

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

6

2022

▶ YouTube



В номере:

Уроки импортозамещения
от MT Microsystems

Проектирование устройств вывода
информации в Proteus 8.11. Часть 2

100 лет патриарху отечественного
радио- и телевидения

Полупроводники и ионизирующие
излучения. Часть 2

**ВРЕМЯ
ПЕРЕХОДИТЬ
НА ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ
КОМПЛЕКТУЮЩИЕ**



АО «Завод «Снежень»
WWW.SNEGET.RU



СНЕЖЕТЬ
Разработка и производство электрических соединителей

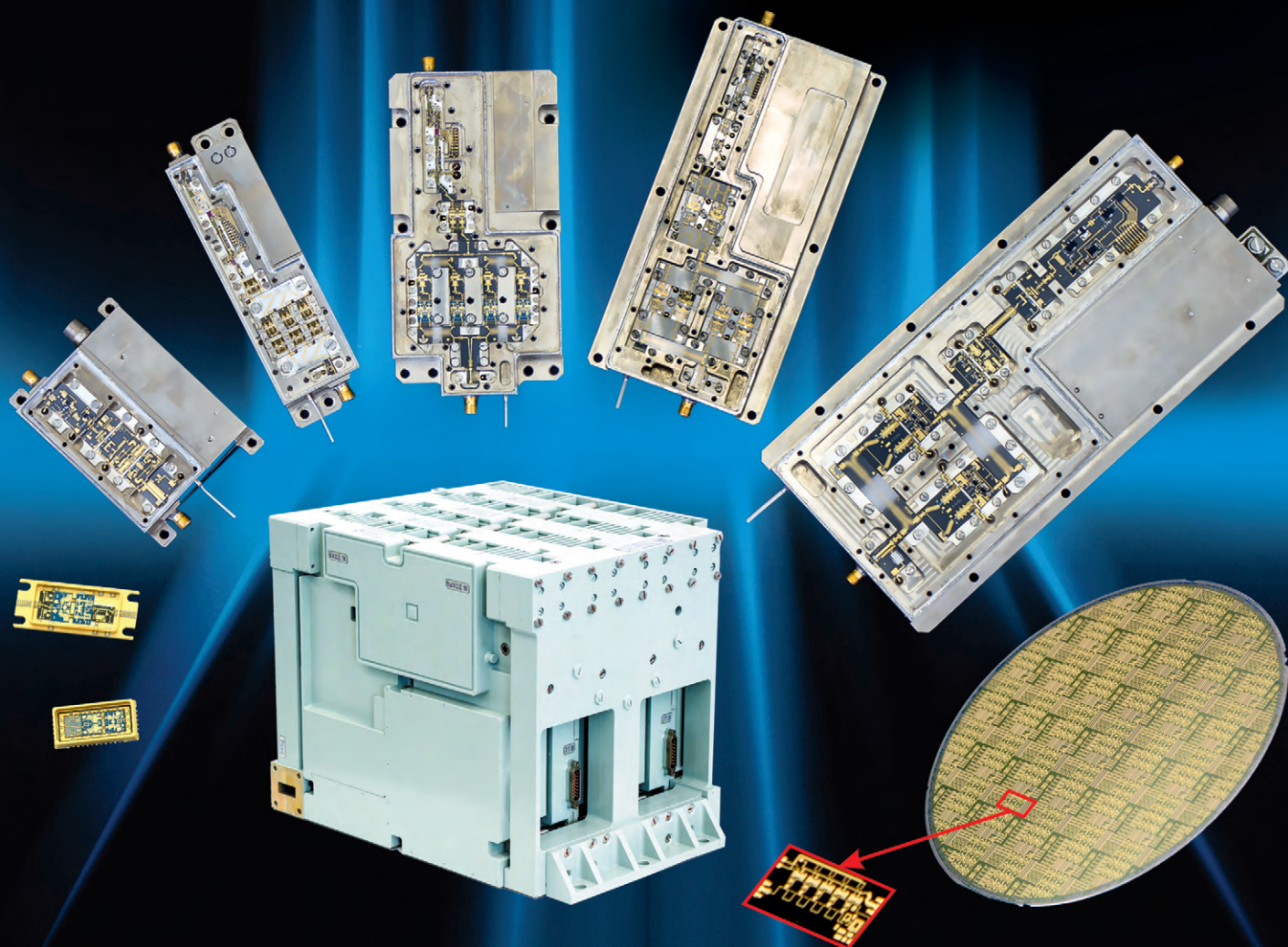


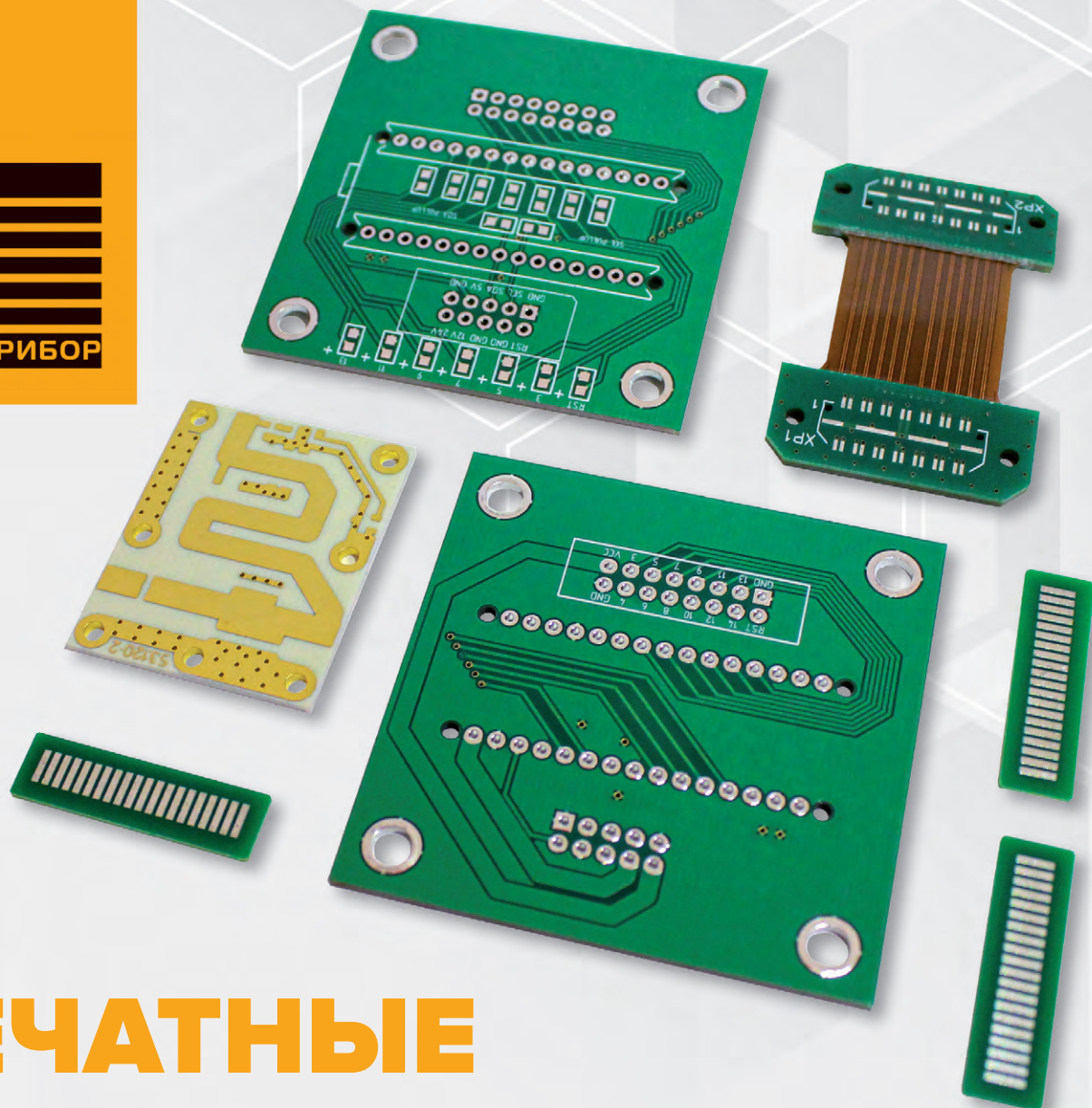
ИНТЕЛЛЕКТ. КАЧЕСТВО.

АО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»
Москва, Щелковское шоссе, д.5, стр.1
Тел. (499) 644-21-03, (499) 644-25-62
(многоканальный)
Факс +7(499) 644-19-70
E-mail: mwsystems@mwsystems.ru
www.mwsystems.ru

- СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ТЕХНОЛОГИИ
- ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ ЦЕНА/КАЧЕСТВО
- ПОЛНЫЙ СПЕКТР УСЛУГ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРОИЗВОДСТВУ МОНОЛИТНЫХ И ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ, ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЧ-УСТРОЙСТВ И БЛОКОВ РЭА (0,3 - 22 ГГц)

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»





ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

**РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПО ТЗ ЗАКАЗЧИКА
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ДО 5 КЛАССА ТОЧНОСТИ**

