H1AA800375 на основе магнитного эффекта Холла для водопроводно-канализационной системы представлен на рис. 1.

Он имеет условия подводки с размером «1/2» – стандартный распространённый размер, принятый в сантехнических коммуникациях бытового уровня. Для труб и комплектующих сантехники принят за основу «недружественный» отсчёт от дюйма – 25,4 мм. Отсюда 1 см = 0,3937 дюйма, 1 дюйм = 2,54 см. Но сантехнический размер «1/2» – это диаметр трубы 15 мм, а «3/4» – 20 мм, 1 дюйм примерно равен 25 мм, 1 и 1/4 – диаметр патрубка 32 мм. Наиболее распространены 1/2 и 3/4 дюйма.

Примерно аналогичные характеристики у датчика YF-B1, имеющего размеры 4,4×1,9 см. Устойчиво работает в диапазоне напряжения питания 5...15 В постоянного тока. Сопротивление изоляции корпуса 100 МОм. Датчик размещён в корпусе из лёгкого металла и пластика и



Рис. 1. Датчик H1AA800375 на основе электромагнитного эффекта Холла для водопроводно-канализационной системы



Рис. 2. Внешний вид датчика потока воды модели YF-S201

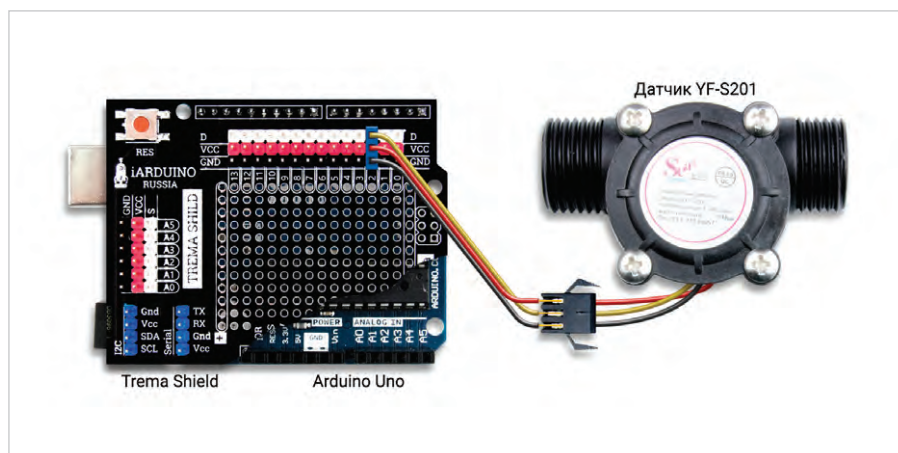


Рис. 3. YF-S201, адаптированный для конструкторского макета

позволяет контролировать расход воды в пределах 1...25 л/мин при максимальном давлении в контуре 1,75 МПа.

На рис. 2 представлен внешний вид датчика потока воды, основанного на эффекте Холла.

Датчик, совместимый с устройствами Arduino, имеет высокую стабильность и надёжность ввиду функции магнитного абсорбирования. Индукционная и магнитная контрольная камера, а также электронные компоненты расположены отдельно, это позволяет избежать сбоев в работе переключателя, вызванных примесями воды в трубопроводе, «нежелательными» частицами, загрязняющими канал.

На рис. 3 представлен тот же датчик, адаптированный для разработчиков конструкторского макета Arduino.

Такое устройство одновременно имеет функцию защиты водоподводящего канала и многоразового фильтра частиц – примесей воды – с отстойником и возможностью его чистки.

Термостойкие материалы корпуса и элементов датчика позволяют использовать устройство для горячей воды при температуре до 80°C.

Устройство работоспособно при относительно низком давлении воды > 0,03 кг/см²: при этом элемент, называемый «пружина сброса», сделан из высококачественной нержавеющей стали.

Внутри датчика установлена магнитная крыльчатка, совмещённая с датчиком Холла. Аналогичные YF-S201 по форм-фактору модели типового ряда CX-60/120/300/800/801/802/2010 сертифицированы (СЕ) и предназначены для работы в контуре водоснабжения (отведения) при интенсивности потока 6...7 л/мин и минимальном давлении 0,6 МПа. Этот совместимый с устройствами Arduino прецизионный датчик расхода воды предназначен и адаптирован для схем управления и питания с напряжением осветительной сети 230...240 В переменного тока.



Рис. 4. Внешний вид датчика-переключателя потока водяного насоса фирмы ELESAVEE моделей HFS15/HFS20/HFS25

На рис. 4 представлен внешний вид датчика-переключателя потока водяного насоса фирмы ELESAVEE моделей HFS15/HFS20/HFS25.

Датчик функционирует как реле потока с контролем уровня жидкости и адаптирован под размер патрубка 1/2 или 1/4 дюйма.

Типовые характеристики датчика.

- Напряжение: 220 В переменного тока
- Максимальный ток потребления: 15 А
- Стабильная работа в диапазоне температур: +5...+40°C
- Допустимая температура жидкости: 0...+100°C

Может быть установлен в патрубках и трубопроводах – в горизонтальной и вертикальной конфигурации.

Электронные датчики для вендинговых аппаратов и не только

Один из значимых элементов автоматического торгового аппарата (далее – ВА) – дозирующее устройство для отмеривания необходимого объёма. Активация дозатора происходит пользователем при выборе товара, после чего от датчика поступают данные на анализатор, контролирующий количество реализуемой продукции. Это возможно осуществить при помощи разных датчиков.

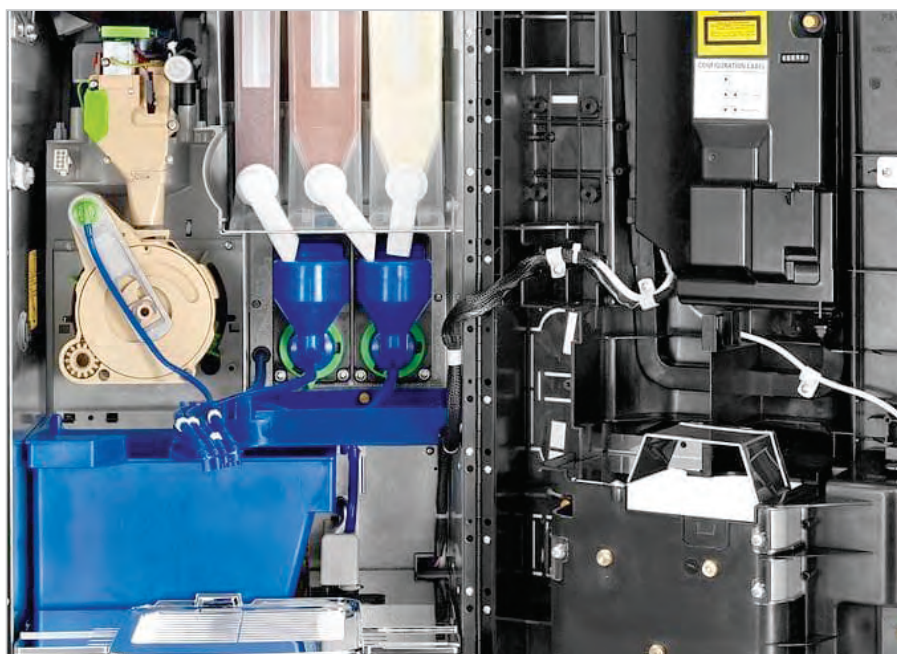


Рис. 5. Вид на элементы типового автоматического торгового вендингового аппарата



Рис. 6. Внешний вид датчика-переключателя потока модели 652F

На рис. 5 представлен автоматический торговый (вендинговый) аппарат с открытой частью корпуса.

Для торговых автоматов в сегменте дозируемых и порционных товаров способы измерения продукции основываются на трёх параметрах: объём, масса, время. Измерение объёма применяется для ВА, работающих непосредственно с жидкостями. Анализатор дозирующего устройства работает так: с помощью тензодатчиков измеряется количество жидкости в накопительном резервуаре посредством сравнения изначального показания с изменяющимся. Когда разница между двумя показаниями достигает необходимого значения, дозирующее устройство перекрывает подачу жидкости. Измерение по массе происходит непосредственно на месте выдачи товара при помощи тензометрического датчика, который отмеряет вес товара, уже поданного в тару. Соответственно, когда вес достигает необходимого значения, подача продукции прекращается.

Измерение по времени с помощью электронного таймера (между началом

и окончанием подачи жидкости потребителю) – условно сложный процесс, более экономичный, но менее надёжный, и тут мы его касаться не будем. А применение датчиков протока для контроля отпуска жидкости в трубопроводе ВА на пути к потребителю (в стакан) – перспективный метод, уже нашедший своих последователей и критиков среди разработчиков РЭА. Кулеры для воды (в том числе автоматы-диспенсеры, подключённые к системе питьевого водоснабжения, а не сменяемых банок объёмом 18,9 л), ВА, бытовые кофемашины, автоматизированные линии розлива (воды, пива и др.) на производстве и многие другие примеры – таковы сферы, где применяется трубчатый датчик потока жидкости с подключением 1/4 дюйма модели 652F. Внешний вид его представлен на рис. 6.

Далее приведены некоторые технические характеристики датчика 652F с литерами «А» и «В»:

- точность (контроля потока): 0,2–8 л/мин с погрешностью в пределах 0,5%;

- максимальный рабочий ток: 15 мА (при напряжении питания 5 В);
- диапазон окружающей влажности: 35–90% RH;
- управляющий импульс напряжения: > 4,7 В;
- минимальное рабочее напряжение: 3,5 В;
- диапазон рабочего напряжения: DC 3,5...20 В;
- диапазон рабочих температур: ≤ 80°C;
- допустимое давление жидкости не более 1,75 МПа.

Датчики могут иметь разную конфигурацию и форм-фактор, подключение обжимное, резьбовое, фиксируемое, а также разные модели рассчитаны на разное напряжение, в частности, есть варианты моделей, адаптированные к напряжению 110, 220 В переменного тока, и даже 4 В постоянного тока. Корпус может быть из лёгкого металла (латунь).

Датчик расхода питьевой воды модели 652F суть многофункциональный расходомер с переключателем, рассчитанный для контроля магистрали с объёмом (скоростью потока) жидкости до 0,8 л/мин. Такой датчик может иметь универсальное применение.

Функционал устройства: измерение, контроль потока (скорости и объёма), сигнал тревоги при отсутствии жидкости в канале. Датчик расхода жидкости применяется универсально: домашняя «пивная машина», посудомоечная машина, очиститель воды, торговый автомат, в том числе для дозированной подачи вина, иного алкоголя (с автоматическим и электронным управлением), винный шкаф и другие, то есть для почти любого, в соответствии с характеристиками датчика, оборудования, где требуется управление небольшими потоками воды. Понятно, что для производственных мощностей, или даже в условиях фермерского хозяйства – для полива фруктов и овощей, или работы стиральной машины такой скорости потока недостаточно, нужна большая; однако в своём классе и по своей стоимости – это перспективный датчик для новых разработок РЭА небольших мощностей потоков и отпуска жидкостей.

Перспективы применения

Автоматическое электронное управление (о чём сказано выше) и полуавтоматическое – это разные варианты



Рис. 7. Контроллер потока для кофемашины и кулера

включения дозирующего устройства, где самый простой – нажатие на кнопку с контактами на замыкание и без фиксации в электрической цепи, к которой адаптирован сей датчик. Пока кнопка нажата – жидкость поступает из резервуара в условную посуду; контролировать такой мануальный способ розлива приходится визуально. От этого простейшего варианта следуют варианты управления более интеллектуально изысканные, и они ограничены только фантазией разработчика. Лишь скромные примеры: сенсорное управление, включение подачи жидкости по команде от датчика движения с таймером, интеллектуальная система IoT в формате «умного дома», когда по команде со смартфона с адаптированным приложением удалённо включается подача жидкости. То же можно организовать дистанционно – через интернет-коммуникацию, и, наконец, авторское ноу-хау – управление подачей жидкости с помощью касания рукой человека цветка пальмы, в цветочный горшок которой вмонтирован проводник, ведущий к электронному сенсорному устройству с триггерным исполнительным узлом, а в основе сенсорного устройства – реакция на наведённое в теле человека напряжение (от повсеместных в домах силовых электрических сетей и коммуникаций); для управления сенсором достаточно наведённого напряжения в значении 0,05...0,1 В. И так, вариантов очень много, с присущими им «плюсами» и «минусами». Главное в том, что такой датчик, функционирующий на основе эффекта Холла, может быть применён в конкретных электронных устройствах, следовательно, востребован потребителями. Разновидность описываемого контроллера потока представлена на рис. 7.

Малый размер, относительно высокая точность, малый ток управления,



Рис. 8. Магнитный потоковый выключатель фирмы SAIER модели SEN-CL21W-003

гигиенично-безопасный для питьевой воды и иных жидкостей (понятно, что он не вечен, ибо и напольные диспенсеры-кулеры рекомендуется «чистить» хотя бы 1 раз в полгода), лёгкая установка, надёжность и низкое напряжение питания дают такому датчику фору перед другими. Для больших объёмов и контроля водопроводной магистрали рекомендуется применение аналогичных датчиков с литерами «С» и «D», следующими в названии модели. Так, у датчика 652FC контроль расхода жидкости уже в диапазоне до 10 литров в минуту.

Кстати, регулирование температуры в автоматах, отпускающих горячие напитки, осуществляется с помощью терморегуляторов по принципу двухпозиционного контроля типа TP-200, обеспечивающего регулирование жидкой и воздушной среды в диапазоне 25...200°C. При достижении заданной температуры устройство отключает электронагреватели, а при понижении – включает их. Настройка терморегулятора производится вращением винта при одновременном контроле температуры среды с помощью термометра, ибо своей установочной шкалы прибор не имеет.

У того же производителя OOTDTY представлен электрический «Water Flow Sensor» модели SEN-CL21W-003, предназначенный для электронного управления дозатором, диспенсером и очистителем питьевой воды, с подключения патрубков ¼ дюйма, с максимальным током 100 мА, адаптированный к системам питания до 100 В.

На рис. 8 представлен потоковый выключатель фирмы SAIER в латунном корпусе, действующий по магнитному принципу, предназначенный для подключения патрубков форм-фактора

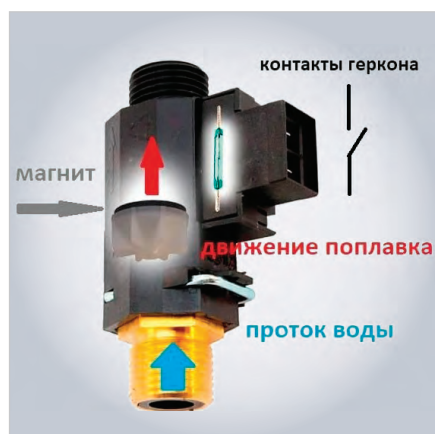


Рис. 9. Датчик протока для водонагревателей Ariston Fast EVO модели SCG-1-S96

1/2 дюйма в магистральных с давлением до 1,2 МПа.

Этот прибор адаптирован к переменному напряжению осветительной сети 230...240 В (220 В) и создан по принципу язычкового переключателя. Язычок находится в системе магистрали с жидкостью, и когда в ней есть давление, жидкость воздействует на язычок, что приводит к замыканию контактов датчика.

Магнитный переключатель потока контролирует наличие или отсутствие потока жидкости в магистрали. Такие приборы делятся на типы в зависимости от назначения контактной группы (замыкание или размыкание). Переключатель потока воды также называют «реле потока», а в разработках используют с типичными компонентами системы управления неагрессивными жидкостями, у такого прибора нет требований для питающего напряжения, он прост в использовании примерно так же, как банальная кнопка для квартирного звонка.

Некоторые технические характеристики:

- рабочая температура: 0...+60°C;
- расход: 1,2...12 л/мин;
- материал: латунь;
- подключение: 1/2";
- рабочее давление: 0,05...1,2 МПа;
- максимальное напряжение: DC220/AC250;
- максимальный ток потребления: 1 А.

На рис. 9 представлен датчик протока для водонагревателей Ariston Fast EVO модели SCG-1-S96.

Регулятор протока воды необходим во всех нагревательных котлах – тепловых генераторах промышленного исполнения и назначения. Как правило, к такой технике предъявля-

ются повышенные требования по электробезопасности и надёжности. В соответствии с конструкцией тепловой генератор предназначен для обогрева жилища (в том числе в объёмном контуре, проходящем через несколько радиаторов) и, в первую очередь, для нагрева воды. Но не только воды, поскольку в контурах отопления и обогревательных котлах бытового и промышленного назначения применяются незамерзающие жидкости для обеспечения работы контура и при отрицательных температурах.

Датчик давления воды такого газового котла (рис. 9) монтируют на трубопровод. После герметичного монтажа в системе, подачи питания и заполнения водяного контура датчик протока реагирует на поток сразу же, как открывают кран горячей воды. От датчика подаётся управляющий сигнал на управляющее устройство, запускается циркуляционный насос и происходит нагрев жидкости в котле в режиме приготовления ГВС. Таким образом, датчик протока сигнализирует о начале движения воды при открытии крана горячей воды. Датчик протока SCG-1-S96 подходит к нагревательным котлам: «Гепард» моделей 12 MOV H-RU, 23 MOV H-RU, 12 MTV H-RU, 23 MTV H-RU; Lynx (HK 11, HK 24, HK 28); Jaguar моделей 11JTV и 24JTV; Kentatsu Nobby Smart (24-1CS, 24-2CS, 28-2CS).

Контроль потока жидкости и газа: термоанемометрическое и лопастное реле

Что касается импортозамещения, распространёнными являются датчики в магистральных и локальных системах перекачки нефтепродуктов, газа, масла и других жидких сред. Для этой сферы также созданы датчики потока и лопастные расходомеры. Есть и пользуются популярностью для больших производств промышленные приборы «ЭМИС» «ПОТОК 285» и «ПОТОК 236», предназначенные для контроля потока рабочей среды в трубопроводах, в том числе в системах автоматизации подачи и откачки жидкости, в качестве датчика потока для насоса, с функцией защиты оборудования от перегрева и «сухого хода». Реле потока жидкости предназначено для контроля наличия/отсутствия потока жидкости в промышленных системах, охлаждающих и водо-

очистных установках. Используется для защиты насосов, двигателей и другого оборудования от перегрева, вызванного слабым потоком или его отсутствием, и применяется в системах автоматического контроля, управления технологическими процессами в энергетике, химической, нефтехимической, пищевой, бумажной и других отраслях промышленности. Реле потока предназначено для установки в трубопровод.

Среди постоянных заказчиков реле отечественной торговой марки крупнейшие холдинги и предприятия, работающие во всех регионах страны, в том числе нефтеперерабатывающие заводы и газонаполняющие станции. В трубопроводах промышленных систем контроль движения жидкостей и газов осуществляется с помощью реле потока с различными принципами действия. Их основной задачей является защита оборудования от перегрева в случае слабого потока либо его отсутствия.

Реле потока в России – для производственного назначения изготавливаются в двух вариантах – лопастное и термоанемометрическое. В конструкции термоанемометрического реле основным является нагревательный элемент, совмещённый с датчиком температуры, и термодатчик, измеряющий температуру рабочей среды. Нагревательный элемент поддерживает температуру на определённом значении, превышающем температуру контролируемого вещества [4].

Принцип работы термоанемометрического реле в зависимости отдачи тепла нагревательного элемента от скорости, с которой движется рабочая среда, охлаждая его. Термодатчик и датчик температуры, совмещённый с нагревательным элементом, фиксируют разность температур, которая обратно пропорциональна скорости потока.

Рисунок 10 иллюстрирует принцип работы термоанемометрического реле «Поток-285».

В этом устройстве реализовано исполнение с футерованным тефлоном электродом для эксплуатации в агрессивных средах, таких как щёлочь и кислота. Предел давления контролируемой среды увеличен до 10 МПа (более старые модели – до 5 МПа).

В одноэлектродном исполнении термоанемометрического реле упростились задачи монтажа, ибо отпала необходимость позиционировать

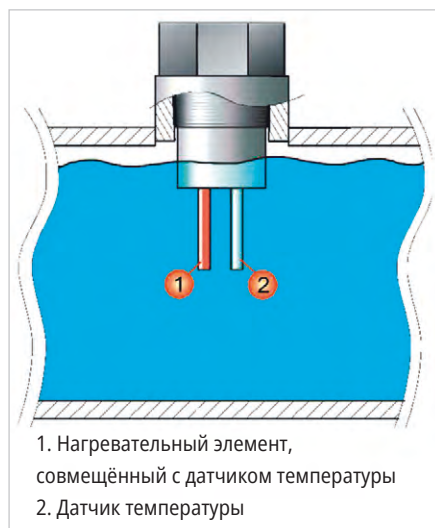


Рис. 10. Принцип работы термоанемометрического реле «Поток-285»

электроды относительно направления потока.

Технические характеристики термоанемометрического реле «Поток-285» представлены в табл. 1.

Преимущества устройства:

- возможность эксплуатации на вязких средах (до 400 МПа·с);
- предел избыточного давления контролируемой среды до 10 МПа;
- возможность работы при низких температурах окружающей среды – до -50°C ;
- работа как при прямом, так и при обратном направлении потока;
- отсутствие движущихся частей, настройка на рабочем процессе;
- простой монтаж;
- возможность установки приборов как на горизонтальные трубопроводы, так и в наклонные.

Конструктивно лопастное реле потока состоит из клеммной колодки, герконового контактора и лопасти с эксцентриком. Если поток отсутствует, лопасть расположена перпендикулярно трубопроводу, при этом контакты герконового реле находятся в нормально разомкнутом положении. При начале движения контролируемой среды под её воздействием лопасть отклоняется, эксцентрик выталкивает магнит по центральному стержню вверх до высоты, на которой под влиянием магнитного поля контакты герконового реле замыкаются.

Технические характеристики лопастного реле «Поток-236» представлены в табл. 2.

На производстве на лопасти наносятся насечки, обозначающие различную

Таблица 1. Технические характеристики термоанемометрического реле «Поток-285»

Характеристика	Значение
Диаметр условного прохода трубопровода	25...700 мм
Давление рабочей среды	10 МПа
Диапазон скоростей потока	Вода: 0,01...1,5 м/с Сырая нефть: 0,03...3 м/с Газ: 0,2...20 м/с
Температура измеряемой среды	От -50 до $+75^{\circ}\text{C}$
Взрывозащита	1Ex d IIB T6 Gb X
Температура окружающей среды	От -50 до $+70^{\circ}\text{C}$
Защита от пыли и влаги	IP65
Срок службы	Не менее 12 лет
Присоединение	K1/2 ГОСТ 6111-52
Напряжение питания	24 В постоянного тока
Выходной сигнал	Релейный контакт NPN контакт PNP контакт
Максимальная коммутационная способность контактов	2,5 А / 220 В переменного тока (релейный выход) 1 А / 24 В постоянного тока (релейный выход) 400 мА / 24 В постоянного тока (PNP и NPN)
Точность срабатывания	$\pm 5\%$

Таблица 2. Технические характеристики лопастного реле «Поток-236»

Характеристика	Значение
Измеряемая среда	Жидкость
Типоразмеры, мм	32...250
Давление измеряемой среды, МПа	До 5
Температура измеряемой среды, $^{\circ}\text{C}$	-30 до $+150$ для исполнений без взрывозащиты -50 до $+130$ для взрывозащищённого исполнения
Температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$	-50 ... $+60$
Максимальная вязкость среды, МПа·с	400
Взрывозащита	1Ex d IIC T6...T4 Gb X
Пылевлагозащита	IP65
Срок службы	Не менее 12 лет
Средняя наработка на отказ	Не менее 50 000 часов
Выходные сигналы	SPDT контакт
Коммутационная способность контактов	1 А, 220 В AC / 24 В DC, SPDT
Присоединение	R1 ГОСТ 6211
Отклонение величины расхода включения	$\pm 25\%$
Отклонение величины расхода отключения	$\pm 20\%$

длину. Перед непосредственной установкой в линию лопасть обрезается на необходимую длину в соответствии с уставками включения и отключения. Уставка включения – это значение расхода среды, при котором происходит срабатывание реле, а именно: замыкание нормально разомкнутых контактов герконового реле. Уставка отключения – это значение расхода, при котором контакты герконового реле возвращаются в исходное положение.

Датчики-реле потока серии ДР-П, ДР-ПП предназначены для контроля потока неагрессивных жидкостей, таких как вода, этиленгликоль и другие, через трубопровод. Приборы применяются для определения наличия или отсутствия потока жидкости и управления различными устройствами в системах автоматики, к примеру, для защиты насосов от «сухого» хода, в цепях аварийно-предупредительной сигнализации. При наличии потока

воды в трубопроводе датчик-реле подаёт сигнал в электрической цепи, который анализируется устройством сигнализации и управления.

Реле потока по принципу действия

По аналогии с устройствами бытового назначения, по принципу действия датчики-реле потока подразделяют на лепестковые и поршневые. Принцип работы лепестковых датчиков-реле основан на движении лепестка, который замыкает контакты геркона (или микропереключателя) при наличии потока и размыкает контакты при отсутствии потока.

По способу монтажа лепестковые датчики-реле разделяются на два вида: датчики-реле, устанавливаемые в тройник трубопровода — ДР-П-02, ДР-П-03, ДР-П-32, ДР-П-34, ДР-П-50; и врезные датчики-реле, для которых, соответственно, тоже существуют два вида монтажного положения: горизонтальное — ДР-ПП-02, ДР-ПП-04 и вертикальное — ДР-ПП-52, ДР-ПП-53, ДР-ПП-54, ДР-ПП-55.

Принцип работы поршневых датчиков-реле основан на перемещении магнитного поршня внутри прибора. Поршень смещается под воздействием потока жидкости в трубе и замыкает контакты геркона. В случае отсутствия потока в трубе поршень возвращается в исходное положение под действием силы тяжести, что приводит к размыканию контактов.

Датчики этого вида известны в двух вариантах монтажного положения:

- горизонтальное — ДР-ПП-01, ДР-ПП-05;
- вертикальное — ДР-ПП-06, ДР-ПП-08.

Разновидностью поршневых датчиков-реле являются подпружиненные датчики-реле, в которых поршень при отсутствии потока возвращается в исходное положение под действием пружины. Для них характерно универсальное монтажное положение — ДР-ПП-03, ДР-ПП-31, ДР-ПП-32, ДР-ПП-51. Датчики расхода с импульсным выходом серии ДРУ-ПП предназначены для измерения суммарного или текущего расхода воды. Принцип работы датчиков тот же, что у лопастных приборов, основан на вращении внутри корпуса счётчика, совмещённого с крыльчаткой, с частотой, прямо пропорциональной интенсивности потока. Датчики-реле генерируют в электри-

ческой цепи импульсный сигнал, частота которого пропорциональна частоте вращения крыльчатки.