ХАРАКТЕРИСТИКА	ОДНОСТОРОННИЕ, ДВУСТОРОННИЕ И МНОГОСЛОЙНЫЕ	ГИБКО-ЖЕСТКИЕ
Используемые материалы	FR4, FR4 HiTg, Rogers	FR4 HiTg, Rogers 4000 серии, полиимиды Taiflex, Shengyi, Dupont Pyralux
Макс. количество слоев	■ Для плат на FR4 до 20 слоев ■ Для плат на Rogers до 10 слоев	■ Жесткая часть до 12 слоев ■ Гибкая часть до 6 слоев
Размер рабочего поля	■ Для FR4 400 × 300 мм ■ Для Rogers 250 × 180 мм	250 × 180 мм
Финишные покрытия	■ ПОС-63 ■ Иммерсионное золочение ■ Иммерсионное олово ■ Иммерсионное серебро	■ Иммерсионное золочение ■ Иммерсионное олово ■ Иммерсионное серебро
Технологические возможности	Минимальный зазор между проводниками: 0,1 мм	
	Минимальная ширина проводника: 0,1 мм	
	Минимальный диаметр переходного отверстия: 0,2 мм	
	Минимальная площадка переходного отверстия: 0,4 мм	

Реклама





Здравствуйте, уважаемые друзья!

В этом номере журнала мы рады представить вашему вниманию статьи – доклады студентов и аспирантов Российского технологического университета МИРЭА. Мы верим, что технологическое будущее страны в руках таких неравнодушных энтузиастов своего дела. В условиях ужесточающихся санкций все наши надежды связаны с возрождением отечественной технологической базы на новом, конкурентном уровне. В связи с этим пристальное внимание привлекают отечественные разработки и успехи в развитии технологий. Если вам есть что сказать инженерному сообществу, милости просим к нам, в «Современную электронику», где всегда рады знакомству с новыми авторами.