Устройства рекомендуется применять в комплекте с тахометрами или счётчиками импульсов. Датчики этого типа имеют универсальное монтажное положение — ДРУ-ПП-91, ДРУ-ПП-92, ДРУ-ПП-93, ДРУ-ПП-94. Датчики потока воздуха предназначены для сигнализации наличия или отсутствия воздушного потока. Применяются в системах вентиляции в качестве сигнального контакта или для индикации неисправности вентилятора или закупорки вытяжки.

Реле потока может иметь типовое и специальное исполнение — для работы во взрывоопасных средах. Конструкция реле потока позволяет использовать устройство на средах с вязкостью до 400 МПа/с, таких как сырая нефть и дизельное топливо.

Электронные счётчики-расходомеры

Электромагнитный расходомер-счётчик применяется в химическом производстве, энергетическом комплексе, пищевой индустрии и других областях промышленности. Он предназначен для учёта расхода:

- коррозионно-активных кислот, щелочей и смесей;
- сточных и канализационных вод;
- неньютоновских жидкостей;
- загрязнённых жидкостей на металлургических предприятиях.

Такие устройства повсеместно используются для нужд коммунального хозяйства. В частности, его устанавливают в канализационных трубопроводах. Расходомер сточных вод электромагнитного типа работает как в напорных, так и безнапорных трубопроводах. Принцип работы основан на законе Фарадея, который свидетельствует, что напряжение, наводимое на любой проводник при его перемещении под прямым углом через магнитное поле, пропорционально скорости проводника. То есть чем быстрее будет происходить перемещение проводника относительно магнитного поля, тем условно более высокое значение будет иметь напряжение.

Счётчик-расходомер изготавливается из разных материалов, выбор которых зависит от того, какими свойствами обладает измеряемая и окружающая среда. Если она нейтральная, то для электродов выбира-

ют нержавеющую сталь, если агрессивная — электроды делают из титана, тантала, платино-иридиевого и других устойчивых сплавов. Проточную часть прибора покрывают материалом, препятствующим разряду ионов во время их контакта с металлической трубой. Для неагрессивной жидкости и невысоких температур подходит обычная техническая резина. Если эксплуатация оборудования планируется в агрессивной среде, футеровку исполняют из различных фторопластов или керамики (для абразивных сред).

Среди преимуществ электронных расходомеров:

- стабильная работа, поскольку нет движущихся деталей;
- возможность применения на трубопроводах большого диаметра;
- низкий коэффициент сопротивления потоку, что снижает потери давления на измерительном участке;
- возможность эксплуатации в широком динамическом диапазоне (1:100) и выше;
- работа при минимальных длинах требуемых измерительных участков.

Типовая конструкция прибора учёта состоит из первичного преобразователя, электронного преобразователя и встроенного индикатора. Первичный преобразователь, представляющий собой стальной корпус с фланцами, проточная часть которого футеруется различными материалами в зависимости от условий эксплуатации прибора, устанавливается на трубопровод. Главное, чтобы измеряемая жидкость проводила ток, поэтому такого типа датчики не могут вести учёт углеводородов, дистиллированной воды и многих неводных растворов.

Электронный блок крепится на корпусе первичного преобразователя с помощью стойки (в интегральном исполнении). Индикатор с жидкокристаллическим дисплеем отображает основные показатели измерений. Дополнительно ещё об одной интересной особенности контроля расхода жидкостей и газов для измерения расхода различных жидкостей, способных работать с агрессивными и неоднородными средами, можно прочитать в [4].

Проточную часть и электронный блок устанавливают отдельно друг от друга. Такой вариант выбирается при необходимости работы с жидкостями при высокой температуре (от +80



Рис. 11. Принцип работы кориолисового расходомера

до $+130^{\circ}\text{C}$). Допустимая длина удаления датчика от устройства-анализатора 50 м.

Конструктивно счётчик рассчитан на фланцевый тип монтажа. Однако есть варианты исполнения с «молочной гайкой» – такое соединение востребовано в пищевой промышленности.

Наличие гигиенического сертификата позволяет использовать устройства в производстве продуктов питания: молока, сахара, пива и т.д.

Особый тип промышленных расходомеров – кориолисовые (coriolis flowmeters), это универсальные приборы для измерения массового расхода и плотности прямым методом и объёмного расхода методом пересчёта. Принцип работы устройства (представлен на рис. 11) основан на базовом физическом явлении появления ускорения при движении среды в вибрирующей трубке.

В результате возникают силы, закручивающие трубку, так как во входной половине трубки сила, действующая со стороны среды, препятствует её смещению, а в выходной способствует. Это приводит к появлению разности фаз колебаний подводящей и отводящей труб сенсора. Данный эффект называется эффектом Кориолиса [4].

Мы рассмотрели примеры разного оборудования, в которых применяются принципы эффекта Холла, лопастные

и поршневые контакторы: от маленьких датчиков протока для небольших магистралей до промышленных контроллеров огромных объёмов. Знание примеров, элементной базы и принципа работы датчиков контроля жидких сред даёт большие перспективы применения рассмотренных устройств для новых разработок как в области бытового, медицинского, так и промышленного назначения.

Литература

1. Кашкаров А.П. Нужны ли в Выборге рюмочные? URL: <https://gazetavyborg.ru/news/mestnoe-vremya/nuzhny-li-v-vyborge-ryumochnye/>.
2. ЭМИС: производство расходомеров. URL: <https://emis-kip.ru/ru/company/sob/articles/printsip-deystviya-elektromagnitnogo-raskhodomera/>.
3. Каталог оборудования. URL: <https://www.kipspsb.ru/catalog/6550/>.
4. Сайт фирмы ЭМИС. Промышленное оборудование. URL: <https://emis-kip.ru/ru/company/sob/articles/printsip-raboty-datchikov-davleniya/>.



НОВОСТИ МИРА

«Росэлектроника» разрабатывает мощные СВЧ-устройства для организации космической связи по всей России

Холдинг «Росэлектроника» Госкорпорации Ростех начинает разработку мощных ламп бегущей волны для наземных систем космической связи, которые обеспечат цифровое телевидение, высокоскоростной доступ в Интернет, услуги проводной и мобильной связи по всей стране.

Создание опытных образцов новых устройств и проведение испытаний запланировано на 2024 год.

Лампы бегущей волны являются одними из ключевых элементов наземных станций спутниковой связи. Они выполняют роль усилителей мощности сверхвысокочастотной радиоволны, которые позволяют увеличить расстояние доставки радиосигнала. Эти приборы способны усилить мощность сигнала в сотни тысяч раз и имеют длительный срок эксплуатации.

В рамках проекта планируется создать два типа ламп бегущей волны – С- и Ku-диапазонов с выходной мощностью в режиме насыщения до 700 Вт и воздушным охлаждением прибора. На базе этих устройств в дальнейшем можно будет создавать приборы с ещё более высоки-



ми уровнями мощности, а также в смежных диапазонах.

Разработку ведёт предприятие холдинга «Росэлектроника» – НПП «Алмаз». Проект реализуется при поддержке Минпромторга России.

В рамках проекта «Цифровая Россия» планируется создание высокотехнологичной инфраструктуры для цифровизации страны. Для обеспечения качественной связи потребуется запуск большого количества коммуникационных спутников и создания наземных станций космической связи. Лампы бегущей волны с увеличенной мощностью позволят решить стоящие сегодня задачи, а также сформируют

технологический задел для дальнейшего развития СВЧ-приборов данного типа. Серийное производство устройств мы планируем запустить в 2025 году после прохождения всего цикла испытаний, сказал генеральный директор НПП «Алмаз» Михаил Апин.

НПП «Алмаз» в составе «Росэлектроники» разрабатывает и серийно выпускает сверхвысокочастотные приборы и другие изделия для телекоммуникационного оборудования, которое входит в состав авиационных и космических аппаратов, а также систем наземного и морского базирования.

electronics.ru

Щелевые оптические датчики положения для современной электронной техники. Обзор

Антти Суомалайнен

В статье рассматриваются классификация, модели, характеристики оптических щелевых датчиков положения иностранного и отечественного производств, а также варианты их применения.

Датчик – это устройство, изменяющее своё состояние в зависимости от воздействий в контролируемой среде [2]. Включённый в электрическую цепь датчик становится преобразователем внешнего сигнала (воздействия) в электрический ток. Это его свойство и используется в разработках РЭА.

В инженерных системах и промышленной автоматике датчики положения являются основным источником информации для определения физического положения механических узлов оборудования. В качестве датчиков для обеспечения тех же задач в прошлом веке применялись концевые выключатели. Недостатки их связаны с ограниченным ресурсом работы, низкой точностью и низким «быстродействием», механическим дребезгом контактов – это ухудшало помехоустойчивость других систем, расположенных рядом, – и в целом с невысокой надёжностью. На контактах использовалось напыление из драгметаллов, что также удорожало конструкцию. Кроме того, концевые выключатели – анахронизм эпохи. Они состояли из громоздких контактов, иногда с приводом, были предназначены для сред с тяжёлыми условиями эксплуатации: выдерживали определённой силы вибрацию, дето-

нацию, загрязнённость среды пылью, относительно высокую влажность и могли уверенно работать в широком диапазоне температур. Какое-то время им не было альтернатив, помимо герконов.

Датчики семейства оптоэлектрических

С развитием элементной базы современной электроники появились датчики, работающие на основе эффекта Холла, и бесконтактные оптические датчики положения. В основе устройства последних – оптический излучатель и фотоприёмник. В международной терминологии оптические датчики называют «PhotoCell Sensors» (фотодатчики) или «Light Sensors» (световые датчики). По принципу бесконтактной работы, основанной на прерывании или появлении светового потока, они получили название оптических [3]. Пример функционала оптоэлектронного датчика представлен на рис 1.

Форм-фактор может быть разным. Как правило, это цилиндрическое или прямоугольное исполнение. Таков, к примеру, диффузный датчик с «обучением» и множеством настроек. Есть датчики с рефлектором – отражателем света, катафотом. Несмотря на то что некоторые модели датчиков реагируют только на определённый участок спектра, например, ИК-оптоэлектронные датчики, что позволяет им чётко работать в условиях помех от солнечного света, искусственного освещения и условно плохой видимости, они зависят от загрязнённости среды: пыли, грязи, задымления и других факторов. В некоторых оптических датчиках есть переключатель «Dark On / Light On», позволяющий менять режим работы на инвертируемый. Так, в режиме «Light On» датчик активируется тогда, когда рабочая поверхность его приём-

ника засвечивается, и наоборот. Есть современные модели, где присутствует таймер, – выходной сигнал появляется через некоторое время после активации (срабатывания).

Важная конструктивная особенность оптоэлектрических датчиков – в свойстве гистерезиса, наличии триггерного элемента, снижающего «дребезг контактов» при пограничном состоянии включения/отключения. Для универсальности интеграции в систему РЭА и облегчения настройки в корпусе датчика устанавливают не только светодиодный индикатор активации, но и индикатор стабильного уровня сигнала. Если он горит, то это указывает, что обнаружение настроено стабильно, с достаточным уровнем сигнала, не на краю диапазона чувствительности.

Как правило, максимальное рабочее расстояние, на котором обеспечивается стабильная работа, у разных моделей от 5 до 10 м; большее затруднительно при жёстких условиях эксплуатации.

Щелевые оптические датчики положения

Совсем другое дело – современные щелевые оптические датчики положения, особый вид оптических датчиков с характерными техническими особенностями. О них не много пишут ввиду их специфического назначения. У таких датчиков есть даже сленговое название «вилкообразные» – по особенностям корпуса. Передатчик и приёмник разнесены, но расположены фактически в одном корпусе, в конструкции которого есть «щель». Также им свойственны названия «щелевой оптрон», «фотопрерыватель», «photointerrupter» («фотоинтерраптор»).

Световой поток от излучателя попадает на фотоприёмник, что вызывает определённое состояние датчика. Наличие непрозрачного объекта на пути светового луча приводит к изменению светового потока на фотоприёмнике, а значит, и к другому состоянию датчика. Когда в щель между излучателем и приёмником попадает активатор (предмет), датчик срабатывает. Щелевые датчики удобны



Рис. 1. Иллюстрация функционала бесконтактного оптоэлектронного датчика

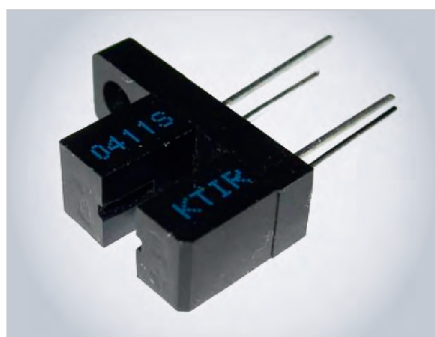


Рис. 2. Внешний вид щелевого оптического датчика положения KTIR0411S

там, где объект, перемещение которого детектируется, имеет небольшую фиксированную толщину. Такая конструкция очень похожа на принцип действия инкрементного энкодера [5].

Одним из самых распространённых оптических датчиков положения является KTIR0411S производства фирмы Kingbright. Внешний вид щелевого оптического датчика положения KTIR0411S представлен на рис. 2.

Устройство и принцип действия датчика KTIR0411S

Датчик KTIR0411S предназначен для электрических цепей постоянного тока, выполнен в пластиковом литом корпусе, в котором оптический излучатель – арсенид-галлиевый светодиод; оптический приёмник – кремниевый фототранзистор. В корпусе датчика между излучателем и приёмником находится щель шириной приблизительно 3 мм (2,9...3,114 мм). Наличие или отсутствие в этой щели светонепроницаемого предмета и определяет щелевой датчик положения. Размеры и назначение выводов датчика KTIR0411S подробно рассмотрены на сайте производителя [7]. На рис. 3 представлена цоколевка выводов щелевого оптрона KTIR0411S и некоторые размеры датчика – в мм.

Для функционирования фотопрерывателя в электрической цепи постоянного тока через светодиод необходимо подать ток силой 20–30 мА (выводы + и E) и контролировать состояние выхода фототранзистора (выводы + и D). Ограничение по току и напряжению для транзистора таковы: напряжение не более 35 В и ток не более 20 мА. Для ограничения тока в схему введены ограничивающие резисторы (см. далее), номинал которых рассчитывают по закону Ома с известным напряжением конкретной электрической цепи и рекомендованным током

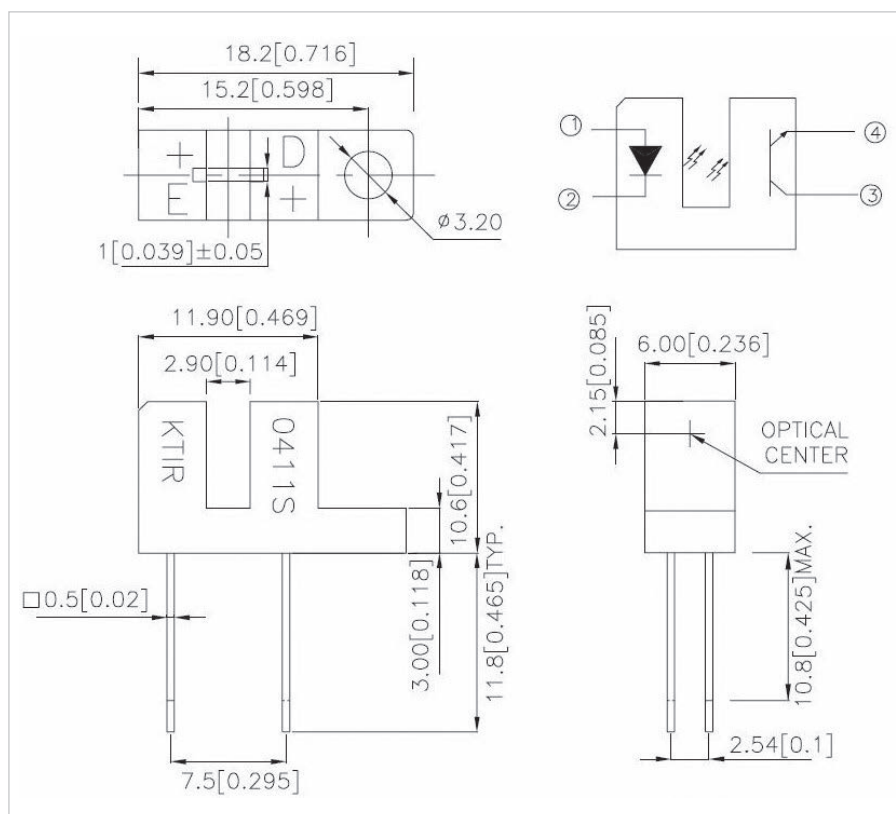


Рис. 3. Цоколевка выводов щелевого оптрона KTIR0411S и некоторые размеры датчика

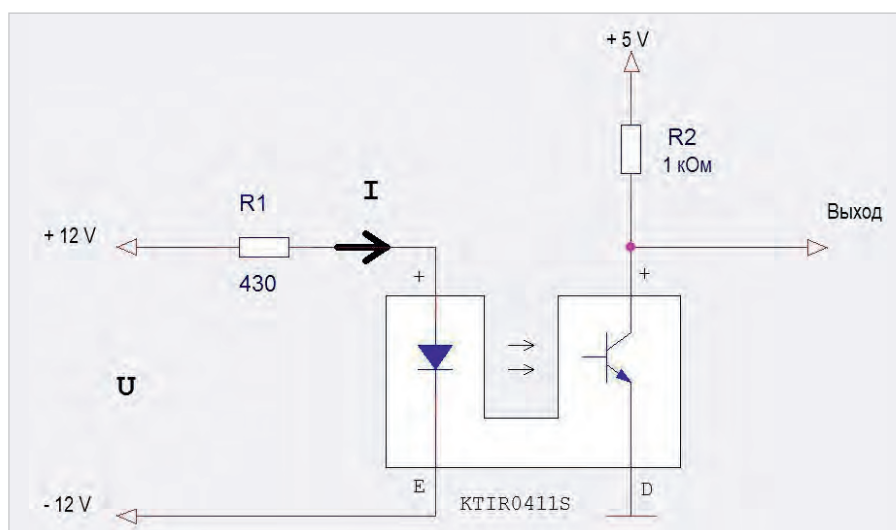


Рис. 4. Вариант электрической схемы включения датчика KTIR0411S

(см. выше). Замкнутое (далее – НЗ – нормально замкнутое) состояние транзистора фотоприёмника означает, что световой поток не прерван. Вариантов схемы включения может быть несколько, один из них представлен на рис. 4.

Стрелкой показано направление тока. Резистор R1 ограничивает ток светодиода на уровне 25 мА, а резистор R2 – ток коллектора выходного транзистора на уровне 5 мА. Напряжение высокого логического уровня 5 В на выходе схемы означает, что светонепроницаемый предмет находится в рабочей зоне

датчика: в щели между приёмником и передатчиком. Предельно допустимые параметры щелевого оптического датчика KTIR0411S представлены в табл. 1.

Один из иллюстративных практических вариантов применения такого датчика в механической конструкции узла позиционирования приёмного барабана – в автомате розлива. Щелевой оптический датчик KTIR0411S соединён с контроллером станка розлива пива. В простой и надёжной конструкции общий вал – для шагового двигателя, барабана и диска с вырезами по окружностям.

Таблица 1. Предельно допустимые параметры щелевого оптического датчика KTIR0411S

Параметр	Обозначение	Значение
Входной светодиод		
Прямой ток светодиода	I_F	50 мА
Обратное напряжение светодиода	V_R	6 В
Мощность рассеивания светодиода	P_D	75 мВт
Пиковый прямой ток (длительность импульса < 100 мкс, скважность < 1%)	I_{FP}	1 А
Выходной транзистор		
Прямое напряжение коллектор-эмиттер	V_{CEO}	35 В
Обратное напряжение коллектор-эмиттер	V_{ECO}	6 В
Ток коллектора	I_C	20 мА
Мощность рассеивания выходного транзистора	P_C	75 мВт
Рабочий диапазон температур	T_{OPR}	-25...+85°C

Таблица 2. Эксплуатационные параметры оптического датчика положения KTIR0411S

Параметр	Обозначение	Значение
Входной светодиод		
Прямое напряжение на светодиоде (ток 20 мА)	V_F	1,2...1,5 В
Обратный ток светодиода (напряжение 5 В)	I_R	10 мкА
Выходной транзистор		
Напряжение насыщения коллектор-эмиттер (ток коллектора 1 мА, ток светодиода 40 мА)	$V_{CE(sat)}$	0,4 В
Ток закрытого транзистора (напряжение коллектор-эмиттер 20 В)	I_{CEO}	100 нА
Передающая характеристика		
Коэффициент передачи тока (напряжение коллектор-эмиттер 5 В, ток светодиода 20 мА)	CTR	38%
Время отклика на положительный фронт (напряжение коллектор-эмиттер 2 В, ток коллектора 2 мА)	t_r	5...25 мкс
Время отклика на отрицательный фронт (напряжение коллектор-эмиттер 2 В, ток коллектора 2 мА)	t_f	4...20 мкс

Диск проходит в прорезь оптоэлектронного датчика так, что краем входит в щель фотопрерывателя. При повороте барабана диск прерывает поток светового потока в положении, где заканчивается окошко. Соответственно, контроллер станка определяет положение барабана и останавливает его в местах, где начинаются окошки. Так работает простая линия розлива пива, фасовочного оборудования и не только.

Эксплуатационные параметры оптического датчика положения KTIR0411S представлены в табл. 2. Ток через светодиод датчика вычисляется по формуле: $I = (U - V_F) / R_1$ В электрической схеме, представленной на рис. 4, с учётом данных в табл. 2, расчёт будет таким: $I = (12 - 1,2) / 430 = 0,025$ А. Параметр CTR (коэффициент передачи тока) влияет на выбор тока через светодиод датчика. Максимальный выходной ток датчика $I_{MAX} = I_{\text{светодиода}} \times CTR / 100$. Для приведённой схемы максимальный выходной ток равен $0,025 \times 0,38 = 9,5$ мА. Резистор R2 должен ограничивать ток выходного транзистора на уровне не более 9,5 мА. Иначе ток ограничит сам

датчик, но напряжение на его выходе будет приподнято относительно общего провода [4]. На рис. 5 представлена иллюстрация оборудования для фасовки с двумя щелевыми оптоэлектронными датчиками типа OPU200.

Датчики оптические щелевые инфракрасные

Щелевой оптический инфракрасный датчик, реализованный на универсальном компараторе – микросхеме LM393, – представлен на рис. 6.

Принцип работы основан на излучающем в инфракрасном диапазоне светодиоде и регистрирующем это излучение чувствительном элементе. Любой непрозрачный для ИК-диапазона предмет в зоне датчика перекрывает излучение, что регистрируется чувствительным элементом. Датчик может использоваться как концевой выключатель. Совместно с щелевым диском датчик позволяет отслеживать углы вращения двигателя. Чувствительный элемент – H206.

Характеристики:

- напряжение питания: 3–5 В;



Рис. 5. Иллюстрация оборудования для фасовки с двумя щелевыми оптоэлектронными датчиками

- LED-индикатор питания и состояния;
 - ширина щели: $5 \pm 0,1$ мм;
 - диаметр монтажного отверстия: 3 мм;
 - размеры платы: 31×14 мм.
- Распиновка контактного разъёма:**
- VCC – питание;
 - GND – земля;
 - D0 – цифровой выход, высокий уровень при срабатывании датчика;
 - A0 – не используется.

При попадании светонепроницаемого предмета в щель датчика датчик срабатывает, и на выходе D0 присутствует высокий уровень сигнала, равный напряжению питания. При отсутствии предмета в чувствительной зоне датчика на выходе присутствует низкий уровень сигнала, равный 0,1–0,2 В.

Индикатор-светодиод светится при отсутствии предмета в чувствительной зоне датчика и гаснет при срабатывании датчика.

Есть вариант подобного датчика с широким пазом-щелью, равным 10 мм, и с тем же принципом работы. Чувствительный элемент – WYC H2010. Внешний вид модуля представлен на рис. 7.

Характеристики:

- напряжение питания: 3,6–5 В;
- ширина щели: $10 \pm 0,1$ мм;
- размеры модуля: 28×20×18 мм;
- диаметр монтажных отверстий: 3 мм, расстояние между центрами монтажных отверстий: 14 мм.

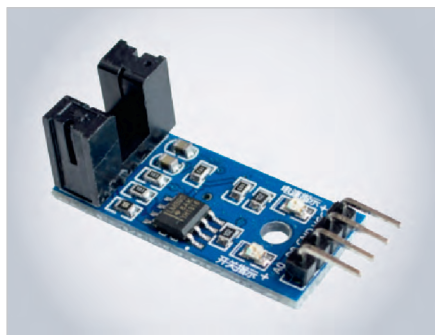


Рис. 6. Внешний вид модуля с щелевым оптическим инфракрасным датчиком на LM393

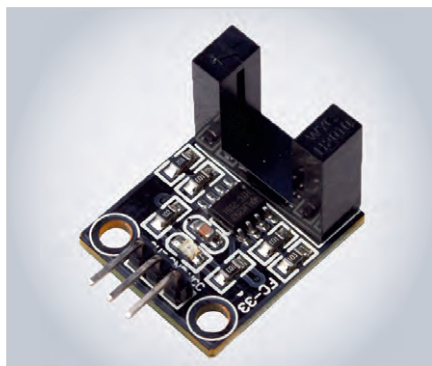


Рис. 7. Внешний вид модуля с датчиком WYC H2010

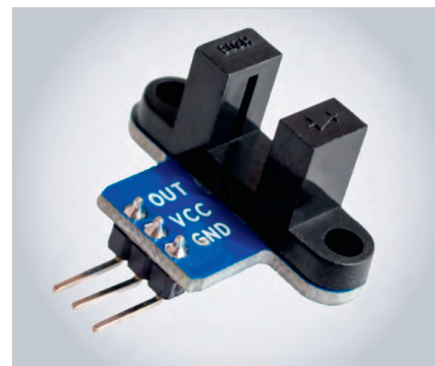


Рис. 8. Внешний вид модуля инфракрасного датчика VS1838

Распиновка контактного разъёма:

- OUT – цифровой выход, высокий уровень при срабатывании датчика;
- GND – земля;
- VCC – питание.

Модуль инфракрасного датчика VS1838, работающий по тому же принципу с сопоставимыми техническими характеристиками, представлен на рис. 8.

Полезьа и перспективы

Щелевые оптоэлектронные датчики не имеют распространённого недостатка, свойственного оптоэлектронным – из-за малых размеров первых и относительно близкого расположения приёмопередающего узла в одном корпусе датчика им не нужно регулярное обслуживание, чистка рабочих поверхностей и проверка механической целостности. В щелевых оптических датчиках излучающий элемент, как правило – светодиод. Он имеет длительный, но всё же ограниченный ресурс работы, с годами интенсивность его излучения падает. Чтобы устранить этот фактор влияния, корректировка настройки контроллеров, работающих в цепях со щелевыми оптоэлектронными датчиками, обычно производится один раз в несколько лет. Этот тип приборов также не подвержен термической диффузии.