Мы по-прежнему работаем для вас, собирая самые интересные статьи и новости. Заходите на сайт журнала, подписывайтесь на наш YouTube-канал, смотрите наши репортажи и делитесь ссылками на них со своими 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, 2022

**ЧИТАЙТЕ
ЖУРНАЛ** 

В ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ

на сайте soel.ru

после простой регистрации

и

В ПЕЧАТНОЙ ВЕРСИИ

по подписке

СОДЕРЖАНИЕ 6/2022

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

AdvanteX	9
AdvantiX	3-я стр. обл.
Delta Design	33
EA Electro-Automatic	17
ДОЛОМАНТ	15
ИРБИС	4
Микроволновые системы	2-я стр. обл., 4
МОРИОН	5
ПЛАТАН	4
ПТА	64
СНЕЖЕТЬ	1-я стр. обл.
ТЕСТПРИБОР	1, 4-я стр. обл.
Фаворит-ЭК	5, 21

Читайте в «СТА» № 3/2022:

Российское ПО в промышленности:
не обманет, не продаст

Китай заполняет ниши: кто заменит
ушедших поставщиков

Невзирая на санкции: новые проекты
автоматизации



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

РЫНОК

4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6 Реализация прототипа ИУС на основе блокчейн-технологии

Наталья Зорина, Николай Кузнецов, Леонид Шапетько

10 Современные подходы и тенденции в архитектуре IIoT-систем

Сергей Рылов

14 Автоматизированная система управления регулированием давления газа в производстве азота методом короткоциклового безнагревной адсорбции

Александр Саркисов

18 Прогнозирование качества шлифования с помощью цифрового двойника

Борис Соловьёв

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

20 Уроки импортозамещения от MT Microsystems: МЭМС-компоненты для навигации и связи

Александр Бекмачев

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

26 Доверие к искусственному интеллекту и факторы риска его применения в различных сферах жизни

Роман Болбаков, Михаил Коваленко, Антонио-Кристи Исаев

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

Андрей Васенев

30 Применение свёрточной нейронной сети для решения проблемы регистрации скан-копий документов в электронном архиве

Екатерина Волгина

34 Опыт применения трёхзначной логики в управлении технической системой

Григорий Беднов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

36 Проектирование устройств вывода информации с использованием цифрового генератора шаблона в Proteus 8.11. Часть 2

Татьяна Колесникова

50 Разработка модуля выдачи и контроля исполнения производственного задания информационно-управляющей системы класса MES

Мария Бахметьева

54 Ионизирующие излучения и их воздействие на полупроводниковые материалы (по данным литературных источников). Часть 2

Сергей Кравчук, Владимир Соколов, Михаил Марченко, Оксана Вовк

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

62 К 100-летию со дня рождения М.И. Кривошеева – патриарха отечественного и мирового радио- и телевидения

Владимир Бартенев

Новости российского рынка

СОБЫТИЯ

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРИМЕНЕНИЮ СВЧ-КОМПОНЕНТОВ И ПРИБОРОВ

Приглашаем главных конструкторов и ведущих технических специалистов вашего предприятия на II семинар-совещание специалистов на тему «Актуальные вопросы разработки и применения СВЧ-компонентов и приборов на основе технологии нитрида галлия», организуемый АО «Микроволновые системы» **10–11 ноября 2022 года. Участие в семинаре-совещании бесплатное!**

В рамках мероприятия планируются доклады и сообщения на следующие темы.

1. Современные технологии изготовления СВЧ-транзисторов и МИС на нитриде галлия, конструкции и параметры приборов.
2. Схемы, конструкции и характеристики СВЧ-устройств на основе нитрид-галлиевых приборов.

3. Методы расчёта и конструирования СВЧ-усилителей мощности на нитриде галлия, обеспечение теплового режима, надёжности и стабильности их параметров.

4. Возможности и особенности применения СВЧ-усилителей на нитриде галлия в системах связи, радиолокации, радиопротиводействия.

Желающим выступить с докладом (до 15 минут) или сообщением (до 5 минут) необходимо в срок до 1 августа 2022 года направить тезисы в объёме одной страницы А4 по электронной почте vm@mwsystems.ru на имя заместителя генерального директора АО «Микроволновые системы» по развитию электронной компонентной базы Миннебаева Вадима Минхатовича.

Программа семинара-совещания будет направлена вам до 15 сентября 2022 года.



Место проведения – г. Москва, гостиничный комплекс «Измайлово», корпус «Гамма-Дельта».

Заявки на участие от предприятий принимаются до 15 октября 2022 года. Количество участников от одного предприятия зависит от количества включённых в программу докладов от предприятия и может быть ограничено организаторами.

www.mwsystems.ru
rakovich@mwsystems.ru
 +7 (499) 644-21-03

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Источники питания на плату AirUnion

Компания Aipu Electron Technology (торговая марка AirUnion) уже известна российскому рынку и не раз была участником выставки ExpoElectronica. Основанная в 2001 году, компания видит свою миссию в разработке и производстве миниатюрных источников питания на плату. Из 180 сотрудников 20% заняты в разработке и инженерной поддержке, благодаря чему компания уже получила более 20 патентов на AC/DC- и DC/DC-преобразователи. Источники питания производятся и тестируются на современном автоматизированном оборудовании. Вся продукция соответствует стандартам CE, RoHS и 3С.

Сбыт продукции на локальном рынке осуществляется через сеть дилеров, которая

насчитывает более 30 точек в различных городах и провинциях Китая.



Два основных направления производства компании – DC/DC- и AC/DC-преобразователи на печатную плату – дополняются модулями приёмопередатчиков интерфейсов RS-485, RS-232, CAN.

DC/DC-источники питания выпускаются мощностью от 1 до 700 Вт в изолированном корпусе, также доступны бескорпусные модели. Пользователь может выбрать корпуса как для SMT-монтажа, так и пайки в отверстия платы. Отдель-

ная серия модулей производится для источников солнечной энергии. Гарантия производителя на DC/DC-преобразователи составляет 5 лет.

Линейка AC/DC-преобразователей начинается с модулей мощностью 1 Вт и расширяется до моделей на 150 Вт. Здесь представлены как корпусированные ИП, так и модели в открытом корпусе.

Работа на международном рынке, безусловно, связана с конкуренцией с широко известными торговыми марками, поэтому компания AirUnion ориентируется в своём производстве на модели в стандартных корпусах и с типовой разводкой платы. По запросу клиентов компания предлагает замены на преобразователи Traco, Aiptec, Mornsun и другие торговые марки.

www.platan.ru
info@platan.ru
 +7 (495) 970-00-99

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Компания «Ирбис» продолжает расширять производство

В мае 2022 года в «ММП-Ирбис» закончена реконструкция здания цехамоточных изделий в поселке Бабынино Калужской области. Производственные площади увеличились в два раза. Введены в эксплуатацию новые современные станки. Цех производит моточные изделия для собственного производства

импульсных источников питания и по техническим заданиям заказчика как отдельную продукцию. Качественно, быстро, по умеренным ценам. Тороидальная намотка: диаметр колец от 5 до 60 мм. Рядовая намотка: ширина картера от 7 до 60 мм. Возможны варианты работы с использованием материалов заказчика.

www.mmp-irbis.ru
main@mmp-irbis.ru
 +7 (495) 927-10-16

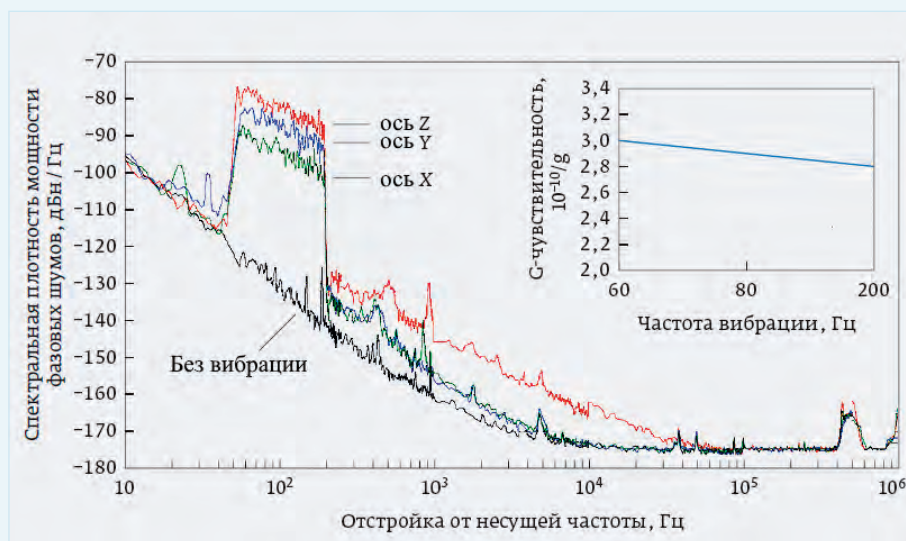


ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

КВАРЦЕВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ С ПОНИЖЕННОЙ G-ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ ОТ АО «МОРИОН»

АО «Морион» (Санкт-Петербург), ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства пьезоэлектронных приборов стабилизации и селекции частоты, представляет кварцевые генераторы с пониженной G-чувствительностью. Любой кварцевый генератор обладает чувствительностью к воздействию на него ускорению и, как частный случай, к ориентации в пространстве. Зависимость частоты генератора от приложенного ускорения называют G-чувствительностью генератора. Она определяется как относительное изменение выходной частоты генератора при воздействии ускорения 1g.

Типовая G-чувствительность кварцевых генераторов составляет несколько единиц 10^{-9} . Особенно важным этот параметр становится, когда требуется получить низкие фазовые шумы от генератора, установленного на подвижном носителе. В этом случае результирующие фазовые шумы практически полностью определяются уровнем внешних вибраций и G-чувствительностью. На фазовые шумы также может оказывать влияние вибрация от работающих вентиляторов в составе аппаратуры.



АО «Морион» выпускает ряд кварцевых генераторов с пониженной G-чувствительностью:

- ГК207-ТС-10 МГц, G-чувствительность $< 0,5 \cdot 10^{-9}/g$;
- ГК317-ТС-100 МГц, G-чувствительность $< 0,3 \cdot 10^{-9}/g$;
- ГК176-ТК-10 МГц, G-чувствительность $< 0,5 \cdot 10^{-9}/g$.

Всю дополнительную информацию по данным изделиям можно узнать по тел. +7 812 775-95-65, а также на сайте АО «Морион».

Более подробно о G-чувствительности и методах её измерения можно найти на странице сайта: www.morion.com.ru/info/publications/.

morion@morion.com.ru

+7 (812) 350-75-72

+7 (812) 350-92-43



МОРИОН

www.morion.com.ru

БЛОКИ НАВИГАЦИИ MNV420A ДЛЯ БЕСПИЛОТНОЙ ТЕХНИКИ И СИСТЕМ ADAS ОТ ООО «ФАВОРИТ-ЭК»

ООО «Фаворит-ЭК» предлагает серийные поставки блоков инерциально-спутниковой навигации MNV420A фирмы MT Microsystems.