Промышленное и бытовое применение щелевых оптоэлектронных датчиков хоть и специфично, но разнообразно. Выше на примере датчика KTIR0411S был рассмотрен принцип его работы и включения в низковольтную электрическую цепь. Если у разработчика возникает иная задача, к примеру, подключение к такому модулю нагрузки в виде слаботочного электромагнитного реле, то, учитывая уровень сигнала на выходе модуля (контакты OUT или D0 в рассмотренных выше в статье вариантах), надо только добавить через ограничительный резистор

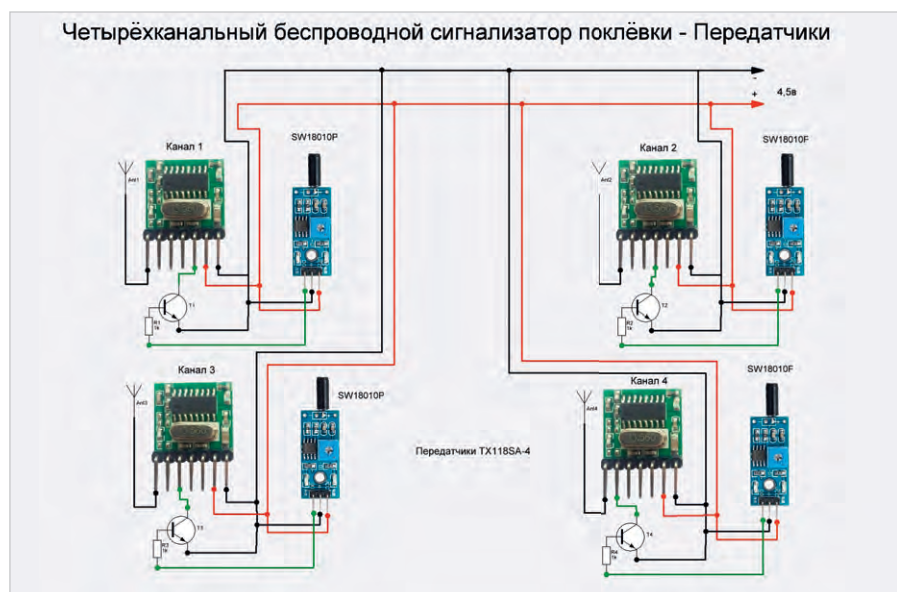


Рис. 9. Передачик на модуле TX118SA-4

токовый ключ на транзисторе n-p-n проводимости или MOSFET.

Однако не обязательно «управляющая» заслонка в пазах датчика должна иметь плоскую форму или диск с отверстиями, это может быть и условно круглая конфигурация, как нитка, верёвка, канат, трос, пропущенный в паз датчика. В качестве примеров использования щелевых оптоэлектронных датчиков можно рассматривать контроллеры производственных процессов для таких форм. В бытовых условиях примеру соответствует популярный электронный сигнализатор поклевки для рыбаков.

Разберём несколько примеров, из которых можно понять, как применять щелевые оптоэлектронные датчики в конструкторах и разработках РЭА бытового назначения. Ибо промышленные оптоэлектронные щелевые датчики положения подходят для этого универсально.

Моделей устройств для рыбаков много, и устроены они по разным прин-

ципам: от настраиваемого по чувствительности датчика детонации с модулем SW18010P и беспроводным передатчиком TX118SA-4 до более дорогих и надёжных, защищённых от ложных срабатываний сигнализаторов поклевки на основе оптоэлектронных щелевых датчиков. Электронные системы могут быть собраны из блоков конструкторов типа Arduino, к которым универсально подходят щелевые оптоэлектронные датчики положения, рассмотренные выше [9]. Некоторые устройства способны контролировать до 8 удалённо расположенных удилищ, что удобно при донной ловле рыбы («донками»). Поэтому в устройствах реализован дистанционный принцип передачи информации с помощью приёмопередающих модулей, работающих на частоте 433 МГц. К примеру, передающий узел устройства реализован на модуле TX118SA-4, представленном на рис. 9. Приёмник устройства реализован на модуле RX480E-4, представленном на рис. 10.



Рис. 10. Приёмник на модуле RX480E-4



Рис. 12. Внешний вид оптоэлектронного щелевого датчика положения OU NC6P-43N-80-LZS4 фирмы ТЕКО

Эти иллюстрации приведены, чтобы понимать, как вместо датчика детонации SW1801OP (на рис. 9) установить согласно распиновке контактов щелевой оптоэлектронный датчик – один из рассмотренных в статье.

Есть и другой принцип действия – пропущенная в паз датчика леска. Её колебание, вибрация или обрыв – в зависимости от настройки контроллера – даёт сигнал световому или звуковому сигнализатору, извещающему рыбака о поклёвке. В этом примере в сигнализаторах поклёвки моделей SQ-4, PRO Q5, PRO RAM XD, HS-JY-25 и др. используются инфракрасные оптоэлектронные щелевые датчики типа VS1838 (рис. 8), H21HB1 – близкий аналог KTIR0411S – и аналогичные. На рис. 11 представлен электронный прибор PRO SQ4, имеющий популярность в рыболовной среде.



Рис. 11. Внешний вид сигнализатора для рыбаков PRO SQ4 с датчиком VS1838

Таблица 3. Технические характеристики щелевого датчика положения OU NC6P-43N-80-LZS4 фирмы ТЕКО

Размер прямоугольного корпуса, Д×В×Ш	110×79×15 мм
Зона чувствительности / размер щели	80 мм
Способ подключения	Разъёмно-штекерное
Материал корпуса	Полиамид
Тип выключателя	Щелевая оптика
Тип корпуса	Щелевой
Максимальный рабочий ток, I _{max}	100 мА
Диапазон рабочих напряжений, U _{раб}	10...30 В DC
Падение напряжения при I _{max} , U _d	≤ 2,5 В
Тип контакта / структура выхода	NPN переключающий
Присоединение/подключение	Соединитель S19, S20
Световая индикация	Есть
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP67
Гистерезис	≤ 0,5 мм
Глубина вилки	46 мм
Допустимая ёмкость нагрузки	0,02 мкФ
Допустимая освещённость окружающей среды	5000 Люкс
Задержка включения/отключения, не более	1 мс
Защита от короткого замыкания	Есть
Защита от переплюсовки	Есть
Категория применения/применяемость	DC13
Кол-во проводов	4
Количество зон	20
Количество лучей	2
Диапазон рабочих температур	-15...+65°C
Разрешающая способность	1,5 мм
Регулировка чувствительности	Без регулировки
Собственный ток потребления, I _о	≤ 35 мА
Спектр излучения	Инфракрасный
Частота циклов оперирования, f	500 Гц

Возможности импортозамещения

Из щелевых оптических датчиков отечественного производства в каталоге челябинской фирмы ТЕКО име-

ется несколько моделей, к примеру, OU NC3A-43P-20-LZS4, OUR NC3A5-43P-R20-LZS4, OU NC6P-43N-80-LZS4, внешний вид которых представлен на рис. 12, и аналогичные. С каталогом

Схема подключения активной нагрузки

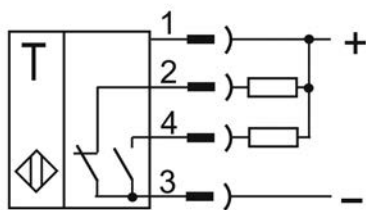
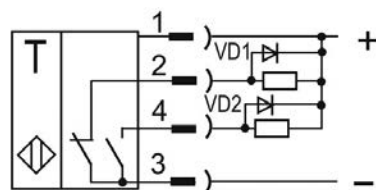


Рис. 13. Вариант схемы подключения к датчику активной нагрузки

Схема подключения индуктивной нагрузки



Параметры диодов VD1, VD2:
 $I_{пр.} \geq 1A$; $U_{обр.} \geq 400B$
 (напр. диод 1N4007)

Рис. 14. Вариант схемы подключения к датчику индуктивной нагрузки

можно ознакомиться по ссылке [7]. Но, к сожалению, они проигрывают китайским в цене, а согласно некоторым отзывам – и в качестве.

Контролируемый объект прерывает оптическое излучение инфракрасного спектра и вызывает изменение выходного сигнала датчика. Датчик имеет излучатели и приёмник, встроенные в корпус 110×79×15 мм. Технические характеристики щелевого датчика положения OU NC6P-43N-80-LZS4 фирмы ТЕКО представлены в табл. 3.

Варианты схемы подключения к датчику активной нагрузки представлены на рис. 13 и 14, габаритный чертёж и распиновка разъёма – на рис. 15. Паспорт на изделие и другие технические характеристики приведены в источнике [8].

Немного о насущном. Проблемы и тенденции производства оптоэлектронных щелевых датчиков

Если говорить о возможностях сравнения различных оптических щелевых датчиков положения или тех же

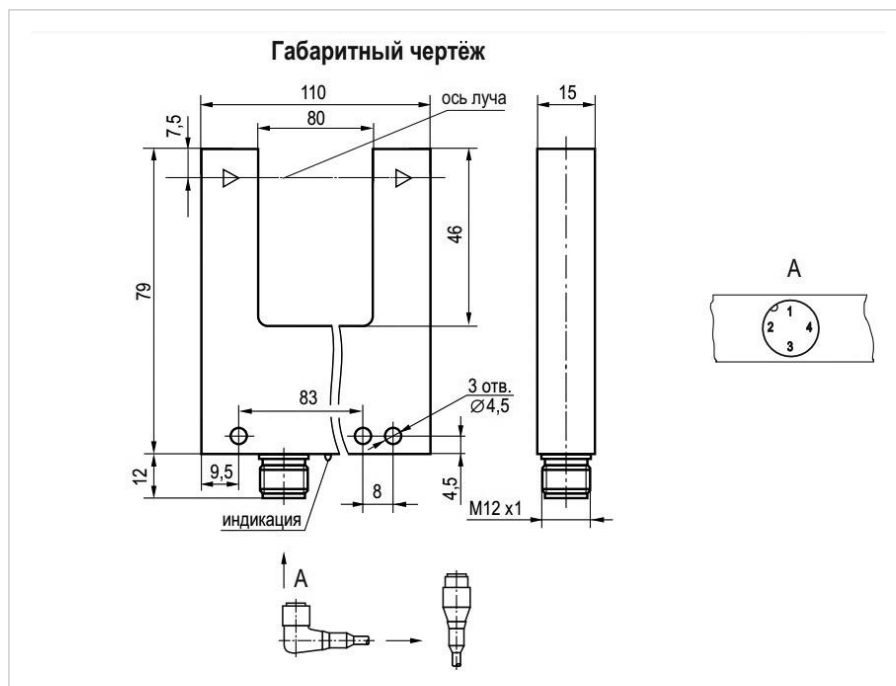


Рис. 15. Габаритный чертёж датчика OU NC6P-43N-80-LZS4 фирмы ТЕКО и вид на разъём

датчиков разных производителей, например, между китайскими и отечественными вариантами (последних очень мало), следует понимать разницу стандартов. В правовом поле стандарт – это уровень качества. Там, где не актуальна плановая система, вместо стандарта действуют технические условия (ТУ), разрабатываемые каждой фирмой самостоятельно. Отсюда возможна разница в названии моделей (при условно равных технических характеристиках) и разные каталоги у компаний. Сравнение качества затруднительно и может опираться только на некие субъективные оценки.

Противоречия в государственных стандартах или ТУ в разных странах ввиду того, что зарубежные производители предоставляют в основном платную и дорогостоящую техническую документацию на изделия и элементы РЭА, – это сегодня, а тем более завтра, головная боль нашего отечественного производителя и разработчика. В Евросоюзе ежегодно принимаются порядка 2000 НПА в основном технического свойства, затем каждая страна перерабатывает их под свои условия, не нарушая фундаментальных положений и требований. По отзывам специалистов, иногда дело доходит до абсурда: спектр свечения светодиодов в светофоре в некоторых странах отличается от других стран, допуски на погрешности, угловые диапазоны разнятся. Никаким былым стандартам

эта ситуация и близко не соответствует. Что говорить, если даже корм для домашних питомцев, предназначенный для разных стран (в формате того же Евросоюза), но выпускаемый на одном и том же предприятии, – разный.

Микроэлектронная технология позволяет создавать датчики с высокими метрологическими характеристиками и низкой стоимостью. Последняя имела выраженную тенденцию к снижению. Достижения отечественной и мировой микроэлектроники последних 50 лет получены, в сущности, благодаря развитию кремниевой технологии. Стоимость микросхем падала год от года, а уровень интеграции (число транзисторов на единицу площади кристалла) неуклонно повышался. Достижения микроэлектроники оказывали воздействие на технологию изготовления датчиков. Применение микроэлектронной технологии в производстве датчиков позволило снизить их стоимость при сохранении или повышении точности. Однако перенос микроэлектронной технологии производства интегральных схем в область датчиков оказался затруднённым, связанным с необходимостью модификации МДП-технологий для обеспечения метрологических характеристик датчика (уровня легирования полупроводниковых слоёв или применения особо чистых полупроводниковых материалов) [1]. Существенными явились конструктивные требования, привед-

шие к созданию специальных технологий, нетипичных либо инновационных в производстве интегральных схем. К ним относились операции трёхмерного профилирования кристаллов кремния и бесклеевое присоединение кристалла к подложке. Стоимость датчиков определяется не только индивидуальной сборкой, настройкой, испытаниями и метрологической аттестацией, но и технологией производства. Условно низкая стоимость датчиков обуславливалась, прежде всего, большим количеством кристаллов, которые получали с одной пластины.

Высокие темпы роста применения микроэлектронных датчиков наблюдаются не только в автомобильной промышленности, на автоматизированных линиях и робототехнике, как было ещё 20 лет назад, но и в нейро-

хирургии, высоких медицинских технологиях и других сферах.

Литература:

1. Алейников А.Ф., Гридчин В.А., Цапенко М.П. Датчики (перспективные направления развития): учеб. пособие / под ред. проф. М.П. Цапенко. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. 176 с.
2. Кашкаров А.П. 500 схем для радиолюбителей. Электронные датчики. СПб.: Наука и Техника, 2007. 208 с., ил. (2-е изд., доп.).
3. Кашкаров А.П. Фото- и термодатчики в электронных схемах. М.: Альтекс, 2004. 212 с., ил.
4. Оптические и фотодатчики. Разновидности и принципы работы. URL: <https://samelectric.ru/promyshlennoe-2/opticheskie-i-fotodatchiki-raznovidnosti-i-printsipy-raboty.html>.
5. Разновидности и примеры реального применения энкодеров. URL: https://samelectric.ru/wp-content/uploads/downloads/2021/01/1_85_2019-Elec.ru-SamElectric.ru_.pdf.
6. Руководство по эксплуатации. Выключатель оптический бесконтактный OU NC6P-43N-80-LZS4. URL: <https://teko-com.ru/files/passports/OU-NC6P-43N-80-LZS4-passport.pdf>.
7. Сайт производителя оптоэлектронного щелевого датчика KTI0411S. URL: <http://mypractic.ru/downloads/pdf/ktir0411s.pdf>.
8. Фирма ТЕКО. Каталог. Щелевые оптические датчики. URL: <https://teko-com.ru/pdf/2-shhelevye.pdf>.
9. Четырёхканальный беспроводной сигнализатор поклевки. Модульный конструктор Arduino. URL: <http://arduinoprom.ru/shemotehnika/294-chetyrehkanalnyj-besprovodnoj-signalizator-poklevki.html>. ©

НОВОСТИ МИРА

ChatGPT успешно сдал выпускной экзамен в одной из лучших школ бизнеса в мире

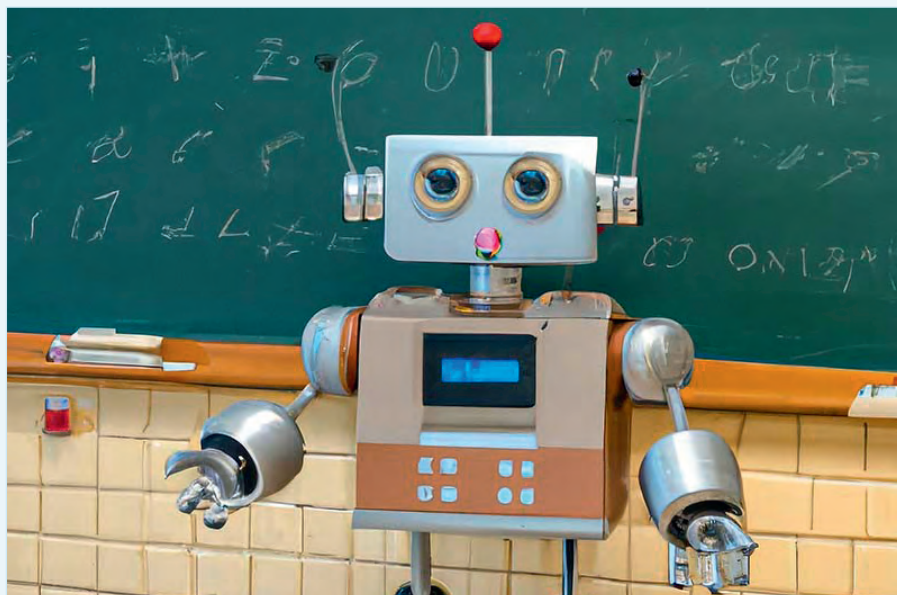
Хотя ИИ-бот ChatGPT компании OpenAI вызывает опасения учителей старших классов из-за его возможного использования при выполнении заданий, проблема не ограничивается только средней школой. Профессор Уортонской школы бизнеса университета Пенсильвании Кристиан Тервиш (Christian Terwiesch) сообщил, что ChatGPT без проблем сдал выпускной экзамен по основному курсу программы MBA «Управление операциями».

Выпускники школы, прошедшие обучение по программе MBA (Master of Business Administration), работают в качестве менеджеров среднего или высшего звена в бизнесе, на государственной или муниципальной службе.

Профессор отметил, что ИИ-бот «потрясающе справляется с основными вопросами управления операциями и анализа процессов, включая те, которые основаны на тематических исследованиях», добавив, что наблюдались и проблемы при ответах на «более сложные вопросы анализа процессов».

Однако, по мнению преподавателя, в итоге ChatGPT «получил бы на экзамене оценку от В до В-». Хотя это не высший балл, он является проходным, и экзамен считается сданным. Профессор также сообщил, что ИИ-бот «хорошо показал себя при подготовке юридических документов, и некоторые считают, что следующее поколение этой технологии может даже сдать экзамен на адвоката».

Предприниматель-миллиардер Марк Кьюбан (Mark Cuban) отметил, что ChatGPT находится «всего лишь в зачаточном со-



стоянии». «Представьте, как будет выглядеть GPT 10-го поколения», – добавил он.

С ним согласен Эндрю Кароли (Andrew Karolyi), декан бизнес-колледжа SC Johnson в Корнельском университете, заявивший на этой неделе газете Financial Times: «Мы все знаем наверняка, что ChatGPT никуда не денется. Во всяком случае, эти ИИ-технологии будут становиться всё лучше и лучше. Руководству факультетов и университетов необходимо инвестировать в образование».

«Я считаю, что ИИ не заменит людей, но люди, которые используют ИИ, собираются заменить людей», – сообщила Financial Times Кара МакВильямс (Kara McWilliams), глава лаборатории ETS Product Innovation Labs, разработавшей инструмент для выявления использования ИИ при ответах.

Тервиш отметил влияние, которое произвело появление электронных калькуляторов, и предположил, что нечто подобное может произойти с такими решениями, как ChatGPT. «До появления калькуляторов и других вычислительных устройств многие фирмы нанимали сотни сотрудников, чьей задачей было ручное выполнение математических операций, таких как умножение или преобразование матриц, – написал Тервиш в исследовании. – Очевидно, что такие задачи теперь автоматизированы, и ценность связанных с ними навыков резко снизилась. Точно так же любая автоматизация навыков, которым обучают на наших программах MBA, потенциально может снизить ценность образования».

3dnews.ru

Тензодатчики и тензорезисторы для вендинговых аппаратов и современной РЭА

Андрей Ласорла

В статье описан принцип работы тензорезисторов как перспективных радиоэлементов для разработки контрольно-измерительной техники. На основе имеющихся примеров предложен обзор разных типов тензодатчиков, обоснованы перспективы разработок РЭА в метрологической отрасли, что очень важно в условиях импортозамещения.

В современной электронике как элементы датчиков перемещений, и особенно деформаций, широко применяют тензорезисторы. В основе их работы лежит тензоэффект – способность некоторых материалов менять электрическое сопротивление при деформировании (сжатии, скручивании, растяжении), а также закономерности деформации упругого тела, открытые в XVII веке Робертом Гуком и описанные как закон Гука. Тензорезисторы (от лат. *tensus* – напряжённый и лат. *resisto* – сопротивляюсь), по сути, – это резистор с изменяемым в зависимости от механической деформации рабочей поверхности сопротивлением. Таково «официальное» определение. Полезный функционал тензорезисторов стал востребован после открытия эффекта изменения удельного сопротивления металлического проводника под действием всестороннего сжатия (гидростатического давления) в 1856 г. Кельвином и в 1881 г. О.Д. Хвольсоном. Пионерами в практических измерениях деформаций были Е.Е. Симмонс (Калифорнийский технологический институт) и Л.С. Руже (Массачусетский технологический институт). В 1938 г. они применили образцы тензорезистора с монтажом на клеевой основе. Это были прототипы распространённых в современном мире тензорезисторов различного назначения.

Однако технологии производства как отдельных элементов, так и датчиков из нескольких тензорезисторов претерпевали изменения. Первые тензорезисторы изготавливались из константана, никеля, нихрома,

а современные производятся с участием полупроводников – кремния, арсенида галлия и др. Тензочувствительность полупроводниковых датчиков в 50...100 раз больше, чем у «металлических» анахронизмов эпохи. Так, сопротивление проволочных датчиков составляет десятки и сотни Ом, полупроводниковых – тысячи Ом при погрешности измерений менее 1%. Этот параметр также принято называть «значение нуля».

С развитием НТ-прогресса принцип работы тензорезисторов остался прежним, он основан на изменении под воздействием давления и механической деформации геометрических размеров элемента и соответственно сопротивления элемента, включённого в электрическую цепь. По условной формуле: $R = PL/S$, где S – поперечное сечение проводника тензорезистора, L – длина проводника. При механическом воздействии S стремится к уменьшению значения, а L – к увеличению за счёт растяжения тензорезистора. Или так: $E = L_R/RK_f$, где L – относительное изменение длины проводящего элемента тензорезистора; L_R/R – относительное изменение сопротивления тензорезистора; K_f – коэффициент тензочувствительности.

Чувствительность тензорезистора характеризуется безразмерным параметром – коэффициентом чувствительности K_f . Тензорезисторы по конструкции и способу изготовления могут быть плёночными металлическими или фольговыми константовыми. Для первых параметр K_f слабо зависит от деформации и немного превышает 2. Типичные значения коэффициента

тензочувствительности для разных материалов приведены в табл. 1.

На рис. 1 представлен схематичный вид плёночного тензорезистора.

Тонкая решётка из фольги, уложенная змейкой и запрессованная на фенольную плёнку, под механическим воздействием испытывает деформацию вместе с упругим элементом, что влечёт изменение электрических свойств элемента. На рис. 2 схематично показаны особенности изменения

Таблица 1. Некоторые типичные значения коэффициента тензочувствительности для разных материалов

Материал	Коэффициент тензочувствительности
Металлическая фольга	2–5
Тонкая металлическая плёнка (к примеру, константовая)	2
Монокристаллический кремний	От –125 до +200
Поликристаллический кремний	30
Тонкоплёночные резистивные материалы	100

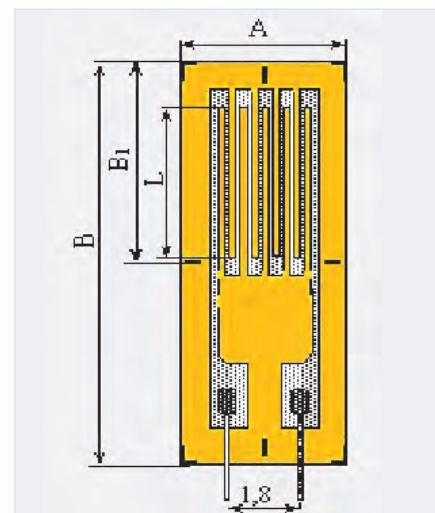


Рис. 1. Схематичный вид плёночного тензорезистора

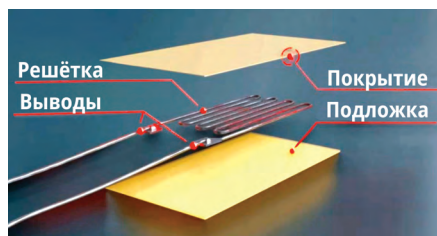


Рис. 2. Особенности строения (состава, конструкции) тензорезистора

формы элемента при внешнем механическом воздействии.

Электропроводящий элемент – тензорезистор закрепляют на измерительное тело – балку, консоль, мембрану, колонну, что составляет корпус будущего тензодатчика. Причём в современных высокоточных тензодатчиках установлен не один тензорезистор, а 4 и более, да и самих тензодатчиков в одной системе может быть несколько. Все они подключаются по одному протоколу для достижения минимальной погрешности измерения. Эта практика оправдана (кроме заботы о метрологической точности) тем, что в такой системе можно без ущерба работоспособности отказаться (в случае неисправности) от одного или нескольких тензодатчиков и провести ремонтные, регламентные работы без простаивания системы.

Наиболее типичную схему включения четырёх тензорезисторов называют мостом Уитстона. Такой тензодатчик имеет не 1, а 4 резистивных элемента, включённых в плечи резистивного моста. Тензорезисторы имеют одинаковый номинал, поэтому в состоянии покоя ток в мосте сбалансирован и не фиксируется измерительными приборами; да, токовая нагрузка может иметь место из-за несовершенства конструкции и температурных колебаний, но в определённых пределах. При деформации гибкой подложки происходит попарное сжатие и растяжение тензорезисторов, как следствие – изменение рабочих параметров в цепи моста, а сигнал разбалансировки от моста по экранированному кабелю передаётся на АЦП.

Иллюстрация изменения состояния посредством механического воздействия представлена на рис. 3 и рис. 4.

После снятия нагрузки с весовой платформы гибкий элемент возвращается в исходное положение, мост Уитстона возвращается в состояние равновесия.