MNV420A – старшая модель в линейке – является результатом системной работы производителя по созданию семейства блоков ИНС для различных транспортных средств и интеграции их с приёмниками сигналов ГНСС. Блок объединяет в одном корпусе 6-компонентный модуль МЭМС инерциальных датчиков и мультисистемный много-частотный двухантенный приёмник сигналов BEIDOU, GPS, ГЛОНАСС, GALILEO. Конструктив блока размерами 155×81×34,5 мм отвечает требованиям применения в автомобильной технике и оснащён стандартным разъёмом для подключения к шине CAN и антенными входами; поддерживается обмен по протоколу RS-422.

В комплекте поставки входит кабель-разветвитель, позволяющий подключать внешний приёмник дифференциального сигнала через сети 4G.

В комбинированном режиме ИНС+ГНСС обеспечивается точность:

- крен/тангаж: 0,1°;
- курс: 0,2° (базовая линия 1 м);
- положение: 2 см + 1 ppm (RTK);
- скорость: 0,03 м/с.

Погрешности при автономном навигационном решении при отсутствии сигналов ГНСС:

- положение: 0,2 м (10 с) или 0,2% (1 км / 2 мин);
- курс: 0,15° (1 мин).

MT Microsystems обладает научно-производственной базой в континентальном Китае, что выгодно отличает компанию от fabless-конкурентов и обеспечивает стабильность поставок с разумными сроками в условиях глобальной экономической турбулентности и логистических коллапсов.

MT Microsystems приобрела статус Tier 2 – поставщика интеллектуальных автомобильных систем и стремится к подтверждению



более высокого уровня Tier 1. Подтверждением обоснованности претензий на лидерство среди производителей автокомпонентов и поставщиков системных решений для автомобильной отрасли служит присвоение компании сертификата соответствия стандарту IATF16949:2016. Среди реализованных проектов: интеллектуальная система управления легковым автомобилем, включающая удержание в полосе, аварийное торможение, автоматическую парковку и т.д.; успешная демонстрация беспилотного вождения магистральных грузовиков на дорогах общего пользования.

www.favorit-ec.ru

info@favorit-ec.ru

+7 (495) 627-76-24

Реализация прототипа ИУС на основе блокчейн-технологии

Наталья Зорина, Николай Кузнецов, Леонид Шапетько (РТУ МИРЭА)

Работа направлена на проверку возможности применения гибридного блокчейна для реализации ИУС. В ходе выполнения работы были проанализированы требования к системе с учётом выбранного процесса, выбраны необходимые для реализации прототипа программные средства, реализован прототип ИУС, а также произведено его тестирование. Результатом работы стал полученный прототип, а также выводы результатов тестирования. Полученные выводы позволили ответить на актуальные вопросы и обосновать решения актуальных проблем выбранного процесса.

Введение

Глобализация – это устоявшаяся часть современного мира, которая оказала существенное влияние на промышленность и торговлю. В условиях глобальной цифровой экономики любой процесс создания добавленной стоимости существенно трансформировался за счёт структурных изменений в экономике [1]. Современная логистика, как часть этого процесса, становится всё более сложной, с большим количеством сторон, прямо или косвенно вовлечённых в цепочку поставок [2, 3]. Эта сложность создаёт новые вызовы для всех участников цепочки создания ценности, которые связаны в первую очередь со следующими проблемами:

- проблема коммуникации между участниками процесса;
- проблема осуществления сквозной прозрачности процессов;
- проблема информационной безопасности.

Существование этих проблем делает существующие логистические процессы крайне неэффективными и небезопасными [4]. Внедрение сквозных цифровых технологий на различных этапах, в том числе и в производственные процессы, способно решить многие из этих проблем.

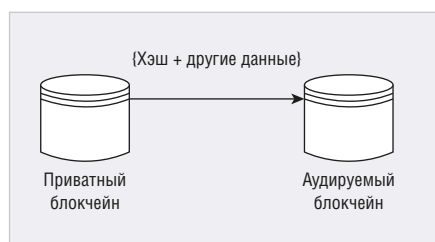


Рис. 1. Принципиальная архитектурная схема гибридного блокчейна

Технология блокчейн является одним из возможных решений. Несмотря на зрелость технологии, в докладе, опубликованном в журнале PwC, «Connected and autonomous supply chain ecosystems 2025» сообщается, что, вопреки растущему интересу к этой технологии, только «5% из всех компаний и 27% от общего числа цифровых флагманов в индустрии готовы к её внедрению в реальных проектах» [5].

В качестве успешного примера использования технологии блокчейн для логистики и управления цепочкой поставок можно привести совместный проект датской компании Maersk Global Trade Digitization (GTD) и американской IBM блокчейн-платформы TradeLens [6]. Эта платформа позволяет сэкономить большие суммы средств за счёт улучшения контроля за передачей информации и автоматизации документооборота [7]. Применяемый компанией подход предполагает использование одного из видов блокчейн – приватной блокчейн-сети – для организации коммуникации между компаниями – участниками электронного взаимодействия. Использование приватной блокчейн-сети позволяет участникам электронного взаимодействия подтвердить достоверность информации и тем самым реализует возможность использования легковесных алгоритмов достижения консенсуса. Отметим, что доверие к такой системе строится только на предположении, что большинство компаний, составляющих распределённый реестр, не вступили в сговор с целью мошенничества. В большинстве случаев этого не происходит, однако есть отрасли, которые особо чувствительны к подобного рода

проблемам. Отечественной платформы схожего типа не существует.