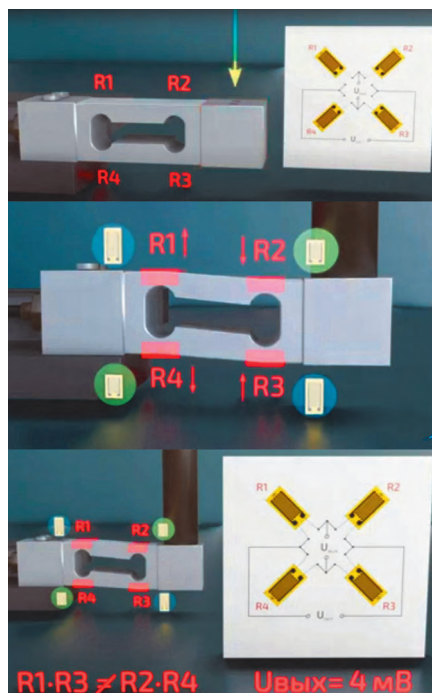


Рис. 3. Особенности работы тензодатчика

На рис. 5 представлен вид плёночного тензорезистора FSR402 для измерений в диапазоне 0...10 кг.

Плёночный аналоговый тензодатчик FSR402 с предельно допустимой нагрузкой 0,1...10 кг. Диаметр чувствительной части 12,7 мм. На рис. 6 представлен вид плёночного тензорезистора RFP602 для измерений в диапазоне 0...1 кг.

Именно такие тензорезисторы установлены в тензодатчиках Wavgat, о которых будем говорить далее, а также в настольных электронных весах бытового назначения для взвешивания мелких деталей, продуктов, драгметаллов. Плёночный аналоговый тензорезистивный датчик с предельно допустимой нагрузкой 1 кг изменяет сопротивление под действием прикладываемой силы. Диаметр чувствительной части – 10 мм.

В состоянии покоя решётка тензорезистора, сделанная из фольги, имеет определённое сечение и длину «нитки». В состоянии покоя сопротивление тензорезистора стабильно. Когда тензоэлемент деформируется, длина его проводящих ток ниток незначительно меняется. Когда в качестве основания используется балка, дорожки датчика растягиваются, их поперечное сечение уменьшается, и омическое сопротивление тензорезистора увеличивается. При сжатии (возврате в исходное положение) возникает обратный эффект – сопротивление уменьшается из-за сжа-

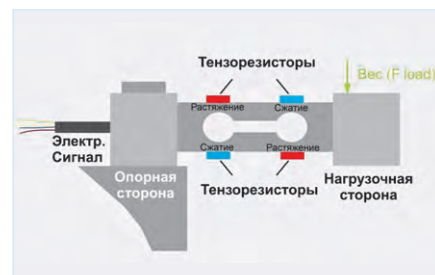


Рис. 4. Схематический вид особенности работы тензодатчика



Рис. 5. FSR402 для измерений в диапазоне 0...10 кг



Рис. 6. Тензорезистор RFP602 для измерений в диапазоне 0...1 кг

тия дорожек, увеличения их сечения. Эти изменяемые параметры в электронном устройстве с тензорезисторами обеспечивают преобразование механических данных в электрический ток.

Принцип работы тензорезистора мы рассмотрели выше, а далее обратим внимание на особенности включения тензорезисторов по схеме моста Уитстона в электрическую цепь.

Типичные схемы включения в электрическую цепь

Полномостовой тензодатчик из четырёх однотипных тензорезисторов подключается в электрическую цепь с соблюдением типичной цветовой маркировки проводов: «красный» и «чёрный» – соответственно «+» и «-» питания; «белый» и «зелёный» – выходной сигнал мостовой схемы. Соединительный кабель экранирован для защиты от помех. Помехоустойчивость системы с тензодатчиками, особенно при малых весовых значениях, – важ-

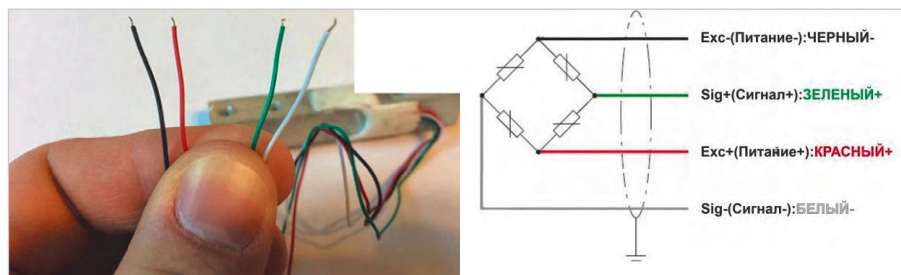


Рис. 7. Схема подключения моста Уитстона по четырём проводам

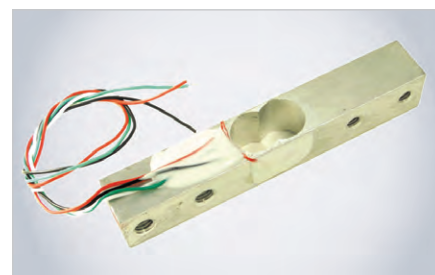


Рис. 9. Внешний вид тензометрического датчика Wavgat

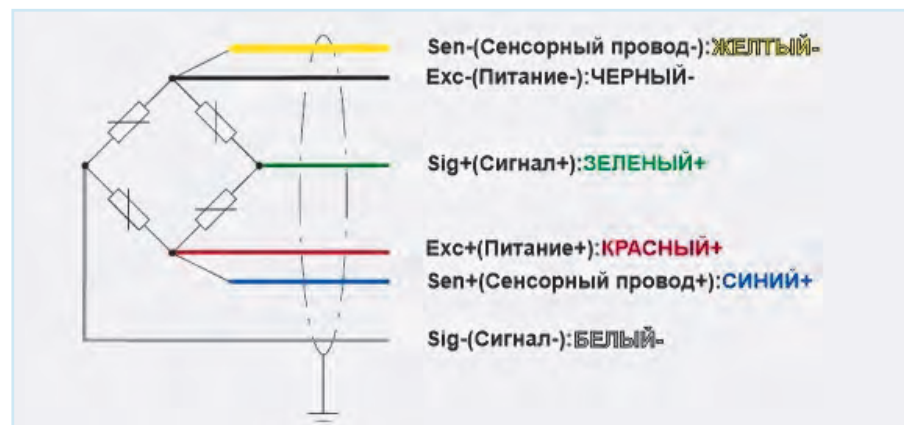


Рис. 8. Шестипроводная схема включения тензорезисторов моста Уитстона

ное условие стабильной работы всей системы.

Четырехпроводные тензодатчики подключают к модулю нагрузки и АЦП (рис. 7).

В ситуации удалённого размещения тензодатчиков относительно контроллера-анализатора для обеспечения корректных замеров веса используют 6-проводную схему подключения, исключая влияние сопротивления питающих проводников на результаты измерений. С двух дополнительных проводов Sen+ и Sen- снимают данные о падении напряжения (рис. 8). Цветовая маркировка может различаться у разных производителей, но типичная именно такова.

Распиновка 4-жильных кабелей тензодатчика:

- красный – плюсовой вход (питание «+», Ехс+);
- зелёный – плюсовой выход (сигнал «+», Sig+);
- чёрный – минусовой вход (питание «-», Ехс-);
- белый – минусовой выход (сигнал «-», Sig-).

В тензодатчиках шестипроводного типа старых выпусков, когда неравномерность сечения провода приводила к скачкам напряжения, дополнительно присутствовали ещё 2 провода; как правило, синий соответствовал положительному (Sen+) и жёлтый – отрицательному (Sen-) контакту. При сое-

динении кабеля, состоящего из 4 и 6 жил, провод Sen+ (синий) соединяется перемычкой (либо WAG) с +Up, Ехс+ (красный). Провод Sen- (жёлтый) соединяется перемычкой с -Up Ехс- (чёрный), как показано на рис. 7.

При необходимости соединения 6- и 4-жильного кабелей тензодатчика провод Sen+ (синий) имитируют, включая его от +Up, Ехс+ (красный), а провод Sig- (жёлтый) имитируют, включая его от -Up, Ехс- (чёрный), как показано на рис. 8.

У разных производителей цветовая маркировка проводов может отличаться. Если нет описания, для определения распиновки используют мультиметр с режимом измерения сопротивлений от 0,5 Ом и выше. В случае с четырехпроводным модулем уместен следующий алгоритм.

Последовательно выберите 6 парных комбинаций проводников, измерьте сопротивление для каждой пары. Определите, в каком случае получено наибольшее значение сопротивления – эта пара является линией питания. Отделите оставшиеся два провода – это линия сигнала. Подайте напряжение на провода питания и определите полярность подключения, измеряя напряжение на сигнальных проводниках. При этом мультиметр – наименее предпочтительный вариант для проверки тензодатчика, если он не имеет достаточной чувстви-

тельности и точности. Лучше применить милливольтметр с пределом измерения от 0,1 мВ, с высокой точностью и оценкой производительности аналоговых и цифровых показателей.

Применение в вендинговых аппаратах и не только

Основное предназначение тензодатчиков – измерительные приборы тензометры, к которым относится различного назначения контрольно-весовое оборудование, но и в этом аспекте есть несколько особенностей. С тензодатчика сигнал передаётся на контроллер – терминал, где переданная в цифровом виде через общий протокол передачи данных информация анализируется. В автоматических аппаратах выдачи за деньги или по кодовой комбинации вещей, игрушек, напитков (к примеру, вендинг) тензодатчик является важнейшим узлом контроля расхода материальных активов. Ибо вещи из лотка хранения «автомата» идентифицируются по номерам ячеек, но контроль в «выпускном» лотке определяется по их весу, заложенному как ординар в память устройства. На этапе выдачи продукта на основе информации, полученной в электронном виде от тензодатчика, сравниваются вес эталонный и вес отпускаемого продукта.

В системах с автоматизированной выдачей напитков на выходе устройства сравнивается вес наполненного стакана (тары) с эталонным весом, заложенным в память электронного контроллера; когда значения совпадают, с помощью управляемых электронных клапанов в магистрали подвода жидкости налив прекращается. Таков простой (хоть и не единственный) и часто используемый способ автоматизированной выдачи, упрощающей коммуникацию между покупателем и автоматом – продавцом товаров.

Для измерения массы стакана с жидкостью в типичном вендинговом аппа-

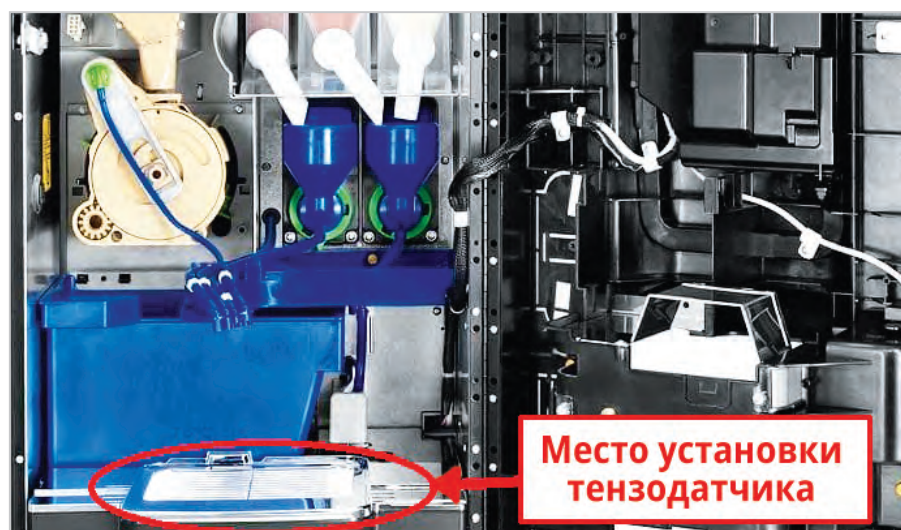


Рис. 10. Место установки тензодатчика в вендинговом аппарате по розливу кофе и чая

рате розлива кофе и чая применяется тензометрический датчик Wavgat A1, установленный под площадкой выдачи товара и подключённый к микроконтроллеру через модуль HX711.

На рис. 9 представлен тензодатчик Wavgat.

Подробно технические характеристики тензодатчика приведены в [9].

На рис. 10 представлено место установки тензодатчика в вендинговом аппарате по розливу кофе и чая.

На рис. 11 представлен модуль датчика нагрузки HX711 АЦП для тензодатчика.

Модуль HX711AD универсален для тензодатчиков с номинальным диапазоном измерения 1...20 кг – АЦП с разрядностью 24 бита. Имеет встроенное активное шумоподавление PGA и выбор коэффициента усиления: 32, 64 и 128, а также:

- встроенный стабилизатор напряжения;
- встроенный осциллятор;
- выбор скорости передачи данных: от 10 SPS до 80 SPS;
- одновременное подавление шумов питания 50 и 60 Гц;
- потребляемый ток: в рабочем режиме < 1,5 мА, в режиме ожидания < 1 мкА;
- диапазон рабочих напряжений: от 2,6 до 5,5 В;
- диапазон рабочих температур: –40...+85°C;
- размеры: 34×21 мм.

Вопросы корректности метрологии

Рассмотрим алгоритм работы электронного узла с тензодатчиком и АЦП

на примере вендингового автомата по розливу напитков. После команды контроллера о выдаче товара модуль HX711AD обнуляет значения текущего веса, приложенного к датчику, и далее считывает информацию с тензодатчика. По мере заполнения и увеличения веса тары напряжение, снимаемое с тензодатчика, увеличивается (порядок значений – милливольты), сигнал после АЦП анализируется контроллером и сравнивается в реальном времени с эталонным весом (в памяти МК) наполненной тары. Как только значения в цифровом формате сравнялись, микроконтроллер формирует команду на прекращение подачи жидкости (и ещё ранее – субстрата размолотых зёрен – порошка кофе или чая); эта команда служит сигналом на электронный клапан подачи жидкости в магистрали аппарата или на поворот шагового двигателя с редуктором, совмещённым с закрытием отверстия ёмкости подачи (в зависимости от конструкции аппарата).

В целом модули нагрузки и АЦП на рассмотренном примере универсальны для небольших весовых значений и надёжны. Однако надо учитывать, что точность преобразования выходного сигнала (ошибки и отклонения в дискретности) может влиять на общую ошибку измерения веса, и тензодатчик тут ни при чём. К примеру, 10-битный АЦП при разном входном напряжении 0...5 В (при условии, что 5 В – опорное напряжение питания модуля) преобразует его в цифровой вид с точностью 1/1024 В. На графике невозможно изобразить много сту-

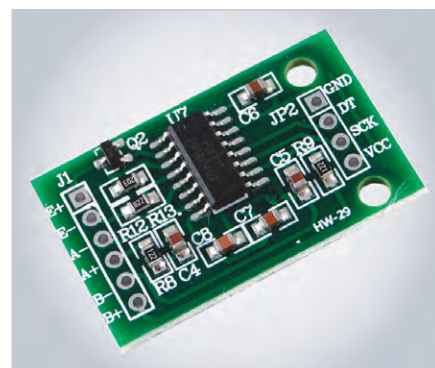


Рис. 11. Внешний вид модуля HX711

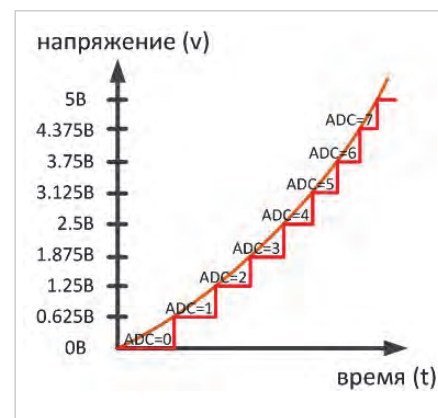


Рис. 12. Иллюстрация графика дискретного преобразования выходного сигнала АЦП в зависимости от входного

пенек, но для примера приведём его на рис. 12.

АЦП с разрядностью 10...24 бита чувствителен к изменению напряжения на входе величиной даже 5 мВ, что удачно стыкуется с применённым типом тензодатчика. Но точность преобразования входного сигнала зависит и от опорного напряжения, которое определяет границу диапазона работы АЦП. Таким образом, при опорном напряжении 5,2 В это одна точность, при 5,02 В – другая, при напряжении 4,8 В – третья... Притом что АЦП рассматриваемого модуля работоспособен в диапазоне 5 В ±15% [10].

В конструкторах Arduino Uno сия проблема решается задействованием для опорного напряжения специального вывода V_{ref} микроконтроллера. В условно простых вендинговых системах в таком случае реализуется или с помощью использования внешнего (дополнительного) суперстабильного источника опорного напряжения, или путём качественного источника питания устройства с высоким уровнем стабилизации напряжения. Иначе, точность измерения веса на этапе преобразования сигнала от тензорези-

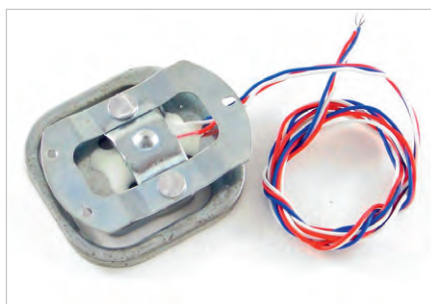


Рис. 13. Внешний вид тензодатчика Sensortronics 92001

Таблица 2. Некоторые технические характеристики тензодатчиков модельного ряда Sensortronics 92001–92006

Материал	Коэффициент тензо-чувствительности
Рабочий коэффициент передачи (РКП)	2 мВ/В $\pm 10\%$ от максимального измеряемого веса
Значение нуля	$\pm 1\%$ от максимального измеряемого веса
Повторяемость	$< \pm 0,01\%$ от максимального измеряемого веса
Ползучесть	30 мин. $< \pm 0,025\%$ от максимального измеряемого веса
Комбинированная ошибка	$< \pm 0,045\%$ от максимального измеряемого веса
Предельная нагрузка	300% НН
Номинальное/макс. напряжение	10/15 В
Выходное сопротивление	349...355 Ом
Сопротивление изоляции	> 1000 МОм
Степень защиты	IP66

стора в цифровой формат может колебаться, что приведёт условно к недоливу или переливу жидкости в тару; когда вы встречаете такое на практике, желая гастрономически насладиться и украсить свой обеденный рацион кофе-брейком, понимаете, в чём дело.

Тем не менее использование тензодатчиков для контроля веса отпускаемого продукта удешевляет конструкцию вендинговых и других устройств для бытовых нужд. Простое сравнение: цена одноточечного тензодатчика для мощных электронных весов с нагрузкой в 1,5 т составляет в 2022 году 35 тыс. руб., цена датчика с четырьмя встроенными тензорезисторами для



Рис. 14. Внешний вид балочного тензодатчика фирмы Keli серии SQB

малых нагрузок, используемых в вендинговом автомате, составляет 400 руб.; неудивительно, что вендинговые аппараты относительно быстро окупаются – примерно через 1300 покупок.

Критерии и характерные различия тензодатчиков

Тензодатчики различаются по нескольким критериям. По назначению: для платформенных весов, бункерных весов, дозаторов – это относительно мощные приборы для весовых значений от 50 кг до 1,5 т (мы говорим о типичном применении, а есть и специальные с нагрузками выше). Таков одноточечный тензодатчик Sensortronics 92001 с корпусом из легированной стали, предназначенный для установки в большие платформенные весы, к которым предъявляются требования высокой точности измерений. Sensortronics 92001 – один из модельного ряда 92001–92006, различие в которых определяется весовым (нагрузочным) назначением и, соответственно, размерами платформ. Модель 001 для метрологии нагрузок до 100 кг; это основной элемент в настольных, проверочных и напольных электронных измерителях веса. Внешний вид тензодатчика Sensortronics 92001 представлен на рис. 13.

Тензодатчики различаются по номинальной (расчётной) нагрузке (НН), что также определяется их практическим назначением, рабочему коэффициенту передачи (РКП). Как правило, у мощных тензодатчиков – за счёт их полупроводникового исполнения – условно большая температурная стабильность. У тензодатчика Sensortronics 92001-050K-NC-00X (НН до 50 кг) влияние температуры на выход соответствует $\pm 0,001\%$ / $^{\circ}\text{C}$ при широком температурном диапазоне $-20...+70^{\circ}\text{C}$, что делает устройства на их основе почти универсальными в применении как на улице, так и в



Рис. 15. Внешний вид тензодатчика CAS BCL, рассчитанного на измерение нагрузки 1...3 кг

отопляемых помещениях в круглогодичном режиме.

Класс точности измерения, величина погрешности, количество проверочных делений регулируются стандартами. Приборы класса G (G1–G3 и др.) имеют наименьшую точность, с маркировкой С (C1, C2, C3) – наибольшую. Данные параметры тензодатчика регламентируются государственными стандартами. Количество диапазонов предполагает, что датчик может быть одно- и мультиинтервальным. Для повышения точности измерений на малых нагрузках применяют устройства с несколькими диапазонами, так обеспечивается минимальная погрешность измерений.

Важный параметр – компенсированный температурный диапазон. Точность измерений зависит от условий среды, и даже с учётом термостабильных полупроводниковых материалов тензорезистора в нижней и верхней части рабочего диапазона колебания сопротивления при механическом воздействии нуждаются в компенсации.

В табл. 2 представлены некоторые технические характеристики тензодатчиков модельного ряда Sensortronics 92001–92006.

По типу датчики различают по фактору, к примеру, представленный на рис. 3, 9, 14, 15 прибор характеризуется типом датчика «балка на изгиб». Опционально корпус датчиков тензодатчиков может быть изготовлен из разных материалов – от пластика до лёгких сплавов с участием анодированного алюминия и даже из нержавеющей стали. Размеры корпуса влияют на специфику монтажа. В сложных или стеснённых (по месту) условиях, к примеру, с криволинейной поверхностью, размер и форм-фактор корпуса датчика имеет значение.

Корпуса тензодатчиков различают по типу воспринимаемой нагрузки и строению:

- консольные (балочные) – по принципу балки, работающей на сдвиг или изгиб. Используются в конструкции бункерных, платформенных весов (см. пример на рис. 3, 9, 14, 15);
- S-образные – работают на растяжение и сжатие. Тензодатчики на их основе подходят для измерения поднимаемых грузов;
- мембранные (шайбы) – наименее чувствительны к скручиванию. Датчики широко применяются в весах разных типов;
- колонные (стержневые) – работают на сжатие. Устанавливаются в оборудовании с высокой грузоподъемностью;
- торсионные – воспринимают усилие скручивания.

На рис. 14 представлен балочный консольный тензодатчик фирмы Keli серии SQB для среды с температурным диапазоном $-30...+70^{\circ}\text{C}$.

Прибор выдерживает перегруз до 150% от номинальной нагрузки. Класс пылевлагозащиты IP68 означает, что тензодатчик выдерживает погружение в воду на глубину до 1 м. В табл. 3 представлены технические характеристики тензодатчика Keli серии SQB.

На рис. 15 представлен внешний вид тензодатчика CAS BCL, рассчитанного на измерение нагрузки 1...3 кг.

В соответствии с особенностями конструкции тензодатчик с низкопрофильным дизайном применяется в напольных весах и др. контрольно-весовых устройствах, допускающих нецентрализованное нагружение по стандарту OIML R76. Класс защиты IP65. Соединительный кабель длиной 0,4 м, 4-жильный с экранирующей оплёткой и изоляционной оболочкой из ПВХ. Максимальный размер платформы: 200×200 мм. Имеются аналогичные тензодатчики CAS BCL, рассчитанные на вес 6...30 кг и на 60...200 кг для платформ максимального размера 400×400 мм. Заслуживает внимания «маломощный» тензодатчик CAS BCL-01L в корпусе из анодированного алюминия, уверенно работающий в диапазоне температур $-20...+70^{\circ}\text{C}$, с классом защиты IP65 и зазорами веса нагружения до 1 кг. Он применяется в точных настольных весах для мелких деталей и драгметаллов. Эксплуатационные и технические характеристики тензодатчиков линейки CAS BCL сведены в табл. 4.

На рис. 16 представлены размеры тензодатчика CAS BCL, предна-

Таблица 3. Технические и эксплуатационные характеристики тензодатчика Keli серии SQB

Модель	SQB 100kg, SQB 150kg, SQB 200kg, SQB 250kg, SQB 300kg	SQB 500kg, SQB 750kg, SQB 1000kg, SQB 1500kg, SQB 2000kg, SQB 2500kg	SQB 3t, SQB 3.5t, SQB 5t, SQB 7.5t, SQB 10t
НПИ, кг	100–300 соответственно	500–2500 соответственно	3000–10 000 соответственно
Класс точности, OIML	C3; C4; C5		
Чувствительность, мВ/В	2,0 ±0,002	3,0 ±0,003	
Ползучесть (30 мин), % F.S.	±0,01		
Температурное отклонение нуля, % F.S./10°C	±0,02		
Температурное отклонение чувствительности, % F.S./10° C	±0,02		
Входное сопротивление, Ом	400 ±20		
Выходное сопротивление, Ом	352 ±3		
Сопротивление изоляции, МОм	≥ 5000		
Рабочий диапазон температур, °C	–40...+40		
Предельно допустимая нагрузка, % F.S.	150		
Рекомендуемое напряжение питания, В, пост. ток	10...12		
Максимальное напряжение питания, В, пост. ток	15		
Класс защиты	IP68		
Повторяемость (% F.S.)	0,02		

Таблица 4. Эксплуатационные и технические характеристики тензодатчиков CAS BCL

Характеристики	CAS BCL (1–3 кг)	CAS BCL (6–30 кг)	CAS BCL (60–200 кг)
Наибольший предел взвешивания, кг	1 / 2 / 3	6 / 10 / 15 / 20 / 30	60 / 100 / 150 / 200
Рабочий коэффициент передачи (РКП), мВ/В	1,0 ±0,1	2,0 ±0,2	
Диапазон значения нуля, мВ/В	0 ±0,05	0 ±0,1	
Класс точности		C3	
Суммарная ошибка, %	0,03	0,02	0,03
Повторяемость, %	0,01		
Ползучесть (30 мин.), %	0,03	0,017	0,03
Температурный дрейф, %/10°C			
«нуля»	0,028	0,014	0,028
сигнала	0,014	0,011	0,014
Напряжение возбуждения, В			
рекомендуемое	10		
максимальное	15		
Сопротивление, Ом			
входное	400 ±20		
выходное	350 ±3,5		
Изоляции	> 2000		
Безопасная перегрузка, % НПВ	150		
Компенсированный диапазон температур, °C	–10...+40		
Рабочий диапазон температур, °C	–20...+70		

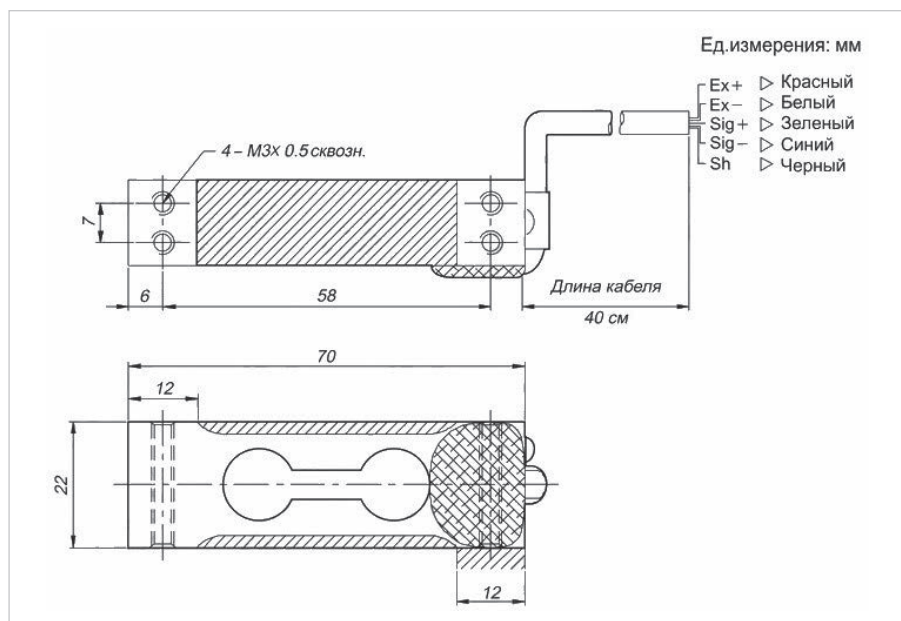


Рис. 16. Размеры тензодатчика CAS BCL, предназначенного для нагружения весом 1...3 кг



Рис. 17. Внешний вид весового модуля с допустимой нагрузкой 5 кг

значенного для нагружения весом 1...3 кг.