Основной целью проведения данного исследования было изучение возможности использования технологии гибридного блокчейна для создания прототипа логистической системы контроля перевозок. В качестве перевозимого груза нами была выбрана коллекция картин. Разрабатываемая система должна была обеспечить контейнерную транспортировку картин с учётом соблюдения температурного и влажностного режимов, кроме того, должна быть обеспечена безопасность транспортировки.

Были поставлены следующие исследовательские задачи:

- собрать и проанализировать требования к такого рода системе;
- выбрать наиболее подходящий стек ведения разработки и обосновать архитектурное решение для разработки системы;
- выполнить реализацию и тестирование прототипа системы;
- оценить полученное проектное решение с точки зрения решения проблем, существующих в настоящее время в логистике.

Материалы и методы

К перевозке ценных грузов предъявляются особые требования: упаковка груза должна быть надёжно закрыта и зафиксирована в транспортном средстве; каждая отдельная единица должна быть взвешена и записана в документации; место с ценным грузом должно быть опломбировано, о чём делается запись в грузовой накладной; груз должен быть застрахован. В качестве объекта логистического процесса для нашего исследования были выбраны картины. Перевозка ценных грузов, таких как предметы живописи, имеет особенности, связанные с упаковкой и транспортировкой. Во время длительной перевозки на такой груз могут оказывать влияние колебания температуры, инсоляция, влажность, вибрация и другие факторы, которые могут негативно сказаться на сохранности и состоянии изделия. Поскольку такие изделия часто имеют высокую цен-

ность, то для поддержания целостности будет использоваться контейнер, в который помещается транспортируемый объект. Очевидным решением является использование «умного» контейнера с использованием IoT-технологий, оснащённого датчиками и модулями передачи.

В данной работе вместо контейнера используется модуль эмуляции данного контейнера с использованием языка программирования Rust. Выбор данного языка обусловлен его гибкостью, низкими требованиями к вычислительным ресурсам, поддержкой реального времени, строгим контролем за памятью и мультиплатформенностью.

Важным вопросом также является выбор архитектуры используемого блокчейн-хранилища. Для того чтобы исключить сговор компаний, удобно воспользоваться архитектурой гибридного блокчейна [8], предполагающего аудит записываемой в блокчейн информации. Гибридный блокчейн представляет собой связанные приватный и публичный блокчейны. Приватный блокчейн в доверительной среде работает по одному из легковесных протоколов достижения консенсуса, например, по алгоритму достижения консенсуса RAFT, и отправляет в публичный блокчейн хэши блоков и публичную информацию. Таким образом, приватный блокчейн осуществляет аудит публичного блокчейна. Принципиальная схема гибридного блокчейна представлена на рис. 1.

Также использование гибридного блокчейна сохраняет низкую стоимость транзакции, которая важна при взаимодействии с IoT-решениями. Для нашей реализации был выбран блокчейн на базе платформы Ethereum. Платформа Ethereum является блокчейн-платформой, которая позволяет разработчикам создавать децентрализованные приложения с использованием смарт-контрактов. Смарт-контракт – некоторая программа, записанная в блокчейн, выполняемая и подтверждаемая участниками блокчейн-сети. Логистический контракт, в котором описываются условия доставки, включает в себя целевые показатели приборов, время доставки и любые другие интегрируемые условия. Таким образом, осуществляется валидация логистических условий. Для аудита заключается аудиторский контракт в публичной сети. Данный контракт описывает

формат хранения и представления данных аудита.

Данная платформа была выбрана нами в силу простоты использования. В настоящий момент Ethereum является эффективной платформой для построения блокчейн-сетей, которая поддерживает смарт-контракты на Тьюринг – полном языке программирования Solidity, в отличие от, например, Bitcoin. Кроме всего прочего, использование платформы Ethereum позволит интегрироваться с её базовой криптовалютой эфиром и реализовать собственный токен на базе стандарта ERC20, обеспечивая таким образом простую интеграцию с существующим миром криптофинансов. Для реализации клиентской по отношению к блокчейну части нами был выбран стек разработки Java/Spring. Язык Java в большинстве случаев используется для создания бэкэнд-части корпоративных приложений.

Обсуждение результатов

Реализованный в результате выполнения практической части исследования прототип состоит из двух модулей: модуля эмуляции контейнера перевозки и модуля гибридного блокчейна.

Модуль эмуляции представляет собой обобщённую модель контейнера, в котором перевозится картина. Данный модуль генерирует определённые данные: показания двух датчиков температуры и показания двух датчиков влажности. Именно эти параметры непосредственно влияют на целостность и сохранность объекта транспортировки – картины.

Данные генерируются в отдельных потоках в реальном времени. В случае просрочки дедлайна эмулятор отправляет сообщение об ошибке считывания. После считывания данные отправляются на сервер при помощи POST-запроса. Как упоминалось выше, весь код эмулятора был реализован на языке программирования Rust. Преимущество использования данного подхода состоит в том, что при возникновении необходимости в использовании реального времени можно будет быстро развернуть данную программу на встроенной системе. С учётом специфики рассматриваемого процесса применение реального времени сможет улучшить показатели выполнения алгоритма.

В результате выполнения практической части нашей исследовательской работы был получен прототип

Листинг 1 Описание абстрактного логистического контракта

```
abstract contract Transfer {
    string company;
    bool public isFailed =
false;
    string public owner;
    mapping(string => int64)
public sensors;

    function CheckIsFailed()
public virtual returns (bool);

    function put(string memory
key, int64 value) public {
    sensors[key] = value;
}

    function setOwner(string
memory newOwner) public {
    owner = newOwner;
}
}
```

информационно-управляющей системы с использованием децентрализованной распределённой базы данных. Прототип реализует функционал логистического контроля за картинами на основе технологии блокчейн. В части программной реализации нами было разработано собственное API на базе методологии REST. Вызов разработанного API со стороны внешней системы позволяет выполнить проверку данных в блокчейн посредством вызова специального метода смарт-контракта. Нами была реализована программная сущность – абстрактный контракт, который описывает интерфейс, реализуемый любым логистическим смарт-контрактом. Он называется Transfer и представлен в Листинге 1.

Фактическая реализация логистического контракта для работы с конкретным объектом транспортировки – картиной представляет собой реализацию контракта Transfer и представлена в Листинге 2.

Также нами был описан смарт-контракт аудита. Данная реализация хранит хэши блоков и поступающие данные датчиков. Реализация данного способа записи в виде смарт-контракта представлена Листингом 3.

Тестирование

Модуль эмуляции камеры

Данный проект был протестирован на базе персонального компьютера со следующими характеристиками:

- процессор: Quad-Core Intel Core i5;
- 8 ГБ ОЗУ с частотой 1,4 ГГц.

Для разработки применялось следующее ПО:

Листинг 2
Реализация контракта для контейнера перевозки картин

```
contract PictureTransfer is
Transfer {

    function CheckIsFailed()
public override(Transfer)
returns (bool){
    if (!isFailed) {
        isFailed = !(((se
nsors["temperatureValue1"] < 24
&& sensors["temperatureValue1"]
> 22) ||

(sensors["temperatureValue2"]
< 24 &&
sensors["temperatureValue2"] >
22)) &&

((sensors["humidityValue1"] < 60
&& sensors["humidityValue1"] >
50) ||

(sensors["humidityValue2"] < 60
&& sensors["humidityValue2"] >
50)));

        return isFailed;
    }
    return true;
}
}
```

- операционная система macOS;
- CLion с расширением для разработки на ЯП Rust;
- Node-Red.

Модуль блокчейна

Данный проект был протестирован на базе персонального компьютера со следующими характеристиками:

- процессор: Intel Core i7 11700KF;
- 16 ГБ ОЗУ с частотой 3200 ГГц.

Для разработки использовалось следующее программное обеспечение:

- операционная система Windows 10;
- Postman;
- IntelliJ Idea – Community Edition;
- Docker;
- Geth.

Результаты тестирования и выводы

В результате тестирования разработанного программного проекта нам удалось продемонстрировать эффективность использования технологии блокчейн для решения трёх характерных для логистики проблем, связанных с коммуникациями, сквозной прозрачностью и информационной безопасностью:

- 1) проблема коммуникации между участниками процесса взаимодействия успешно решается посредством автоматизированного вызова методов смарт-контракта при помощи «умного» оборудования;

Листинг 3
Реализация способа записи данных аудита для хранения

```
contract AuditContract {
    mapping(string=>string)
public hashInfo;
    string[] public keys;

    function put(string
memory key, string memory value)
public{
    hashInfo[key]=value;
    keys.push(key);
}

    function get(string memory
key) public view returns(string
memory){
    return hashInfo[key];
}

    function keyLength()
public view returns(uint){
    return keys.length;
} }
```

- 2) проблема осуществления сквозной прозрачности процессов решается при помощи использования аудиторского блокчейна в рамках архитектуры гибридного блокчейна;
- 3) проблема информационной безопасности решается посредством использования архитектуры гибридного блокчейна, так как она делает кибератаку в 51% случаев просто невозможной.

Также была выявлена проблема, связанная с выбранным стеком разработки: низкая производительность транзакций в приватной блокчейн-сети из-за использования Ethereum. Для приватного блокчейна лучше использовать платформу Hyperledger. Данная платформа является специализированной для разработки именно корпоративных приложений на основе блокчейна и предоставляет более эффективные и зрелые инструменты для работы в доверенной среде.

Заключение

В рамках работы были поставлены и решены исследовательские задачи:

- были описаны проблемы, связанные с логистикой ценных грузов, собраны и проанализированы требования к информационно-управляющей системе для контейнера перевозки картин: определены основные параметры и их допустимый диапазон;
- был выбран наиболее подходящий стек ведения разработки и обоснованное архитектурное решение для разработки системы;
- были выполнены реализация и тестирование прототипа системы;

- было оценено полученное проектное решение с точки зрения решения проблем, существующих в настоящее время в логистике.

В результате выполнения исследовательской работы был создан и протестирован работающий прототип системы, созданный на базе технологии гибридного блокчейна. Данный прототип продемонстрировал зрелость данной технологии для применения её в рамках разработки технологии контроля логистической цепочки поставок. Авторам представляется перспективной для проведения дальнейших исследований интеграция данной разработки с электронным документооборотом и цифровыми валютами, такими как цифровой рубль.