Весовой модуль с предельно допустимой нагрузкой 5 кг представлен на рис. 17.

Спецификация:

- класс точности C2;
- температурная погрешность (temp. effect on span): $\pm 0,02\% \text{ F.S.} / 10^\circ \text{C}$;
- диапазон ошибки (comprehensive error): $\pm 0,05\% \text{ F.S.}$;
- смещение нуля (temp. effect on zero): $\pm 0,03\% \text{ F.S.} / 10^\circ \text{C}$;
- рабочее отношение (rated output): $1 \pm 0,15 \text{ мВ/В}$;
- компенсированный диапазон температур: $-10...+40^\circ \text{C}$;
- ползучесть: $\pm 0,02\% \text{ F.S.} / 30 \text{ мин.}$;
- диапазон рабочих температур: $-20...+60^\circ \text{C}$;



Рис. 18. Внешний вид модуль-контроллера весовых ячеек с индикатором

- баланс «нуля» (zero balance): $\pm 1\% \text{ F.S.}$;
- напряжение возбуждения: от 9 до 12 В;
- сопротивление входа: $405 \pm 10 \text{ Ом}$;
- сопротивление выхода: $350 \pm 3 \text{ Ом}$;
- НН (ultimate overload): $150\% \text{ F.S.}$;
- сопротивление изоляции (insulation resistance): $100\,000 \text{ МОм}$ (при 100 В);
- габаритные размеры: $80 \times 12,7 \times 12,7 \text{ мм}$.

К вопросу об импортозамещении: тензорезистор 2ФКП-5х200 имеет вид прямоугольника с размерами $10 \times 5 \text{ мм}$. Его сопротивление – число в наименовании после символа «х», в данном случае $200 \pm 0,35\% \text{ Ом}$. Подложка также является и основным корпусом элемента.

Для рассмотренных типов тензодатчиков предназначен модуль-контроллер весовых ячеек с индикатором, представленный на рис. 18.

Это готовый контроллер весовых ячеек и действующих электронных весов со светодиодным индикатором

из четырёх цифр и следующими техническими характеристиками:

- диапазон измерения: $\pm 19 \text{ мВ}$;
- температурный коэффициент: $\leq 100 \text{ ppm}/^\circ \text{C}$;
- коэффициент конверсии A/D: от 6,25 до 100 Гц;
- функции защиты: обратное соединение, перенапряжение, мгновенное подавление;
- диапазон рабочих температур: $-40...+70^\circ \text{C}$.

Назначение кнопок: точка/сохранить (SAVE), цифра/обнуление (DIGIT), плюс/верхнее значение (PH), минус/нижнее значение (PL).

Калибровка осуществляется следующим образом.

1. При отсутствии веса нажимать более 2 с кнопку «PL». На индикаторе отобразятся две буквы PL и затем 0000 (4 нуля).
2. Удерживать более 2 с «SAVE», чтобы сохранить это значение.
3. Нагрузить весовую ячейку грузом с известной массой M.
4. Удерживать более 2 с кнопку «PH». На индикаторе отобразятся две буквы PH.
5. С помощью кнопок «PH», «PL» и «DIGIT» довести величину на индикаторе до массы M.
6. Удерживать кнопку «SAVE».

Для коррекции взвешивания тары (неучёта веса тары) после её размещения на рабочей поверхности площадки с тензодатчиком удерживать более 2 с кнопку «ZERO». После этого на индикаторе отобразится «0».

Контроль исправности тензодатчика по мостовой схеме

Для определения исправности моста Уитстона измеряют входное и выходное сопротивление каждой пары выводов. Для испытания используют омметр, полученные данные сравнивают с паспортными значениями. Баланс моста тензометрического датчика проверяется в двух вариантах: между минусовым выходом и входом; и между минусовым выходом и плюсовым входом. Разница между полученными значениями и паспортными у исправного тензодатчика не превышает 10 Ом. Если показатель выше, а целостность моста не подтверждена измерениями, тензодатчик подлежит замене. Среди причин неисправности могут быть скачки напряжения, физическое разрушение из-за повышенных

вибраций или технический брак (несоблюдение технологии).

Спектр применения тензодатчиков и конструкций на их основе

Для описания принципа действия тензодатчика в статье приведён пример тензорезистора (резистивного тензодатчика). Однако кроме этого типа в метрологических задачах могут участвовать другие типы тензодатчиков.

Тактильные. В основе – два проводника, разделённые диэлектрическим слоем. Под воздействием деформации проводники сближаются и продавливают мягкую прослойку. В электрической цепи возникает ток, который зависит от материалов и расстояния между проводниками в рабочей зоне датчика.

Пьезоэлектрические, пьезорезонансные, по технологии полупроводников. Эффект основан на свойстве полупроводниковых кристаллов изменять состояние, величину статического заряда.

Магнитные. В качестве чувствительного элемента – магнитный сердечник, окружённый катушкой. При деформации сердечник изменяет положение, что влияет на ЭМ-индукцию в катушке.

Ёмкостные. Работают по принципу изменения ёмкости переменного конденсатора. При воздействии (давлении) нагрузки токопроводящие пластины сближаются, ёмкость образованного ими конденсатора возрастает. Изменение ёмкости преобразуется в электрический ток.

К условным минусам тензодатчиков относят:

- зависимость чувствительности от температуры и влажности окружающей среды (компенсируется);
- снижение точности показаний в условиях вибрации;
- необходимость усилителей – преобразователей сигнала в конструкции тензодатчика при значительном удалении датчика от контроллера состояния;
- уязвимость в условиях агрессивной среды (защита метрологической системы от коррозии, воды, химически активных веществ, несанкционированных механических воздействий).

Кабели слаботочных тензодатчиков нуждаются в экранирующей оплётке, поскольку оборудование на базе тензодатчиков работает в сложных элек-

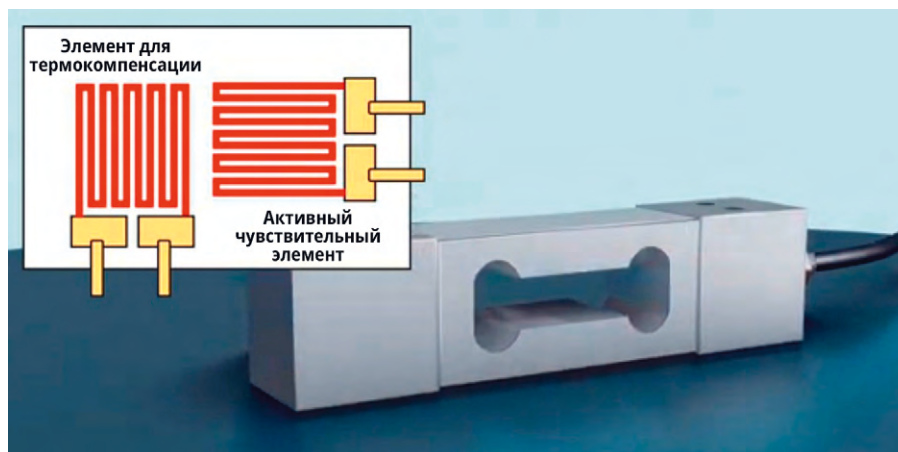


Рис. 19. Иллюстрация размещения в корпусе тензодатчика элемента термокомпенсации

тротехнических условиях. Тензодатчики не требуют обслуживания после включения и настройки. Но для корректной работы необходимы следующие условия:

- отсутствие сильных вибраций, которые могут повлиять на точность и ресурс оборудования;
- защита датчика от воды и пыли в соответствии со стандартом (устройства класса IP 24 работают в чистой сухой среде);
- отсутствие разрушающего механического воздействия – ударов, трения и т.д.;
- защита от химически агрессивных веществ, которые могут вызвать коррозию металлических элементов, разрушение оплётки и изоляции;
- соблюдение рабочего и компенсируемого температурного диапазона.

Если датчик установлен вне герметичного корпуса, его регулярно очищают от пыли струёй воздуха с напором. Для удаления загрязнений не используют агрессивные чистящие средства, которые могут повредить силиконовое покрытие или элементы модуля.

Условные проблемы решаемы. Тензорезистивные датчики обеспечивают широкий диапазон и высокую точность измерений (до 0,017%, в зависимости от модели), в том числе при высокой частоте динамических деформаций основания – до десятков млн раз. С условием компенсации тензодатчики работают в широком диапазоне температур. На рис. 19 представлен вид размещения в одном корпусе тензорезистора и элемента термокомпенсации.

За счёт плоской компактной конструкции они монтируются как на ровные, так и на криволинейные поверхности. Соединительный кабель с ПВХ-изоляционной оболочкой не тер-

ет эластичности при низких температурах, устойчив к истиранию и механическому воздействию.

Тензодатчики можно соединить напрямую с контрольным блоком или установить на удалении от АЦП. Их используют и для проведения измерений на движущихся деталях, одновременно в нескольких точках конструкции и т.д. Но тензодатчики нужны не только в рассмотренных в статье случаях.

Тензорезисторы прямоугольного и розеточного типа на основе константовой фольги предназначены для измерения деформации деталей машин, металлоконструкций при статических нагрузках, а также в качестве чувствительных элементов силоизмерительных датчиков в условиях макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом. Их технические характеристики допускают циклы давлений/деформаций/воздействий десятки млн на один прибор.

Былое и перспективы тензодатчиков

Технологичность, универсальность, удобство использования и выгодная стоимость – ключевые факторы, влияющие на востребованность тензодатчиков разных типов. Перспектива их применения связана и с методами обработки сигналов датчиков линейных и угловых перемещений, фаз квадратурного сигнала в код положений. К примеру, получение цифрового кодового сигнала непосредственно с АЦП (микросхема RDS-M), сопряжённого с тензорезистором, позволяет не только юстировать подключённый датчик, но и использовать альтернативные алгоритмы вычисления скорости перемещений конструкции (деформации вос-



Рис. 20. Исторические фото: инженер ВНИИГ, рационализатор и изобретатель СССР П.Н. Кашкаров при контроле параметров оснований грунтов Братской ГЭС

становливаемого тензодатчика) и угла перемещения конструкции. В составе промышленных агрегатов применяются для измерения деформирующих усилий штамповочных прессов, прокатных станков, других металлообрабатывающих машин. В строительных конструкциях – при возведении, эксплуатации, экспертизе для замера и контроля напряжённо-деформационных нагрузок. Для измерения и контроля давления в нефтегазопроводах и других коммуникациях и даже как элементы контроля силы затяжки в электрических приборах, монтажном оборудовании. Устройства на основе тензодатчиков незаменимы в гидротехнике и смежных сферах, когда требуется контролировать микронное смещение несущих конструкций, грунтов, бетонных оснований. Без применения электронных метрологических приборов с тензорезисторами не обошёлся ни один научно-исследовательский проект. Из истории развития промышленности в СССР следует, что тензорезисторы начали применять в конце 1940-х годов, с тех пор они практически заменили механические тензометры и открыли новые возможности в исследовании прочности различных машиностроительных конструкций. Инженер ВНИИГ (Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники им. Б. Веденеева – сегодня в составе РосГидро) Кашкаров Петр



Николаевич, отец автора статьи, участвовавший в испытаниях грунтов и фундаментов Братской, Барабинской, Нижнекамской и др. ГЭС, работал с тензодатчиками в 60-х гг. XX века. На рис. 20 Кашкаров П.Н. при контроле параметров оснований грунтов Братской ГЭС.

Актуальные для разработчиков задачи включают повышение надёжности работы и упрощение установки тензодатчиков. Развитие точных электронных динамометров и датчиков давления тензорезисторного типа обеспечило метрологам погрешность измерения до сотых долей процента. Ведутся экспериментальные исследования материалов конструктивных (чувствительных, связующих, подложек) элементов, работы по созданию конструкций с малыми разбросами характеристик, влияний посторонних факторов на метрологические характеристики в сложных условиях.

Заключение

Распространение тензодатчиков в современных электронных разработках объясняется тем, что они не инер-

ционны, позволяют провести замер контролируемого параметра одновременно во многих точках, способ крепления на контролируемую поверхность может быть простым, в том числе приклеивание за подложку, а малые размеры позволяют размещать датчики в недоступных местах и устанавливать уже в период сборки конструкции. Большое значение имеет схемотехника и элементная база модулей сопряжения, микросхем-преобразователей АЦП, преобразователей «угол-код» и др. В этой области есть перспективы для разработок в области микроэлектроники, адаптированных к тензодатчикам. Современные тензодатчики ждёт большое будущее в разработках РЭА.

Литература:

1. Ануфриев В., Лужбинин А., Шумилин С. Методы обработки сигналов индуктивных датчиков линейных и угловых перемещений // Современная электроника. 2014. № 4.
2. Как проверить тензодатчик. URL: <https://sierra.market/company/articles/186/>.
3. Кашкаров А.П. 500 схем для радиолюбителей. Электронные датчики. СПб.: Наука и Техника, 2010. 208 с., ил. (2-е изд., доп.).
4. Кашкаров А.П. Справочник радиолюбителя: взаимозаменяемость элементов, цветовая и кодовая маркировки. СПб.: Наука и Техника., 2008. 288 с. (Серия: «Радиолюбитель»).
5. Кашкаров А.П. Датчики в электронных схемах: от простого к сложному. М.: ДМК Пресс, 2013. 212 с.
6. Микросборки преобразователя угол-код Ф020, Ф020.1. Краткое описание. URL: www.analog.com/static/imported-ailes/datasheets/AD2S1210.pdf.
7. Модули для тензорезисторов. URL: http://www.lcard.ru/sites/default/files/products/LTR212_conn.jpg.
8. Прокофьев Г., Стахин В., Обедин А. K1382HX045 – микросхема преобразователя фазы квадратного сигнала в код положения // Современная электроника. 2014. № 6.
9. Datasheet Тензометрический датчик PC7 ULN2004A [Электронный ресурс]. URL: https://www.flintec.com/wp-content/uploads/2016/09/A221-Rev0- RU_PC7_Data_Sheet.pdf.
10. Datasheet HX711 [Электронный ресурс]. URL: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf.
11. URL: https://shop.robotclass.ru/index.php?route=product/product&product_id=2398.



Универсализация микросхем логики через повышение степени интеграции

Карина Абагян (директор по стратегическому развитию АО «Микрон»), **Андрей Денисов** (главный конструктор по направлению «Интегральные микросхемы» НПК «Технологический центр»)

В статье приводится краткое описание рынка микросхем стандартной логики и его особенностей. Проводится оценка развития подобных микросхем. Подробно рассматривается метод универсализации производства микросхем с помощью МБК и показана его экономическая эффективность.

Стоимость и качество современной микроэлектроники линейно зависит от масштаба ее производства: чем выше серийность у микросхемы, тем ниже её стоимость, выше процент выхода годных изделий, выше надёжность.

Крупнейший российский производитель микроэлектроники АО «Микрон» и ведущая научно-образовательная организация НПК «Технологический центр» при поддержке Минобрнауки в рамках постановления Правительства РФ от 09.04.2010 № 218 реализуют проект, нацеленный на увеличение серийности микросхем через универсализацию сотен типов низкой интеграции в один – матричный кристалл с высокой степенью интеграции.

Введение

Приоритетной задачей отечественной микроэлектронной промышленности является унификация и импортозамещение производства электронной компонентной базы (ЭКБ) в России [1]. Это вызвано следующими факторами:

- геополитическая напряжённость;
- нестабильность цепочек поставки компонентов и сырья для производства электроники;
- дефицит на мировом рынке микроэлектроники.

Данная задача решается отечественными предприятиями радиоэлектронной промышленности при поддержке Правительства Российской Федерации с 2014 года, однако, судя по аналитическим данным [2], доля отечественной ЭКБ на российском рынке занимает всё ещё менее 30%. На рис. 1 и 2 представлены объёмы продаж и доли отечественной и импортной ЭКБ на российском рынке соответственно.

Из приведённых данных следует, что проблема импортозамещения ещё не решена, и предстоит много работы. Причины этого следующие:

- очень большая номенклатура ЭКБ, которая требует замещения;
- нехватка ресурсов предприятий – разработчиков и производителей ЭКБ;
- наиболее передовые технологии, освоенные в России, – 90 нм;
- перестройка мировых цепочек поставок ЭКБ, материалов, технологического оборудования.

Часто задача импортозамещения и унификации решается стандартным путем копирования иностранных образцов ЭКБ, проведения НИОКР и организации производства иностранных аналогов – это требует больших затрат ресурсов отечественной про-

мышленности. Такой подход имеет следующие недостатки:

- себестоимость иностранной ЭКБ намного ниже российских аналогов за счёт массового производства для мирового рынка;
- отечественные аналоги имеют те же технические недостатки, что и у иностранной ЭКБ;
- не развиваются собственные оригинальные разработки ЭКБ.

Таким образом, импортозамещение и унификация ЭКБ требуют выработки и реализации нестандартных подходов с ориентацией на новые технологии.

Рынок микросхем стандартной логики

Микросхемы логики представляют собой полупроводниковые устройства, содержащие счётное число транзисторов для выполнения логических/булевых функций (И, ИЛИ, НЕ в любых комбинациях, битовые сдвиги, триггеры, регистры, сумматоры, компараторы и т.д.), обычно производятся на пластинах 100 мм с проектными нормами ~1 мкм.

Микросхемы стандартной логики широко применяются в составе радиоэлектронного оборудования и систем управления. Системы реального времени, промышленные логические контроллеры, коммутаторы, сигнальные системы используют логику низкой и средней интеграции благодаря её надёжности, быстродействию и гибкости конфигураций.

Микросхемы логики применяются в радиоэлектронной промышленности для выполнения вспомогательных функций и в качестве согласовываю-

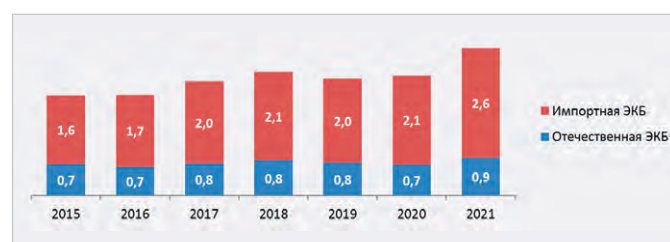


Рис. 1. Объём продаж ЭКБ российского и иностранного производства на российском рынке (млрд долл. США)

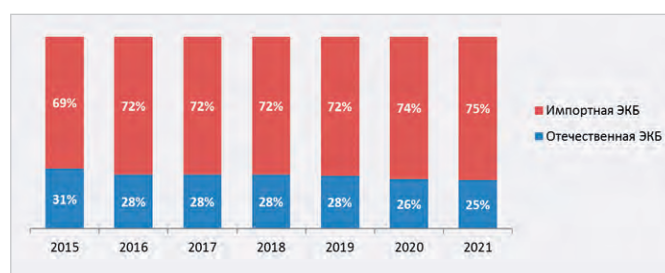


Рис. 2. Доли отечественной и импортной ЭКБ на российском рынке

щей логики в компьютерах и промышленной электронике.

Развитие технологий процессоров и контроллеров приводит к вытеснению микросхем логики программируемыми решениями, но нишей логики остаются применения, где важны надёжность и время задержки, а также многочисленные функции, не требующие сложной обработки сигнала и вычислений. На сегодня ниша имеет стабильные размеры, и рынки между логикой и микрокомпонентами стабильно разделены. На рис. 3 представлена динамика мирового рынка микросхем стандартной логики.

Совокупный среднегодовой темп роста мирового рынка микросхем логики за период 2016–2021 гг. составляет 6,4%. При этом, по данным IC Insights, для всего мирового рынка микросхем тот же показатель почти вдвое выше – 11,0% за 2016–2021 гг. [4].

Таким образом, спрос на микросхемы логики устойчив, но исторически сложившееся значительное разнообразие типонаминов ставит под вопрос экономическую эффективность развития такого направления в силу малой серийности.

Развитие продукции микроэлектроники осуществляется двумя способами:

- снижение проектных норм – уменьшает площадь кристалла микросхемы при одновременном повышении энергоэффективности;
- переход на пластины большего диаметра – позволяет одновременно обрабатывать большее число кристаллов микросхем.

Эти способы влекут за собой следующее:

- повышение стоимости пластины с кристаллами ввиду удорожания технологических процессов;
- с увеличением числа кристаллов на пластине – снижение цены отдельного кристалла;
- увеличение числа кристаллов на пластине означает уменьшение выпуска пластин при сохранении спроса на одном и том же уровне.

В табл. 1 продемонстрировано, как переход на новые технологии влияет на выпуск пластин.

Таким образом, переход на новые технологии при сохранении спроса приводит к следующим последствиям:

- при переходе на новые технологии цена кристалла существенно снижается;

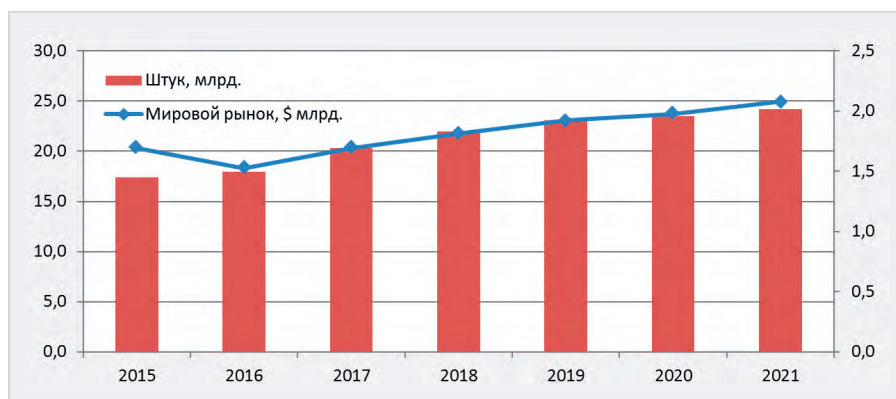


Рис. 3. Объём мирового рынка микросхем стандартной логики [3]

Таблица 1. Влияние новых технологий на выпуск пластин

Диаметр пластин, мм	100	150	200	300
Цена пластины, \$	427,39	528,37	1043,42	2473,97
Проектные нормы, нм	2000	1000	500	90
Ширина кристалла, мм	3,0	2,1	1,5	1,0
Длина кристалла, мм	3,0	2,1	1,5	1,0
Площадь кристалла, мм ²	9,0	4,4	2,2	1,1
Число кристаллов на пластине	600	3095	11 061	55 924
Объём потребления чипов	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
Объём производства пластин	1667	323	90	18
Цена кристалла (не включает стоимость корпусирования)	0,712	0,171	0,094	0,044

- но при сохранении объёмов потребления чипов на уровне 1 млн шт. объём выпуска пластин также существенно снижается – с серийного производства на единичный выпуск пластин.

Единичный выпуск пластин является существенным ограничением для запуска производства, так как в этом случае возникают дополнительные скрытые затраты, которые трудно идентифицировать:

- корректировка технологического процесса под выпуск единичной партии;
- замена оснастки (мишеней, фотошаблонов);
- корректировка программ и методик испытаний;
- затраты, связанные с временем простоя оборудования.

В связи с этим становится невыгодно выпускать единичные партии пластин – многие фабрики откладывают производство малых партий на неопределённый срок или отказывают в размещении подобных заказов.

Таким образом, переход на новые технологии производства интегральных схем не является оптимальным решением для развития продуктовых

групп в случае микросхем стандартной логики.

Универсализация микросхем стандартной логики

Для универсализации микросхем логики и их импортозамещения предлагается разработать многофункциональные базовые кристаллы (далее – МБК). Проверка концепции МБК реализуется на микросхемах логики двух типов: с 14 и 16 выводами. Доказательство концепции на практике позволит использовать метод МБК на широком ассортименте микросхем логики и аналоговых микросхемах низкой интеграции типа операционных усилителей и массивах транзисторов.

Разработка МБК выполняется в рамках комплексного проекта «Создание высокотехнологичного производства функционально конструктивных аналогов микросхем малой и средней степени интеграции», который поддержан Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 09.04.2010 № 218 «Об утверждении Правил предоставления субсидий на развитие кооперации российских образовательных

Таблица 2. Основные технические характеристики МБК

Тип МБК	Объём поля МБК, не менее, условных вентилях	Площадь кристалла, мм	Количество внешних выводов, шт.	Тип корпуса	Диапазон напряжения питания, В	Масса микросхемы, не более, г
МБК Тип 1	3000	1,5×1,65	14	401,14	4,5...5,5	0,6
МБК Тип 2	5000	1,65×1,65	16	402,16		1,6



Рис. 4. Структурная схема МБК

организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций реального сектора экономики в целях реализации комплексных проектов по созданию высокотехнологических производств».

Разрабатываемые МБК представляют собой кристаллы в формате «море вентилях», логические функции которых формируются через матрицу логических элементов, а аналоговые характеристики, обеспечивающие полное электрофизическое совпадение параметров, – через массивы RCL-элементов и полное совпадение выводов – через верхние слои металлизации. В табл. 2 приведены основные технические характеристики МБК.

МБК Типа 1 реализует 101 типоминимал логики, имеет 14 внешних выходов, МБК Типа 2 – 54 типоминимала, имеет 16 внешних выходов. Разрабатываемые МБК будут реализовывать следующий функционал:

- мультиплексоры/демультиплексоры;
- логические элементы;
- коммутаторы;
- триггеры;
- регистры;
- счётчики;
- сумматоры;
- шифраторы/дешифраторы;
- арифметико-логические устройства.

При проведении оценки и первичного проектирования было установлено, что микросхемы стандартной логики, серийно производимые АО «Микрон», имеющие 14 выводов, можно заместить одним типом МБК с

количеством вентилях 3000 шт. Кристалл МБК первого типа будет иметь площадь 1,5×1,65 мм².

МБК второго типа с количеством вентилях 5000 шт. предназначены для замещения микросхем стандартной логики с 16 выводами. Такие МБК 2-го типа будут иметь площадь не более 1,65×1,65 мм².

Указанная площадь кристаллов МБК 1-го и 2-го типов обеспечивает экономическую целесообразность универсализации, а число типоминималов позволяет достичь объёмов серийного производства и амортизировать стоимость фотошаблонов. При этом будут полностью воспроизведены технические характеристики и назначении микросхем и осуществлено полнофункциональное замещение устаревших компонентов.

При проектировании конкретных типов микросхем необходимо достичь компромисса между функциональной гибкостью и простотой реализации. В микросхемах МБК применён способ выбора функции с помощью коммутаторов, которыми являются наборы проводников в верхнем слое металлизации. Коммутаторы обеспечивают электрическую связь внешних выводов с функцией и с линиями задержки. В состав коммутаторов также входят проводники, обеспечивающие блокировку всех оставшихся функций. Структурная схема МБК представлена на рис. 4.

Базовая ячейка поля МБК реализована в виде 4-транзисторной ячейки с объединёнными затворами в ком-

плементарных парах транзисторов и имеет следующие особенности:

- 1) ячейка симметрична относительно пар комплементарных транзисторов;
- 2) размеры транзисторов минимизированы с учётом выполнения правил проектирования;
- 3) конструкция ячейки разработана с учётом разводимости ячеек;
- 4) шины подключения ячейки к источникам питания («Земля» и «Питание») удовлетворяют требованиям ОСТ В 11 0998.

Конструкция ячейки разработана с учётом правил проектирования завода-изготовителя АО «Микрон».

Конструкция базовой ячейки поля МБК позволяет реализовать в поле архитектуру «море вентилях», удовлетворяющую критерию максимальной разводимости, как на уровне библиотечных элементов, так и с точки зрения трассировки.

Унифицированная периферийная ячейка «входа/выхода» МБК включает в себя контактную площадку размером 100×100 мкм, элементы системы защиты от электростатического напряжения, входные каскады, включая триггер Шмитта с управляемым гистерезисом, выходные транзисторы с управляемыми значениями тока нагрузки от 2 до 20 мА и длительности фронта от 0,5 до 1,5 нс.

Для каждого типа микросхемы формируется уникальный шаблон металлизации, с помощью которого выполняется изготовление данной микросхемы с использованием пластин МБК 1-го или 2-го типа. Такой способ является достаточно простым и наиболее надёжным.

Оценка экономической эффективности универсализации микросхем логики

Переход с проектных норм от > 1000 нм на 180 нм позволит в разы увеличить число кристаллов на пластине. Повышение серийности приведёт к росту коэффициента выхода годных и универсализации процессов функционального контроля и сборки

микросхем. Объём складских запасов продукции, который, как правило, поддерживается для малосерийных микросхем, может быть уменьшен на порядки.

Выводы

- Дано краткое описание рынка микросхем стандартной логики.
- Проведена оценка развития микросхем стандартной логики.
- Представлен метод универсализации производства микросхем логики с помощью МБК.

- Представлены два типа МБК в формате «море вентиляей» – для замены микросхем на 14 выводов (тип 1) и 16 выводов (тип 2).
- Показана экономическая эффективность универсализации микросхем.

Литература

1. Боков С.И., Подольский А.Г. Структура экономической модели выполнения опытно-конструкторской работы по созданию радиоэлектронной аппаратуры в условиях реализации задач унификации и импортозамещения

ния электронной компонентной базы // Вооружение и экономика. 2019. № 1 (47).

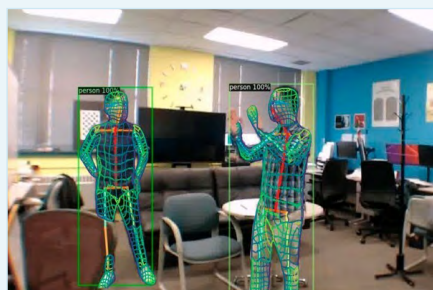
2. Отчёт исследования российского рынка электронных компонентов 2016–2022 // ООО «СовЭл».
3. Статистика IC Insights.
4. URL: <https://www.icinsights.com/news/bulletins/Semiconductor-Sales-To-Rise-At-71-CAGR-Through-2026/>.
5. Отчёт IC Knowledge: IC Cost and Price Model.
6. URL: <http://www.silicon-edge.co.uk/j/index.php/resources/die-per-wafer>.



НОВОСТИ МИРА

Сообщено о технологии слежки за людьми с помощью Wi-Fi-роутера

Исследователи из университета Карнеги-Меллон (Carnegie Mellon University) разработали метод распознавания трёхмерного образа и движений человеческого тела в комнате с помощью Wi-Fi-роутера, сообщает vice.com.



Для этого они использовали систему DensePose, предназначенную для «картографирования» пикселей на поверхности тела человека, изображённого на фото. На этой основе была разработана нейросеть, привязывающая фазы и амплитуды Wi-Fi-сигналов, отправляемых и принимаемых роутером, к координатам на человеческом теле.

Авторы из Карнеги-Меллон пишут, что верят в то, что Wi-Fi-сигналы «могут служить универсальным заменителем» обычных видеокамер, когда речь идёт об обнаружении людей в помещениях. При этом Wi-Fi-сигналам, в отличие от камер, не требуется, чтобы в комнате было достаточно света или отсутствовали физические преграды между ними и объектами наблюдения.

Занятно, что исследователи позиционируют свою технологию как прогресс в деле защиты конфиденциальности, приводя следующие аргументы: «Технологию можно масштабировать, чтобы монито-

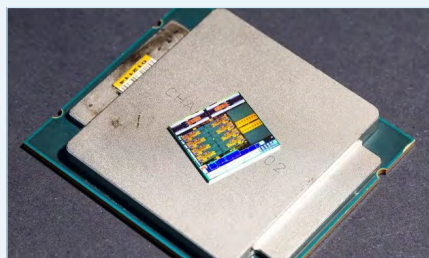
рить условия жизни и быта престарелых или идентифицировать подозрительную активность в доме».

Издание отмечает, что разработки технологий наблюдения за людьми в помещениях без использования дорогостоящих видеокамер или лидаров ведутся давно. Так, в 2013 г. группа исследователей из MIT обнаружила способ «смотреть сквозь стены» с помощью сигналов сотовых телефонов; в 2018 г. другая команда из MIT использовала Wi-Fi, чтобы находить людей в соседней комнате и передавать их движения в схематичном виде.

industry-hunter.com

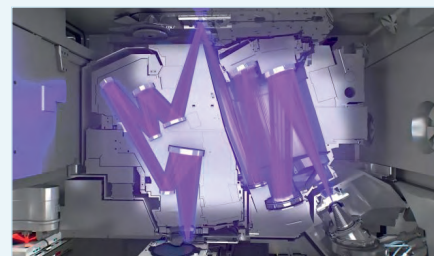
Huawei совершила прорыв в печати микрочипов и обошла санкции США

Компания Huawei запатентовала технологию преобразования ультрафиолетового света для устранения искажений из-за интерференции при работе на предельно малых длинах волн. Эта разработка позволяет ей использовать 10-нанометровый процесс для самостоятельной печати микрочипов. И тем самым не просто обойти санкции США, а бросить вызов всей индустрии производства данных устройств.



Экстремальная ультрафиолетовая (EUV) литография настолько сложна, что нидерландской компании ASML (мировой лидер в области EUV-литографии. – *Прим. ред. Техкульт*) потребовалось 17 лет и более

6 млрд евро инвестиций, чтобы создать коммерческую установку для её применения. В ней капли расплавленного олова дважды облучаются лазером – сначала для придания им формы блина, а потом для его испарения. В результате получается микрооблачко плазмы, которое испускает EUV-свет с нужными параметрами. Процесс происходит с частотой 50 000 раз в секунду.



Данная технология предельно засекречена, доступ к ней имеют лишь пять компаний во всём мире: Intel и Micron в США, Samsung и SK Hynix в Южной Корее и TSMC на Тайване. Другие производители, такие как Huawei, ранее просто заказывали изготовление чипов у TSMC, но после наложения санкций США эта возможность стала недоступной. Повторить технологию чрезвычайно сложно, потому что необходимое EUV-излучение балансирует на границе УФ и рентгеновского спектра.

Однако инженеры Huawei сумели найти выход, применив систему зеркал для борьбы с эффектами интерференции. Исходный луч разделяется на «подлучи», которые передаются на микроскопические зеркала с индивидуальными параметрами вращения. Это позволяет регулировать интерференционные эффекты для их взаимной нейтрализации и в результате складывать все «подлучи» в единый луч с нужными для EUV-литографии свойствами.

techcult.ru

Разработка портативного устройства и комплекса программ для тестирования и настройки многофункциональных аварийных вычислителей-регистраторов

Андрей Васенев (vasenev-aa@yandex.ru)

Многофункциональные аварийные вычислители-регистраторы используются для регистрации параметров состояния поезда метрополитена и являются комплексными изделиями. В процессе их тестирования и настройки применяется специализированное ПО и внешние аппаратные средства, однако некоторые процессы взаимодействия с регистратором могут быть автоматизированы и реализованы в отдельном портативном устройстве. В статье описывается разработка и реализация такого устройства и комплекса программ для его работы.

Введение

Многофункциональный аварийный вычислитель-регистратор производится АО «НИИВК им. М.А. Карцева» и представляет собой малогабаритное бортовое устройство, предназначенное для регистрации параметров состояния поезда метрополитена и сохранения зарегистрированной информации в рабочих и аварийных условиях. Регистратор рассчитан на применение в головных вагонах поездов метрополитена и применяется совместно с прочими системами регистрации данных, которые обеспечивают считывание, обработку, долговременное хранение и отображение зарегистрированной информации.

Регистратор выполняет следующие основные функции:

- принимает сигналы, характеризующие значения параметров состояния поезда, и переводит их в цифровую форму в соответствии с заданными правилами;
- записывает принятые данные в накопитель;
- отображает своё состояние и состояние входных каналов при помощи светодиодных индикаторов;
- обеспечивает возможность считывания записанных данных в персональный компьютер (ПК) при его подключении к регистратору посредством интерфейса Ethernet.

При этом использование подключённого к регистратору ПК не огра-

ничивается возможностью считывания записанных данных и применяется также для считывания диагностической информации и настройки. Для решения таких задач используется специализированное ПО.

Проектирование устройства

При анализе процессов такого взаимодействия с регистратором были выявлены задачи, нуждающиеся в автоматизации, и методы, которые могут быть усовершенствованы, – это задача анализа диагностических журналов, формируемых встроенной программой регистратора и используемых на некотором этапе их тестирования, а также метод установки актуальных даты и времени. Для сокращения времени тестирования многофункциональных аварийных вычислителей-регистраторов и совершенствования метода установки даты и времени было разработано и впоследствии реализовано портативное устройство, а также комплекс программ. В комплекс программ входит встроенная программа работы устройства и прикладная программа, предназначенная для обмена данными с устройством через персональный компьютер (ПК).

Устройством решаются следующие задачи:

- проверка наличия соединения с регистратором;

- загрузка диагностических журналов на внутренний накопитель устройства;
- автоматический анализ загруженных диагностических журналов;
- выгрузка диагностических журналов с накопителя устройства на ПК;
- установка точных даты и времени в регистратор при помощи GPS;
- предоставление человеко-машинного интерфейса для взаимодействия с устройством.

В качестве платы центрального микроконтроллера устройства была выбрана Raspberry Pi Pico с 26-контактным интерфейсом ввода/вывода (GPIO), поддерживающая такие протоколы, как SPI, I²C и UART. Отличительной особенностью платы по сравнению с прочими решениями является встроенная поддержка программирования контроллера на языке MicroPython. Это интерпретируемый язык с синтаксисом стандартного языка Python, созданный специально для работы на микроконтроллерах. Язык прост в освоении и позволяет быстро и эффективно разрабатывать как прототипы программ, так и финальные сборки. Объём и читаемость исходного кода программных модулей значительно снижает сложность программирования, снижая вероятность допущения ошибок и повышая тем самым надёжность и качество работы портативного устройства.

Многофункциональность устройства обуславливает использование нескольких модулей, подключаемых к плате центрального микроконтроллера, а именно: модуля часов реального времени, модуля канала Ethernet, модуля GPS и модуля беспереывного питания. В качестве внутреннего накопителя устройства была выбрана карта памяти MicroSD, размещающаяся в соответствующем слоте на плате памяти. Для эффек-

тивного взаимодействия с устройством было решено использовать OLED-дисплей с небольшой диагональю и индикационные светодиоды; для управления устройством применяются две тактовые кнопки и переключатель питания.

Проектирование интерфейсной печатной платы

При анализе состава устройства взаимодействия с регистратором было решено спроектировать интерфейсную печатную плату, выполняющую следующие задачи:

- обеспечение электрического соединения модулей и платы центрального микроконтроллера;
- крепёж модулей и элементов человеко-машинного интерфейса.

При проектировании взаимного расположения модулей и элементов устройства определяющими факторами стали их габаритные размеры и возможности по подключению. При создании эскиза расположения компонентов устройства в первую очередь использовалась документация на компоненты от производителя-поставщика. Были определены общие габаритные размеры проектируемой печатной платы.

Печатная плата была спроектирована с использованием отечественной САПР Delta Design компании Eremex. Была создана библиотека используемых в устройстве компонентов, разработаны принципиальная схема и непосредственно интерфейсная печатная плата. В процессе формирования библиотеки компонентов использовалась документация (даташиты) на компоненты и ГОСТ 2.743-91 единой системы конструкторской документации «Обозначения условные графические в схемах». При разработке электрической схемы применялся ГОСТ 2.702-2011 единой системы конструкторской документации «Правила выполнения электрических схем». При проектировании печатной платы были учтены ограничения технологических возможностей будущего изготовителя печатной платы – компании «Резонит» с производственной линией в г. Москве.

Спроектированная печатная плата была экспортирована в формате производственных Gerber-файлов и направлена на изготовление.

Разработка комплекса программ

В состав разработанного комплекса программ, как было сказано выше, входят встроенная программа и прикладная. Встроенная программа представляет собой интерпретируемый код на языке MicroPython и предназначена для загрузки в портативное устройство для обеспечения решения им всех поставленных задач. Архитектура программы представляет собой набор программных модулей, разделённых по назначению:

- считывание и обработка сигнала GPS;
- обмен данными по каналу Ethernet;
- автоматический анализ диагностических журналов регистратора;
- обработка действий оператора и отображение информации;
- передача команд отображения на дисплей;
- чтение и запись на карту памяти MicroSD;
- считывание уровня заряда аккумулятора и потребляемого тока;
- главный цикл работы портативного устройства.

При включении устройства запускается главный цикл работы, который абстрагирован от деталей реализации конкретного физического модуля или функционала и оперирует высокоуровневыми методами, предоставляемыми прочими программными модулями. На дисплей выводится меню возможных действий с устройством, переключение и выбор пунктов меню осуществляется тактовыми кнопками. По окончании выполнения выбранной функции на дисплей выводится сообщение о результате, сопровождаемое соответствующим светодиодом. На протяжении всего сеанса работы устройства работают светодиод уровня заряда и статуса аккумулятора ($> 15\%$ заряда, $\leq 15\%$ заряда, заряжается), а также светодиод, сигнализирующий об актуальности времени, отсчитываемого в устройстве.

Прикладная программа представлена в виде меню взаимодействия с подключённым по USB устройством, открывающимся через системный трей ОС Windows. Прикладная программа позволяет выполнить программное подключение и отключение портативного устройства, загрузку диагностических журналов с накопителя устройства в выделенную

директорию на ПК, а также открыть окно настройки параметров взаимодействия с устройством. Программа написана на объектно-ориентированном языке C# с использованием интерфейса программирования приложений Windows Forms.

Реализация проекта

По окончании разработки устройства и закупки всех необходимых вычислительных модулей был создан макетный образец, который использовался в процессе разработки и отладки комплекса программ.

По завершении программирования и изготовления интерфейсной печатной платы был собран и протестирован демонстрационный образец устройства. После завершения этапа проектирования и изготовления корпуса портативное устройство может быть применено на предприятии АО «НИИВК им. М.А. Карцева» для тестирования и настройки многофункциональных аварийных вычислителей-регистраторов, повысив эффективность работы отдела встраиваемых электронных систем.

Литература

1. Документы по САПР Delta Design: [Электронный ресурс] // URL: <https://www.eremex.ru/knowledge-base/delta-design/docs/> (дата обращения: 21.03.2022).
2. Лапин А.А. Интерфейсы. Выбор и реализация. М.: Техносфера, 2005. 168 с.
3. Макконнелл С. Совершенный код. Мастер-класс / пер. с англ. СПб.: БХВ, 2018. 896 с.
4. Одуан К. Измерение времени. Основы GPS / К. Одуан, Б. Гино. М.: Техносфера, 2002. 400 с.
5. Резонит – Технологические возможности производства: [Электронный ресурс] // URL: <https://www.rezonit.ru/directory/tekhnologicheskie-osobennosti-proizvodstva/> (дата обращения: 04.04.2022).
6. Требования к проектированию печатных плат: [Электронный ресурс] // URL: <https://gostost.ru/pechatnie-platy/> (дата обращения: 05.04.2022).
7. MicroPython: [Электронный ресурс] // URL: <https://micropython.org/> (дата обращения: 26.04.2022).
8. Raspberry Pi Documentation: [Электронный ресурс] // URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/microcontrollers/rp2040.html> (дата обращения: 15.02.2022).
9. Waveshare Wiki: [Электронный ресурс] // URL: https://www.waveshare.com/wiki/Main_Page (дата обращения: 24.02.2022).



Причины температурного перегрева электронных компонентов и пути инженерных решений

Антти Эс

Ошибки в конструкторских и инженерных расчётах могут стать причиной температурного перегрева РЭА, что приводит к ненадёжности и отказам устройств. Поэтому разработчики рекомендуют разрабатывать корпус устройства с запасом свободной площади и габаритов, чтобы увеличить тепловой поток и уменьшить тепловое сопротивление. В статье рассматриваются факторы влияния «внутренней» и внешней температуры на надёжность РЭА и способы уменьшения перегрева электронных компонентов.

Независимо от причины перегрева основным и главным следствием перегрева электронного компонента является его повреждение. Повреждение, отказы в работе электронных элементов, как правило, – потенциальное и прямое следствие температурного перегрева. Современные устройства с микропроцессорами склонны к перегреву в связи с тем, что физические размеры компонентов и корпусов стали меньше. Это касается как дискретных элементов, так и интегрированных схем, и в особенности, если компонент по своим расчётным характеристикам не выдерживает чрезмерного нагрева корпуса. Перегрев может быть результатом прямых и косвенных, а также внутренних и внешних воздействий на электронные компоненты. Это обусловлено различными факторами. Тенденция к уменьшению размеров корпусов, связанная с прогрессом в строении кристаллов, обозначившимся ещё в XX веке, – одна из таких причин, но не единственная.

Влияние конструктивных характеристик электронных компонентов на их надёжность

Существует взаимосвязь между электрическими и конструктивными характеристиками, включая расчётный срок службы электронного компонента с диапазоном рабочих температур, поскольку большинство электронных компонентов при воздействии электрического тока выделяют тепло. В экспериментах [2] наблюдались эффекты перегрева одноэлектронного транзистора SET после воздействия условно

большим, приближённым к критическому, током в электрической цепи коммутации; корпус SET нагревался, но непропорционально, и был сделан вывод о том, что температура центрального электрода SET остаётся конечной, поскольку детерминированный ток электрон преодолевает барьер из-за накопленной потенциальной энергии. Это туннельный эффект. Так температурный нагрев вызывает циклическое взаимодействие между электронами.

Чем больше электронов движется в участке полупроводника, к примеру, тонкой кремниевой пластине с тысячами кристаллов, тем больше электронов рассеивает фононы – квазичастицы, квант энергии согласованного колебательного движения атомов твёрдого тела, образующих идеальную кристаллическую решётку. Такое рассеяние препятствует уносу тепла фононами. Отсюда – выделение тепла. В насыщенном компоненте электронном устройстве увеличивается восприимчивость к перегреву ввиду снижения вытяжки теплового потока.

Нагрев отдельного электронного компонента происходит под воздействием следующих факторов:

- тепловое сопротивление между полупроводниковым кристаллом и корпусом прибора;
- тепловое сопротивление между корпусом прибора и охладителем;
- тепловое сопротивление между охладителем и окружающей средой.

Так, возникновение и движение теплового потока через полупроводниковый кристалл в окружающую среду вызывает изменение температуры корпуса элемента; на поверхности корпуса

элемента и на кристалле будет разница температур. На микроуровне нагрев вызывает деградацию, а также деформацию материала. Микротрещины как результат расширения материала способствуют изменению физических свойств материала из-за воздействия тепла. Это обстоятельство важно и для проводящих ток материалов, таких как соединительные дорожки на печатной плате. На макроуровне влияние перегрева отражается отказом РЭА ввиду деградации составляющих их компонентов, цикла причинно-следственных связей и сопутствующих эффектов. Воздействие перегрева на электронные компоненты как на микроуровне, так и на макроуровне увеличивает риск неисправности РЭА. Но каковы методы предотвращения перегрева или уменьшения негативных последствий чрезмерного нагрева?

Некорректно рассчитанное значение рассеяния мощности электронного компонента может провоцировать нагрев даже у конденсаторов, а на микроуровне эффект проявляется в местах, где имеет значение изменение ёмкости участков передачи тока (энергии). Так, условно чрезмерное рассеивание мощности приводит к повышению температуры на участке вокруг элемента, что приводит к превышению ёмкости переходов полупроводников, изменяется коэффициент передачи тока и быстродействие. Другая причина – ток утечки. Относительно высокий ток утечки способствует повышению температуры конденсатора, как и старение (со временем) материалов, из которых изготовлен элемент РЭА; оксидный слой изменяется со временем в том числе под воздействием температуры. Воздействие критичного уровня тока и напряжения на обкладках конденсатора приводит к нагреву элемента. Отчасти поэтому опытный мастер в некоторых простых ситуациях может выявить неисправный элемент (блок) или электрическую цепь, в которой он взаимодействует, тактильным и визуальным осмотром. Обычно сильно нагревающийся дискретный элемент функционирует вне рабочего режима.

Эти особенности «умножаются» на количество компонентов в устройстве и являются нежелательными факторами риска для надёжности электронного оборудования. Установить же индивидуальный охладитель к каждому компоненту в условиях навесного монтажа затруднительно. Существуют обоснованные решения охлаждения модулей – с применением микровентиляторов (снабжённых устройством контроля температуры) для отвода тепла. Это современное направление совершенствования инженерной мысли в области термомоделирования.

Влияние факторов среды

Факторы окружающей среды также приводят к перегреву оборудования. Относительно высокая температура вокруг РЭА может способствовать внутреннему перегреву элементов устройства, особенно при длительном воздействии; так могут меняться свойства электронных элементов, особенно их электрические характеристики и проводимость. К примеру, «неправильное» длительное хранение «интеллектуального» зарядного устройства (авторский опыт) без подключения питания в «сухом» помещении с недостаточной влажностью воздуха рядом с батареей централизованного отопления привело к нарушению свойств конденсаторов сетевого фильтра, оксидных конденсаторов в блоке преобразователя напряжения и, как следствие, последующему ремонту. Надлежащее хранение РЭА в условиях консервации – ещё один важный фактор обеспечения их надёжности в длительной эксплуатации. Но и условно высокое содержание влаги в окружающем воздухе приводит к перегреву эксплуатируемой РЭА; невидимые глазу человека микроиспарения под воздействием нагрева корпусов электронных компонентов, особенно в условиях повышенного пылеобразования, неблагоприятно влияют на загрязнение проводников, контактных площадок, что может привести к разрушению элементов конструкции. Отсюда ещё более актуализируется вопрос разработки корпуса для конкретного устройства с учётом условий будущей эксплуатации. К примеру, в условиях повышенного пылеобразования окружающей среды, и особенно в труднодоступных для регламентных работ местах установки РЭА, уместным будет то решение по теплоотведению, которое связано не

с перфорацией корпуса РЭА, а с принудительным внутренним охлаждением компонентов и, возможно, с применением модулей жидкостного охлаждения или (как вариант) на элементах Пельтье – для соблюдения баланса температурного режима внутри корпуса. В этом случае вариантом технического решения служат вентиляторы и решетки с фильтрами для обеспечения снижения температуры и компенсации выделяемого от оборудования тепла.

Влияние температуры на материалы

Восприимчивость электронного устройства (модуля) к отказу экспоненциально возрастает с температурой. Кроме того, разработчику РЭА важно учитывать специфические эффекты перегрева проводящих ток материалов на основе меди; это наиболее популярный материал в сегменте конструкций с электронными компонентами без особых требований к надёжности. Поскольку есть пути дорогостоящих решений, оправданных при требованиях повышенной надёжности РЭА, сей вопрос остается вариативным, дискуссионным, в зависимости от задачи разработчика. Понятно, что для военпрома (контроля качества военной приёмки) и космической техники требования будут отличаться от предъявляемых, к примеру, к бытовой технике даже высокого уровня интеграции электронных компонент.

Тем не менее имеет значение удельное сопротивление проводников, материал проводников, в частности, выбор материала для дорожек на миниатюрных печатных платах.

Зависимость сопротивления от длины (L) и площади (S) поперечного сечения проводника, а также материала проводника впервые определил Георг Ом. В международной системе единиц удельное сопротивление ρ выражается формулой: $\rho = RS/L$. По этой же формуле определяется связь между электрическим сопротивлением проводника R и его удельным сопротивлением ρ . Величина электропроводимости определяется способностью тела (среды) проводить электрический ток. В единицах измерения сименс ($См$) она обратна электрическому сопротивлению: $g = 1/R$. Под воздействием электромагнитного поля и свойственных ему явлений, возникающих при прохождении переменного тока в проводниках, значение также имеет частота переменного тока и ЭМ-колебаний.

В обычных условиях с учётом электрического сопротивления 1 м провода (в Ом), сечением 1 мм², при температуре +20°C серебро имеет удельное сопротивление 0,015, медь 0,0175, золото 0,023. Так, удельное сопротивление слитка чистого золота вдвое ниже, чем у позолоченного слитка вольфрама. Разумеется, применение посеребрённых проводников удорожает себестоимость конструкции, но и повышает надёжность устройства: чем меньше удельное сопротивление, тем меньше нагрев участка. При ничтожно малых значениях тока в микропроцессорной технике не так критично, как в силовых модулях управления мощной нагрузкой.

Перегрев создаёт поверхность усталостного разрушения медных проводов. Это означает, что чрезмерное нагревание может вызвать непосредственно заметное физическое воздействие на конкретный материал. В случае проводящих материалов, таких как медь, есть фактор «усталостного разрушения», отрицательно влияющий на физические свойства и целостность проводящего материала. На условно перегретом участке образуются микротрещины, что приводит к увеличению сопротивления, а на участках с большим током – к дополнительному нагреву, искрообразованию, ведущему к недопустимому возгоранию. Кроме того, сплавы для пайки компонентов или микроэлементов внутри него подвержены изменению характеристик при относительно высокой температуре.

Ещё один фактор, который важно принять во внимание, – коэффициент теплового расширения материала, ведущий при неблагоприятных обстоятельствах к структурной деформации корпуса электронного компонента из керамики, сплавов лёгких металлов, композитной пластмассы и др. Условно большое тепловое расширение приведёт к деформации конструкции корпуса. Структурная деформация дополнительно приводит к термическому напряжению, влияющему на целостность и надёжность компонента. Проблема усугубляется там и тогда, когда техническое задание и ТУ, рекомендованные разработчиком РЭА, не конкретизируют материалы корпусов электронных компонент конкретной разработки, ибо разные корпуса по-разному меняют конструктивные характеристики от теплового расширения и структурной деформации из-за воздействия высоких уровней тепла. Одно из современных решений – луч-

шение термомоделирования при разработке конструкции корпуса РЭА. В данном случае при разработке электронной конструкции уместно опираться на единый тип «корпусного» исполнения.

Особенности решений по теплоотведению и термостабилизации

Электронное устройство типично состоит из корпуса и внутренних компонентов, выделяющих тепло в рабочем режиме эксплуатации. Тут скрыт конфликт: разработчики стремятся уменьшить корпус (так дешевле и соответствует тенденции в микроэлектронике, что определяется также рыночной конкурентоспособностью устройства), а компактный корпус в принципе затрудняет отвод тепла. Простой способ отвода тепла – метод воздушного охлаждения за счёт теплопроводов и особенно вентиляторов. Однако при условно малой стоимости метод не лишён недостатков, таких как высокое тепловое сопротивление, низкая температура окружающей среды, возможное увеличение уровня шума – при использовании принудительной вентиляции. Кроме того, не всегда возможно задействовать принудительное или естественное конвекционное охлаждение, а именно: для конструкций с высокой степенью защиты от пыли и влаги, для необслуживаемых, неразборных корпусов или тех, что устанавливаются в труднодоступных местах.

Поэтому для охлаждения компонентов РЭА создают конструкции, когда алюминиевый корпус устройства является теплоотводящим фактором. Дополнительная перфорация, в том числе в донной части корпуса, улучшает эффект теплоотведения. Иллюстрация варианта корпуса представлена на рис. 1.

Чтобы увеличить естественную конвекцию воздуха, добавлены отверстия на боковых и верхних гранях корпуса. Причём распределение воздушных потоков при горизонтальном и вертикальном положении корпуса оказалось разным.

Как вариант, в устройствах с естественной конвекцией при охлаждении

уместно рассматривать конструкции с двойным корпусом. Конструкция корпуса состоит из двух частей: внутренней часть с объёмной перфорацией по всему контуру для свободного потока охлаждающего воздуха; наружный корпус – декоративный, с перфорацией только на задней стенке. Один из возможных вариантов проиллюстрирован на рис. 2.

Зазор между внутренним и внешним декоративным корпусом обеспечивает беспрепятственную конвекцию. Охлаждение за счёт теплопроводности основано на фиксированном контакте всей поверхности – металл с металлом. Так, тепло от нагреваемых компонентов за счёт теплопроводности передаётся на внешние поверхности теплоотводящих кожухов [8]. Чтобы справиться с проблемой отвода тепла и дополнительно защитить печатную плату от помех, уместно использовать на одной из плат составной экран, выполняющий сразу два назначения – отвод тепловых потоков и защита от электромагнитных помех. Такой экран соединяется с «общим» проводом оборудования или заземляющим контуром.

Дополнительным фактором теплоотведения в конструкции корпуса РЭА из алюминиевого сплава является его рельефность. Простым способом рельефность обеспечивают с помощью фрезерования участков корпуса. К примеру, можно создать выемки на корпусе под соответствующие места, где на плате смонтированы наиболее теплоизлучающие элементы. Также хорошему теплоотведению способствуют паранитовые прокладки (специальные, с высоким коэффициентом теплопроводности) и термопаста. Очень важно обеспечить надёжный, по всей поверхности, контакт между корпусом, экраном и нагревающимися электронными компонентами.

Вернёмся к типичному, классическому варианту корпуса для РЭА, представленному на рис. 1. Дополнительно повысить эффективность и ускорить процесс охлаждения можно за счёт охлаждения с помощью тепло-

вых трубок. К примеру, такова популярная конструкция из алюминиевого радиатора и основания с медными трубками, напоминающими иголки ежа. Такая технология хорошо отводит тепло за счёт относительно большого объёма поверхности теплоотводящих трубок и расстояния между ними, заполняемого воздушными потоками. Кроме того, конструкция занимает небольшой объём, не создаёт шума и не требует обслуживания.

В каждом конкретном случае моделирования на пути к серийному производству оборудования разработчик рассматривает разные типы теплоотведения: естественную конвекцию, принудительное охлаждение с помощью вентиляторов и модульные системы жидкостного охлаждения. Главная же задача – обеспечить надёжность работы модуля и устройства в постоянном режиме в течение нескольких лет, в соответствии с расчётными значениями наработки до отказа.

Особенности определений наработки до отказа РЭА

В 2017 году в России вышел обновлённый ГОСТ 27.002-2015, где термин «средняя наработка на отказ» переименован в «среднюю наработку между отказами» для большей идентичности с переводом оригинального термина «Mean time between failures» (MTBF). В 2022 году введён в действие ГОСТ 27.102, отменивший действие ГОСТ 27.002-2015, и теперь использование обоих терминов: «средняя наработка между отказами» как универсальный показатель для всех видов распределения и «средняя наработка на отказ» для случая экспоненциального распределения уместно. Среднее время наработки на отказ РЭА – прогнозируемое время между отказами электронных (или даже механических) элементов системы приводящих систему в нерабочее состояние. Термин используется для пригодных к ремонту систем, в то время как среднее время до отказа (MTTF) обозначает ожидаемое вре-

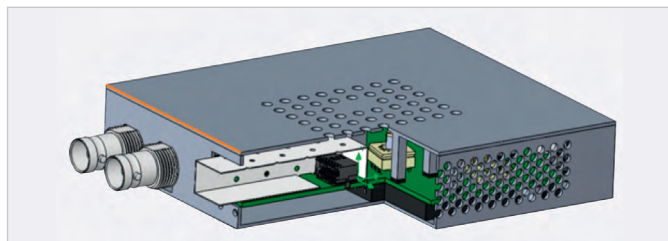


Рис. 1. Корпус из алюминиевого сплава с перфорацией

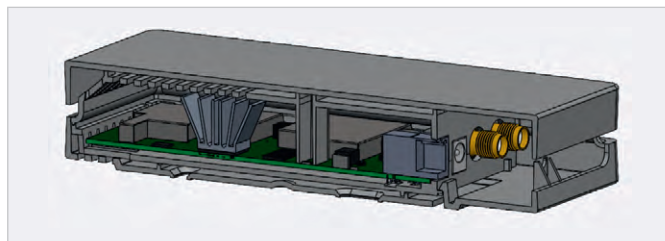


Рис. 2. Конструкция с двойным корпусом

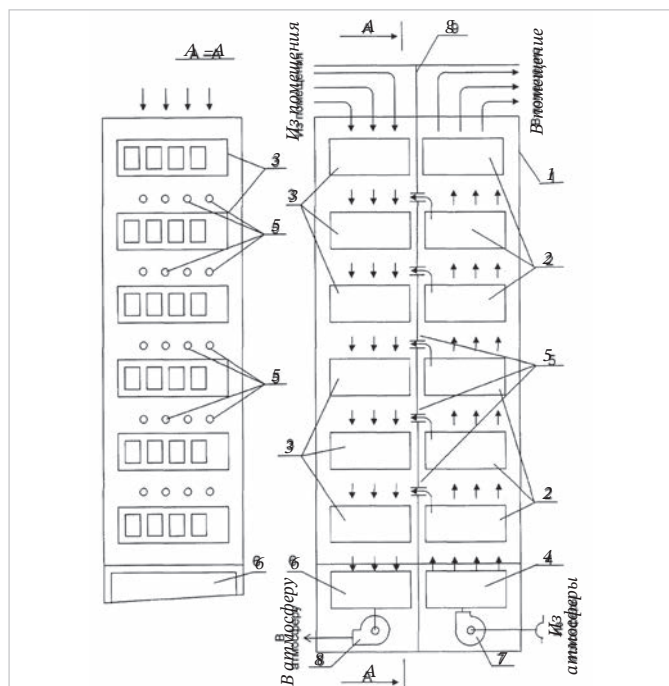


Рис. 3. Схематическое изображение шкафа с нумерованными ссылками на его наполнение

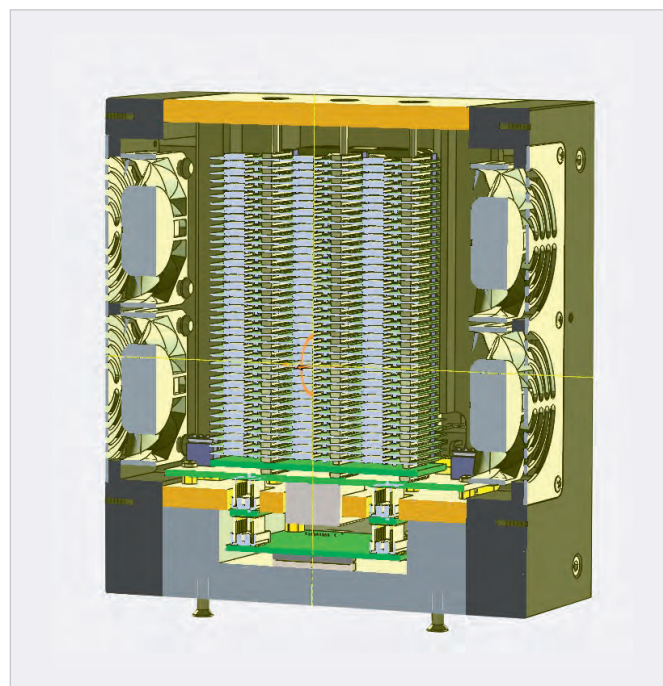


Рис. 4. Вид современного шкафа для обеспечения нормального температурного режима РЭА

мя до отказа для системы, не подлежащей ремонту. Определение наработки на отказ зависит от определения того, что считать отказом. Отказами оборудования, в том числе по причине температурного перегрева, считаются случаи возникновения неисправности, не соответствующие проектным условиям, которые выводят систему из эксплуатации для последующего возможного ремонта. При этом возникающие кратковременные неисправности РЭА, в частности, некорректная или временно нестабильная работа оборудования из-за изменения температурного режима – перегрева, поскольку являются обратимыми при возвращении условий рабочего режима (в том числе температурного) и не выводят РЭА из строя, не считаются сбоями в соответствии с этим определением. Также устройства, выходящие из эксплуатации для проведения планового технического обслуживания или инвентаризации, не рассматриваются в рамках определения отказа. Практический пример [3]: три идентичные системы запускаются одновременно и нормально функционируют до тех пор, пока все три не выйдут из строя. Первая система неисправна через 100 часов, вторая – через 120 часов, а третья – через 130 часов. Нарботка на отказ – среднее значение и составляет 116 667 часов, т.е. если бы такая РЭА не подлежала ремонту, наработка на отказ составляла бы 116 667 часов.

Но это не эфемерная, а, в принципе, полезная норма для прогнозируемых расчётов разработчиков РЭА. Ибо, когда наработка на отказ известна, можно оценить вероятность того, сколько конкретный модуль в составе системы будет работать за время, равное наработке на отказ. Интересно сия проблематика рассматривается в [4] и [5]: в предположении постоянной частоты отказов любая РЭА выдержит расчётную наработку на отказ с вероятностью 36,8% (то есть выйдет из строя раньше с вероятностью 63,2%).

Значение MTBF как условный средний срок службы может использоваться в качестве параметра надёжности РЭА или для сравнения различных систем или конструкций. Но это не количественное тождество между работающими и вышедшими из строя блоками или системами РЭА. Резюме: чем выше прогнозируемая наработка на отказ, тем дольше система проработает до ремонта.

Тенденция к минимизации габаритов РЭА

Предпосылки к такому подходу известны: потребительский спрос на устройства меньшего размера становится выше. Поэтому разработчики РЭА стремятся конструировать корпус с учётом теплопроводящих материалов, перфорации стенок и обеспечения принудительного охлаждения, добавляя обязательный модуль авто-

матического температурного баланса для теплоотведения потоков вне корпуса. Заметна и оправдана тенденция к усилению и конкретизации требований производителя – устанавливать электронные устройства с высокой интеграцией компонентов, к которым предъявляются требования повышенной надёжности в режиме бесперебойной (круглосуточной) работы в особых условиях; речь идёт о специальных открытых и закрытых шкафах с принудительной вентиляцией.

В этом смысле как повод для совершенствования инженерной мысли можно рассматривать запатентованную [6] конструкцию шкафа для РЭА.

На рис. 3 представлено схематическое изображение шкафа с нумерованными ссылками на его наполнение.

Нумерованные ссылки имеют следующее значение. Шкаф содержит корпус 1, разделённый на стойки, в которых размещается аппаратура 2 малой мощности и аппаратура 3 большой мощности. Приточный вентилятор 7 через испаритель 4 холодильной машины соединён с входом стойки с аппаратурой 2, а выход стойки с аппаратурой 3 через конденсатор 6 холодильной машины соединён с вытяжным вентилятором 8. Стойки с аппаратурой 2 и аппаратурой 3 сообщаются между собой посредством отверстий 5 в перегородке 9.

На рис. 4 представлен вид современного шкафа для обеспечения нормального температурного режима РЭА.



Рис. 5. Внешний вид элемента Пельтье TEC1-12706

Более 100 печатных плат расположены «кассетным» форматом. В основе качественного термического моделирования правильный выбор компоновки корпуса для различных модификаций РЭА. В задней части шкафа перенаправлен поток воздуха через область плат.

Технический результат заключается в повышении эффективности термостабилизации РЭА. В нижней части закрытого корпуса шкафа расположены выполненные в виде единого выдвижного блока теплообменник и сквозные каналы с вентиляторами. Выдвижной блок снабжён расположенным над ним радиатором, выполненным из высокотеплопроводного металла как одно целое со сквозными каналами для вентиляторов. Между выдвижным блоком и нижним основанием корпуса имеется полость, через которую сквозные каналы сообщаются с вентиляторами и расположенными вдоль стенок корпуса теплоотводящими каналами для охлаждающей среды.

Если рассматривать такое современное техническое решение, предложенное в [7], то стенки сквозных каналов охлаждаются «холодными» спаями присоединённых к ним термоэлектрических модулей и отбирают тепло у проходящего через каналы воздуха. Тепло от «горячих» спаев термомодулей отводится с помощью хладагента, протекающего через примыкающий к ним змеевик, снабжённый впускным и выпускным патрубками.

Инженерные решения – способы уменьшения перегрева электронных компонентов

Как в шкафах с высокой концентрацией РЭА, так и в частном случае нередко встаёт дилемма в пути решения конструкторской задачи: улучшить



Рис. 6. Внешний вид жидкостной системы охлаждения ID-COOLING (Auraflow X 240 Evo)

ние теплообмена при допустимом увеличении размеров оборудования (что непопулярно из-за рассмотренных выше тенденций минимизации габаритов оборудования в угоду его конкурентной способности) или же применение специальных решений для охлаждения. Во втором случае уместно (по аналогии) обратить внимание на системы охлаждения, применяемые в кулерах-диспенсерах (охладителях воды), кулерах-электровентиляторах, вентиляторах для микропроцессорного оборудования, в том числе компьютерной технике. На рис. 5 представлен вариант локального охладителя размерами 40×40 мм – термоэлектрический преобразователь элемент Пельтье TEC1-12706.

Разновидностей локальных термопреобразователей много, они удобны для монтажа, с помощью термопасты закрепляются к охлаждаемой поверхности, легко управляемы от источника постоянного тока напряжением 9–15 В, компактны, служат долго, а потому популярны. Модули Пельтье выпускаются разных размеров, соответственно производительности, для низковольтного питания наиболее популярны типа 12705–12715. Опасность неисправности – только их механическое повреждение.

Элементы Пельтье обозначаются ТЕС (от англ. Thermoelectric Cooler – термоэлектрический охладитель). Принцип действия термоэлектрического преобразователя базируется на эффекте Пельтье – возникновении разности температур при воздействии электрического тока. Термоэлектрический генераторный модуль Пельтье маркируется как GM или TGM. При-

чём источник тепловой энергии для нагрева преобразователя может быть разным, к примеру, газовая или бензиновая горелка, твердотопливная печь и др. В рассматриваемой нами проблематике разработчики совершенствуют идею «взаимного» охлаждения элементов РЭА, то есть модуль Пельтье можно ориентировать (и закрепить) тепловой стороной к источнику тепла (нагрева) одного из элементов в корпусе РЭА и зафиксировать стороной «охлаждения» к другому элементу, нуждающемуся в коррекции температур в рабочем режиме. Как вариант, к стороне охлаждения модуля добавляются миниатюрный электрический вентилятор для создания принудительной конвекции воздуха.

Ещё один вариант принудительного охлаждения электронных компонентов и модулей – жидкостный. На рис. 6 представлена жидкостная система охлаждения производителя ID-COOLING модели Auraflow X 240 Evo.

На примере охлаждения для внутренних компонент РЭА и корпусов представлена необслуживаемая система жидкостного охлаждения с двумя вентиляторами с диаметром 120 мм и высотой 25 мм. Размер радиатора 276×120×27 мм, размер жидкостного блока 82×72×48 мм. Скорость вращения вентиляторов 700–1800 об/мин при уровне шума соответственно 18–35 дБ обеспечивает воздействие на охлаждаемый компонент воздушного потока в 74,5 CFM. Совместимый сокет AM4; LGA 1150; LGA 1151; LGA 1155; LGA 1200; LGA 1700; LGA 2011; LGA 2066; s1156.

На рис. 7 представлен жидкостный блок, а на рис. 8 – радиатор охлаждения к системе Auraflow X 240 Evo.

Конфигурация «кулер + радиатор» известна пользователям стационарных компьютеров. Термопаста и термопрокладки между чипами и радиатором используются для эффективного теплоотведения. По тому же принципу с нагнетанием воздуха, но без водяного охлаждения и, соответственно, с радиатором другой формы, функционируют кулеры для охлаждения сокетов микропроцессорной техники. Но особенно важно обеспечить надлежащий уровень температурного режима с помощью принудительного охлаждения в электрических шкафах управления, где размещается дорогостоящее оборудование в ограниченном пространстве. Апро-

бированным инженерным решением для охлаждения электронных компонентов в шкафах управления и автоматики являются также вентиляторы с фильтрами. Термо моделирование наиболее удачно в проектах с комбинированным охлаждением, где учитывается и теплопроводность, и принудительная конвекция. Для системного размещения РЭА в одном месте – это наиболее перспективный способ совершенствования инженерной мысли в области стабилизации температурного режима как фактора увеличения надёжности РЭА.

Литература:

1. Воздействие тепла на электронные компоненты. URL: <https://oshav.ru/blog/vozdeystvie-tepla-na-elektronnye-komponenty/>.
2. Теплоотвод в силовых электронных приборах. URL: <https://studfile.net/preview/6270824/page:27/>.
3. Среднее время между отказами. URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.5a472766-63b56361-57ba5c32-



Рис. 7. Жидкостный блок

74722d776562/https://en.wikipedia.org/wiki/MTTF#Calculation.

4. Lienig J., Bruemmer H. Анализ надёжности. Основы проектирования электронных систем. Springer International Publishing. С. 45–73.
5. Обзор надёжности и наработки на отказ. Vicor Reliability Engineering. URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.5a472766-63b56361-57ba5c32-



Рис. 8. Радиатор охлаждения к системе Auraflow X 240 Evo

74722d776562/https://www.vicorpower.com/documents/quality/Rel_MTB.pdf.

6. Москаленко С.В., Фиделин А.Г., Малышев В.А. Шкаф РЭА. Патент RU2267240C1_20051227. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2267240C1_20051227.
7. Исмаилов Т.А., Цеханская Т.Э., Салманов Н.Р. и др. Шкаф для охлаждения РЭА. Патент RU2203523C2. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/93/e0/8e/7167dbf617cbb4/RU2203523C2.pdf>.
8. Охлаждение электроники: термо моделирование при разработке конструкции корпуса. URL: <https://habr.com/ru/post/573350/>. ©

НОВОСТИ МИРА

Российские операторы заказали отечественные базовые станции на 100 млрд рублей

Заместитель главы Минцифры РФ Дмитрий Ким заявил, что российские операторы заключили контракты с отечественными производителями базовых станций для мобильных сетей связи более чем на 100 млрд руб. Он сообщил, что по этим контрактам до 2030 года будет поставлено около 75 тыс. базовых станций.



Операторы подписали форвардные контракты более чем на 100 миллиардов рублей. Общий объём до 2030 года – порядка 75 тысяч базовых станций. Уже с 2028 года они должны будут закупать исключительно отечественные базовые станции. Переход на российское оборудование будет поэтапным. Это позволит убедиться в полном соответствии требованиям к оборудованию и распределит финансовую нагрузку, сообщил Дмитрий Ким.

Также он добавил, что контракты подписаны с двумя поставщиками оборудования. Ранее Минцифры заверило, что уход телекоммуникационных компаний Nokia (Финляндия) и Ericsson (Швеция) с российского рынка не повлияет на качество мобильной связи.

В конце декабря 2022 года стало известно, что операторы «большой четвёрки» (МТС, «Билайн», «МегаФон», Tele2) заключили форвардные контракты на поставку отечественных базовых станций на свои сети. Поставки начнутся с 2025 года.

industry-hunter.com

Китайцы представили систему на кристалле собственной разработки с собственным же GPU

Однокристальная система LS2K2000 получила два процессорных ядра LA364, способных работать на тактовой частоте до 1,5 ГГц.

Китай активно наращивает импортозамещение в деле электроники, в том числе в самых наукоёмких её областях. Например, местная компания Loongson только что представила однокристальную систему собственной разработки LS2K2000, особенно интересную тем, что она также получила и оригинальный китайский графический процессор.



Конечно, на данный момент китайской новинке далеко до аналогичных решений от американских гигантов, но начало уже неплохое! Однокристальная система LS2K2000 получила два процессорных ядра LA364, способных работать на тактовой частоте до 1,5 ГГц, и 2 МБ общей кэш-памяти второго уровня. Зато новинка получилась крайне экономичной – в производительном режиме система на кристалле потребляет 9 Вт, а в сбалансированном энергозатраты и вовсе падают до скромнейших 4 Вт.

Однокристальная система поддерживает DDR4-2400 ECC, PCIe 3.0, SATA III, USB 3.0, HDMI+DVO, GNET и GMAC, SDIO и eMMC. Тем временем TECNO также представила свой концепт инновационного складного смартфона.

ichip.ru

Синхронная запись АЧХ поля атмосфериков на разнесённых по широте авроральных обсерваториях (экспериментальные данные)

Алексей Галахов, Алексей Галкин

Данная работа является продолжением цикла работ, посвящённого тематике применения программируемых аналоговых (AN221E04) и цифровых (PIC18F452) интегральных микросхем для разработки нестандартной геофизической аппаратуры [1, 2].

В работе представлены экспериментальные данные АЧХ поля атмосфериков, зарегистрированного одновременно на двух разнесённых по широте обсерваториях Полярного геофизического института РАН [Ловозеро (67,97°N, 35,02°E) и Баренцбург (78,08°N, 14,22°E)] во время вспышек на Солнце класса В, М (09.11.2021).

Используемая приёмно-регистрирующая аппаратура была разработана в ПГИ на основе программируемых аналоговых (AN221E04) и цифровых (PIC18F452) интегральных микросхем, что дало возможность получить высокую точность обработки аналоговых сигналов (не хуже 1%). Это позволило сопоставлять результаты регистрации, выполненные в разных точках наблюдений, с численным моделированием процессов в нижней ионосфере Земли.

Результаты первичной обработки экспериментальных данных показали, что вариации АЧХ поля атмосфериков могут стать дополнительным индикатором состояния солнечной активности и солнечных вспышек.

Введение

Изучение физики атмосферы остаётся актуальным и в наши дни, поскольку всегда имеется потребность в корректировке физической модели ионосферы с использованием оперативно получаемых экспериментальных данных. Любая модель ионосферы не может охватить и предсказать всех факторов, влияющих на состояние плазмы, вызванных вспышками на Солнце.

Интерес к данному исследованию объясняется тем, что изменения интенсивности солнечного ветра, связанные со вспышками на Солнце, являются главной причиной появления основных геофизических явлений. Три вида солнечного излучения (электромагнитное, протоны, низкоэнергичная плазма) особенно влияют на процессы в верхней атмосфере и приводят к возникновению различного вида геофизических явлений (внезапные ионос-

ферные возмущения, магнитные бури, полярные сияния). Каждый из этих факторов по-разному воздействует на околоземное пространство (магнитосферу, ионосферу).

Причём полоса импульсного электромагнитного излучения простирается в широком диапазоне длин волн: от жёсткого рентгеновского излучения (10^{-9} см) до километровых радиоволн (10^6 см). Время распространения указанных видов солнечного излучения до Земли соответственно составляет: 8,3 мин, несколько часов, 1–2 суток [3].

Состояние активности Солнца определялось по архивным данным X-Ray Flux геостационарного спутника GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) [4, 5]. Рентгеновские данные спутника GOES являются хорошим индикатором того, что солнечная буря движется по направлению к Земле.

Приведена синхронная запись АЧХ поля атмосфериков, зарегистрированного на двух разнесённых по широте авроральных обсерваториях ПГИ: Ловозеро (Мурманская обл., 67,97°N/35,02°E) и Баренцбург (арх. Шпицберген, 78,08°N/14,22°E) во время солнечных вспышек мощностью класса В и М [4].

Аппаратура

Данная работа является продолжением цикла работ, посвящённого применению программируемых аналоговых (AN221E04) и цифровых (PIC18F452) интегральных микросхем для разработки нестандартной геофизической аппаратуры.

Целесообразность применения ПАИС Anadigm обусловлена высокими техническими характеристиками [6]:

- низкий уровень собственных шумов ($U_{\text{ш}} = 0,13$ мкВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$), достигнутый из-за того, что внутренняя структура микросхемы выполнена по дифференциальной схеме;
- высокая точность обработки аналогового сигнала, которая обусловле-



Рис. 1. Общий вид рамочных ОНЧ-антенн (арх. Шпицберген)

на тем, что, в отличие от цифровых систем, где сигнал дискретен по времени и квантован по уровню, в дискретно-аналоговых системах сигнал дискретен только во времени;

- наличие на входах ПАИС anti-aliasing фильтров, которые устраняют эффект наложения спектра.

В данном эксперименте для приёма и частотного анализа п. а. на каждой обсерватории использовались два идентичных комплекта приёмно-регистрирующей аппаратуры.

Состав аппаратуры:

- два комплекта приёмников ОНЧ-диапазона (400...7500 Гц) с ортогональной ориентацией входных рамочных антенн [7];
- последовательный анализатор спектра поля атмосфериков [2].

Ортогональная ориентация входных рамочных антенн даёт возможность оценить вклад каждой компоненты H_x , H_y в горизонтальную составляющую магнитного поля атмосфериков. Общий вид рамочных ОНЧ-антенн представлен на рис. 1.

Особенности построения последовательного анализатора спектра вызваны импульсным характером поля атмосфериков и широким динамическим диапазоном входных сигналов. Режим динамической реконфигурации, который предусмотрен в ПАИС Anadigm, позволяет программным способом менять структурную схему устройства и задавать его технические характеристики.

Это дало возможность путём включения подпрограммы «обнуления» уменьшить погрешность измерения амплитуды, вызванной эффектом «звона» фильтра при действии импульсного сигнала. Режим «обнуления» включается после записи каждой спектральной составляющей п. а.

Структура построения аппаратуры позволяет легко тиражировать её с идентичными параметрами, и тем самым имеется возможность для организации сети геофизических наблюдений.

Экспериментальные данные

Для того чтобы идентифицировать влияние различных факторов воздействия солнечной вспышки (электромагнитный импульс, поток космических лучей, корональные выбросы) на состояние нижней ионосферы Земли, рассмотрен случай двух солнечных вспышек разного класса (В, М)

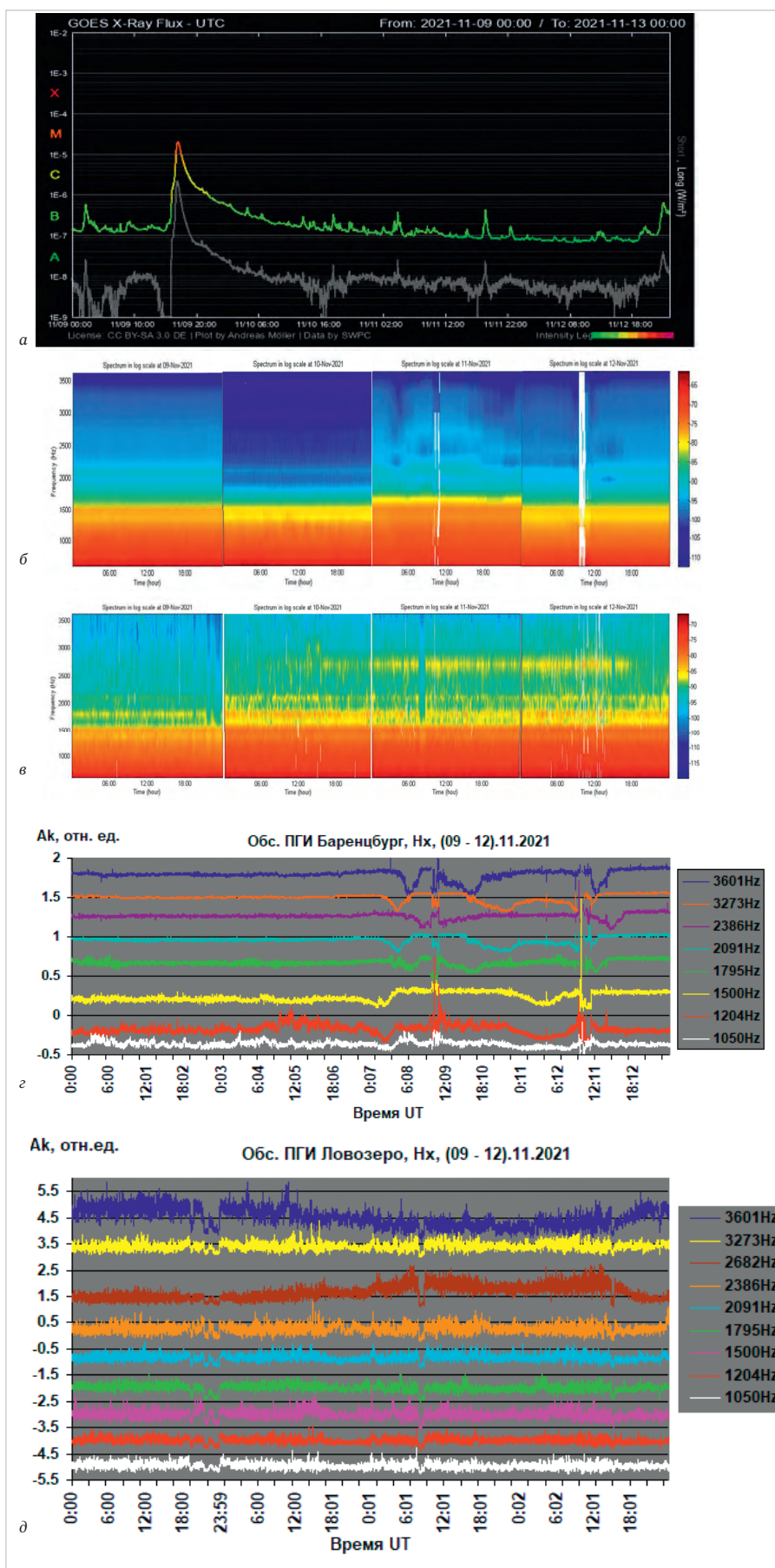


Рис. 2. Сравнительная 4-суточная запись [09.11.2021–12.11.2021] солнечной активности GOES X-Ray Flux и АЧХ магнитной H_x компоненты поля атмосфериков: а) GOES X-Ray Flux: 2021-11-09_000000–2021-11-13_000000 [4]; б) сонограмма компоненты H_x п. а., obs. ПГИ Баренцбург; в) сонограмма компоненты H_x п. а., obs. ПГИ Ловозеро; г) АЧХ компоненты H_x п. а., obs. ПГИ Баренцбург; д) АЧХ компоненты H_x п. а., obs. ПГИ Ловозеро

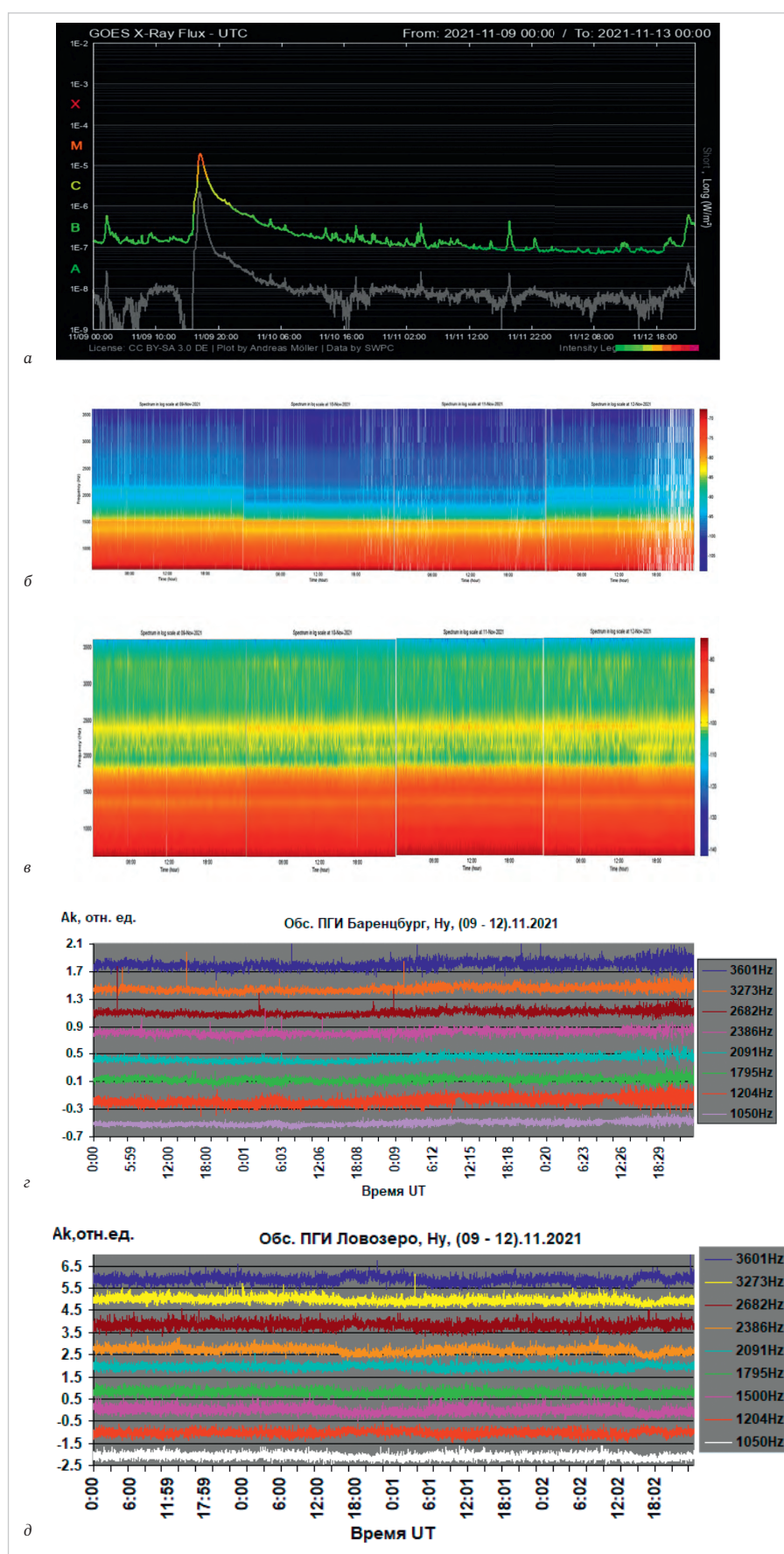


Рис. 3. Сравнительная 4-суточная запись [09.11.2021÷12.11.2021] солнечной активности GOES X-Ray Flux и АЧХ магнитной H_x компоненты поля атмосфериков: а) GOES X-Ray Flux: 2021-11-09_000000–2021-11-13_000000 [4]; б) сонограмма компоненты H_x п. а., obs. ПГИ Баренцбург; в) сонограмма компоненты H_x п. а., obs. ПГИ Ловозеро; г) АЧХ-компоненты H_x п. а., obs. ПГИ Баренцбург; д) АЧХ-компоненты H_x п. а., obs. ПГИ Ловозеро

на фоне спокойного состояния Солнца (09.11.2021).

В связи с тем, что задержка реакции ионосферы на солнечную вспышку зависит от фактора воздействия и составляет от нескольких минут (электромагнитный импульс) до трёх суток (корональный выброс), будут рассмотрены АЧХ поля атмосфериков в различных временных масштабах.

На рис. 2, 3 представлена 4-суточная (09.11.2021–12.11.2021) синхронная запись X-Ray Flux (GOES) и АЧХ поля атмосфериков (п. а.) отдельно по компонентам H_x (рис. 1), H_y (рис. 2), одновременно зарегистрированных на двух обсерваториях в период солнечных вспышек мощностью класса В [(02:00) 09.11.2021] и М [(15:20) 09.11.2021].

В связи с широким динамическим диапазоном спектральных составляющих сигнала п. а. в полосе частот $\Delta F = (0,6–3,6)$ кГц и для лучшей наглядности вариации амплитуды каналов на графиках АЧХ представлены в относительных единицах. Белые полосы на сонограммах (рис. 1в, 2б) означают отсутствие данных в представленный момент времени.

На рис. 4 представлена суточная (09.11.2021) синхронная запись GOES X-Ray Flux и АЧХ компонентов H_x поля атмосфериков, одновременно зарегистрированных на двух обсерваториях ПГИ в период солнечных вспышек мощностью класса В [(02:00) 09.11] и М [(15:20) 09.11] 2021 г.

Анализ представленных характеристик показал широтную зависимость АЧХ поля атмосфериков при действии солнечной вспышки, что подтверждает сложную конфигурацию магнитного поля околоземного космического пространства (области как замкнутых, так и разомкнутых силовых линий). Наличие области полярного каспа (широты $75–80^\circ$), где интенсивность геомагнитного поля очень низкая, подтверждено регистрацией возмущения п. а. только на obs. ПГИ Баренцбург (рис. 3б), как результата воздействия солнечной вспышки класса В ($6 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2$). Отсутствие временной задержки между солнечной вспышкой и возмущением п. а. в виде девиации критической частоты волновода Земля-ионосфера [(909–1500) Гц], а также то, что область наблюдения находилась в тени Солнца, даёт основание считать, что фактором воздействия солнечного излучения является электромагнитный поток.

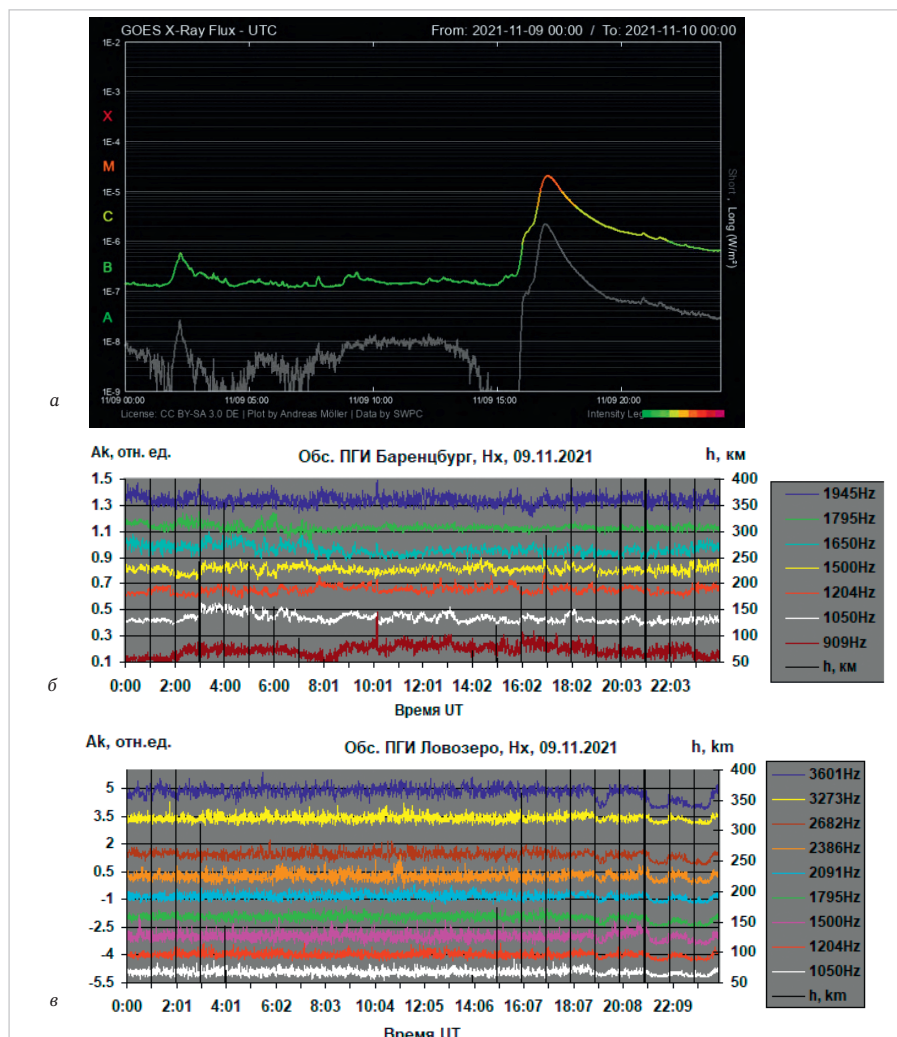


Рис. 4. Суточная запись солнечной активности GOES X-Ray Flux и АЧХ магнитной Hx компоненты поля атмосфериков (09.11.2021): а) X-Ray Flux, (GOES): 2021-11-09_000000–2021-11-10_000000 [5]; б) АЧХ-компоненты Hx п. а., obs. ПГИ Баренцбург; в) АЧХ-компоненты Hx п. а., obs. ПГИ Ловозеро

Результаты первичной обработки экспериментальных данных показали, что вариации АЧХ поля атмосфериков могут стать дополнительным индикатором состояния солнечной активности и солнечных вспышек.

Литература

1. Галахов А., Ахметов О. Ультразвуковой анемометр на программируемых аналоговых ИС Anadigm // Современная электроника. 2009. № 4. С. 36–38.
2. Галахов А., Косолапенко В., Ларченко А. и др. Анализатор спектра поля атмосфериков на реконфигурируемых ПАИС Anadigm // Современная электроника. 2019. № 7. С. 62–66.
3. Кривоуцкий А.А., Репнев А.И. Воздействие космических факторов на озоносферу Земли. М.: Геос, 2009.
4. GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite). URL: https://www.polarlicht-vorhersage.de/goes/2020-11-09_000000_2020-11-13_000000.png.
5. GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite). URL: https://www.polarlicht-vorhersage.de/goes/2020-11-09_000000_2020-11-10_000000.png.
6. Datasheet AN221E04: URL: http://www.anadigm.com/_doc/DS030100-U006.pdf.
7. Галахов А.А., Ахметов О.И. Комплекс аппаратуры для регистрации импульсной компоненты электромагнитного поля очень низкой частоты // Приборы и техника эксперимента. 2011. № 3. С. 136–142.



НОВОСТИ МИРА

Когда российская вычислительная техника полностью вытеснит импортную

Председатель комитета Госдумы по информационной политике, информационным технологиям и связи Александр Хинштейн рассказал на пресс-конференции, посвящённой итогам осенней сессии, что в России вычислительная техника отечественного производства полностью заменит импортную к 2028 году.

Хинштейн подчеркнул, что, если не перейти полностью на российскую вычислительную технику, не получится добиться подлинного цифрового суверенитета. Также политик отметил, что на 2023 год такую задачу ставил президент Путин.

Кроме того, Александр Хинштейн рассказал, что доля российской вычислительной техники едва превышает 11% от общего объёма

ма внутреннего рынка. При этом только 16% систем хранения и лишь 28% всех используе-



мых в стране серверов производятся в России.

По его словам, он общался на эту тему с главой Минцифры Максудом Шадаевым, а вместе с ним Минпромторг и правительство уверяют, что на российское оборудование страна полностью перейдёт к 2028 году. На все 100% «линейка будет закрыта к 2028 году».

«Невозможно достичь технологического суверенитета, не уходя от импортозависимости», – подчеркнул Александр Хинштейн.

ferra.ru

В России покупатели всё чаще начали судиться с продавцами электроники

В России и физические, и юридические лица всё чаще судятся с продавцами электроники. На сегодняшний день известно об исках к «МегаФону», re:Store, «Ситилинку» и «М.Видео-Эльдорадо».

Суммы исков, которые истцы хотят взыскать с продавцов, составляют 14–250 млн рублей. Юристы даже считают, что некоторые торговые сети могут стать банкротами.

Основные претензии заключаются в условии логистики и увеличении сроков поставок в силу ухода зарубежных компаний с российского рынка. Также претензии связаны с исполнением обязательств по договорам: поставками товаров, арендой, возмездным оказанием услуг и т.д.

ferra.ru



ЧИТАЙТЕ В КОМФОРТЕ



ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА «СТА»

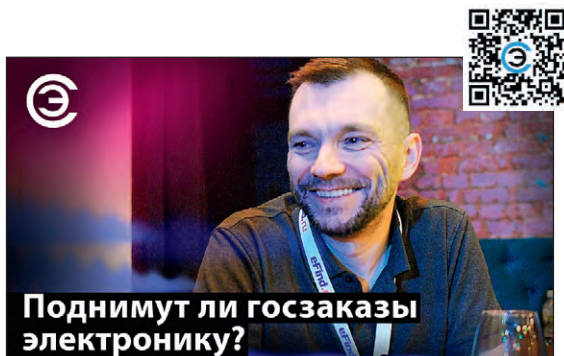
подписка с гарантированной доставкой



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

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

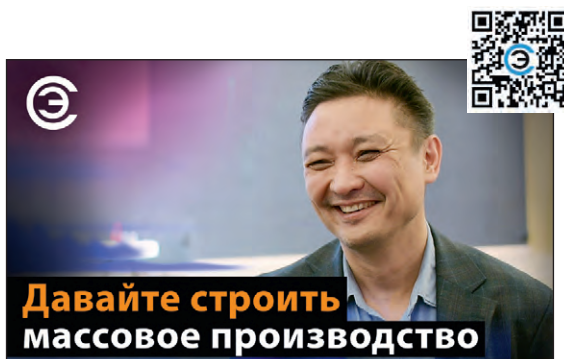
Смотрите на канале **СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**



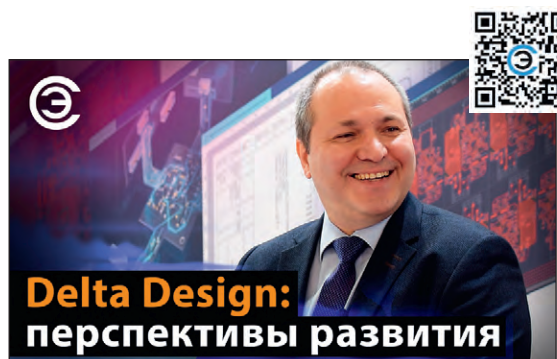
Александр Борисов



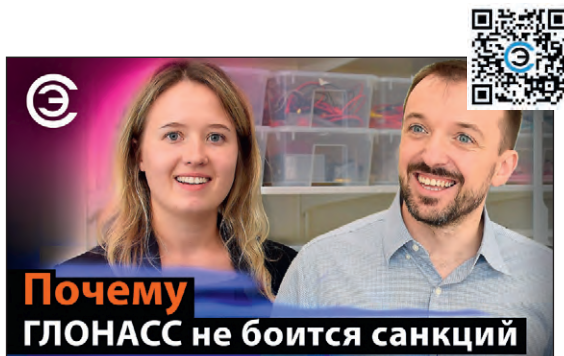
Лев Теверовский, АСКОН



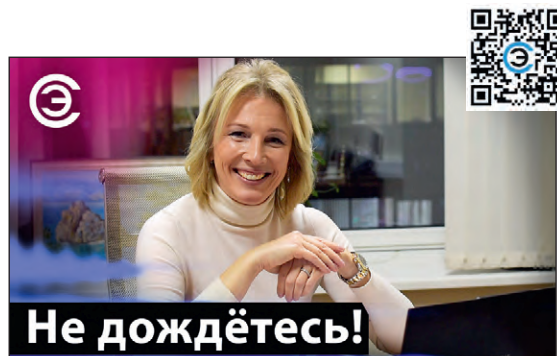
Айрат Хисамов, ООО «Стратнанотек»



Сергей Пилкин, ЭРЕМЕКС



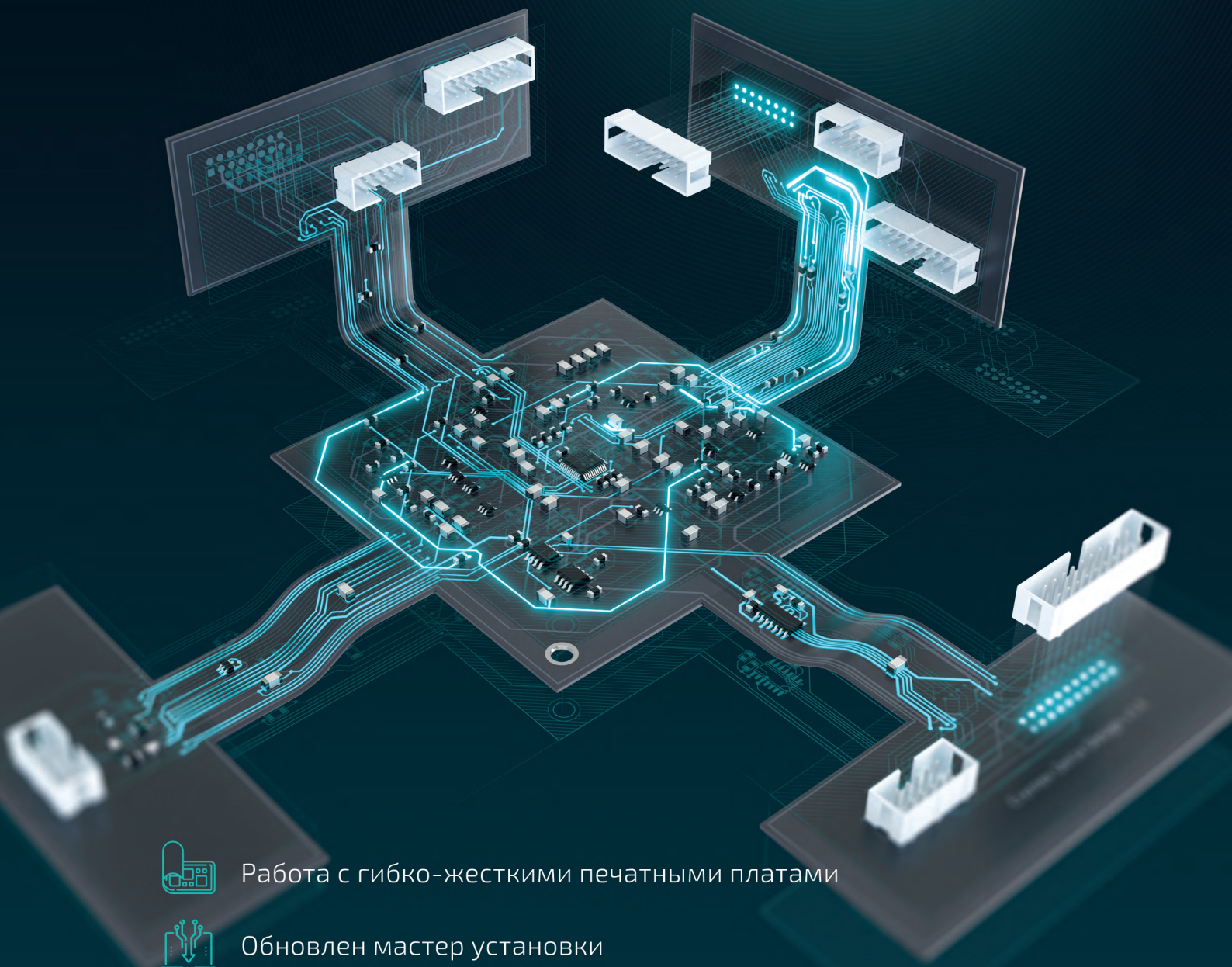
Илья Корогодин и Елена Волнухина,
Лаборатория Навигационных Систем



Светлана Легостаева, АНО «Консорциум «Вычислительная техника» / Часть 1

DeltaDesign 3.6

Новая версия российской САПР электроники



Работа с гибко-жесткими печатными платами



Обновлен мастер установки



Добавлены дисперсионные линии задержки в SimOne



Обновлены менеджер библиотек, редактор печатных плат, схемотехнический редактор



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