Литература

1. *Гудкова Т.В.* Глобальные цепочки создания добавленной стоимости в условиях цифровизации экономики // Журнал экономической теории. 2020. Т. 17. № 1. С. 53–64.
2. *Казарина Л.А.* Логистика по контракту // Известия ИГЭА. 2004. № 3 (40). С. 70–75 // URL: <http://izvestia.bgu.ru/reader/article.aspx?id=4492> (дата обращения: 03.04.2019).
3. *Колодин В.С.* Логистические системы в производственно-коммерческой деятельности // Известия ИГЭА. 2011. № 6 (80). С. 99–103. URL: <http://izvestia.bgu.ru/reader/article.aspx?id=14587> (дата обращения: 03.04.2019).
4. *Kersten W., Blecker T., Ringle C.M.* (2017) Digitalization in Supply Chain Management and Logistics: Smart and Digital Solutions for an Industry 4.0 Environment, Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), No. 23, epubli GmbH, Berlin // URL: <https://doi.org/10.15480/882.1442>.
5. Connected and autonomous supply chain ecosystems 2025, доклад PwC 2020 // URL: <https://www.pwc.com/gx/en/industrial-manufacturing/digital-supply-chain/supply-chain-2025.pdf>.
6. TradeLens to launch in Russia with pilot in St. Petersburg, 6 июня 2019 // URL: <https://www.maersk.com/news/articles/2019/06/06/tradelens-to-launch-in-russia-with-pilot-in-st-petersburg>.
7. TradeLens // URL: <https://www.tradelens.com/>.
8. Hybrid Blockchain December 2020 Jordanian Journal of Computers and Information Technology 6(4):1.



НОВОСТИ МИРА

Ростех создал шлем для спасателей с технологией дополненной реальности

«Концерн Радиоэлектронные технологии» (КРЭТ) Госкорпорации Ростех разработал концепт экипировки для спасателей с применением технологии дополненной реальности. Новинка представляет собой объединённые в систему интерактивные шлемы, способные получать картинку с квадрокоптера и поддерживать связь с центром управления.

Система состоит из мобильного рабочего места, квадрокоптера и устройства оператора – шлема «Умные руки». Она может одновременно управлять командами численностью до 20 человек и не имеет ограничений по радиусу действия.

Мобильное рабочее место агрегирует всю информацию об окружающей обстановке и позволяет экипированным шлемами сотрудникам обмениваться аудио- и видеoinформацией, графическими и тепловизионными данными, схемами и технической документацией. Шлем «Умные руки» формирует для оператора видеоподсказки из встроенной базы данных и повышает безопасность ра-

боты, показывая потенциально опасные или неисправные элементы: разогретые до высоких температур поверхности, утечки электрического тока и т.д. Также встроенный тепловизор может быть использован для поиска людей под завалами.



«В момент аварий, чрезвычайных ситуаций или стихийных бедствий любая техническая помощь людям, находящимся на передовой, борющимся за спасение и безопасность людей, очень востребована. Сегодня мы представляем решение, способное повысить уровень защиты спасателей, увеличить эффективность их действий, а также скорость коммуникации с ситуационным центром. Шлем «Умные руки» будет очень полезен во время аварийно-спасательных или монтажных работ, при ликвидации последствий ЧС, вы-

явлении и устранении любого рода техногенных повреждений», — сказал исполнительный директор Ростеха Олег Евтушенко.

Взаимодействие внутри системы происходит по следующей схеме: изображение с работающего в зоне ЧС квадрокоптера проецируется на карту местности и выводится в таком виде на монитор оператора. Специалист отмечает ключевые зоны поиска и устранения неисправностей, после чего полученная информация передаётся в Ситуационный центр управления (СЦУ) для анализа и принятия решений. Команда оснащённых шлемами «Умные руки» специалистов действует «на земле» и оперативно реагирует на сигналы, поступающие из СЦУ.

«Автоматизация рабочего процесса в зонах повышенной опасности необходима для спасения жизни и здоровья работников. Любые манипуляции с использованием проекта СЦУ проводятся быстрее и точнее, команде легче координировать свои действия, поскольку люди видят задачу комплексно, а не фрагментами», — прокомментировал заместитель генерального директора по развитию гражданской продукции АО «КРЭТ» Максим Моторин.

rostec.ru

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

Реклама

Современные подходы и тенденции в архитектуре IIoT-систем

Сергей Рылов (РТУ МИРЭА)

В статье рассмотрены преимущества внедрения IIoT технологий, а также интеграции ИТ и ОТ технологий. Рассмотрены основные стандарты и консорциумы IIoT. Представлены основные подходы к архитектуре IIoT платформ на базе современных промышленных протоколов передачи данных.

Введение

IIoT призван преобразовать практически все существующие бизнес-модели, создавая при этом новые возможности для всех игроков на рынке промышленной автоматизации.

Основная концепция IIoT заключается в интеграции информационных технологий (ИТ), операционных технологий (ОТ) и платформ для работы с клиентами.

Применение методологий построения систем с использованием IIoT предоставит возможности доступа к новым источникам данных и инструментам аналитики, а также определит в ближайшем будущем стандартные подходы и архитектуры для построения распределённых систем управления и мониторинга в различных областях промышленности.

Решения IIoT объединят разрозненные организационные элементы, процессы и источники информации, что позволит улучшить процесс разработки и доставки товаров и услуг.

Кроме того, решения IIoT расширят разнообразие бизнес-каналов, доступных предприятиям, создавая больше возможностей для повышения привлекательности для клиентов.

Унифицированные источники данных

Внедрение IIoT предполагает использование концептуально новых и унифицированных источников данных.

Эти данные будут поступать из самых разных источников:

- традиционные внутренние бизнес-источники;
- информационные технологии и связанные с ними системы;
- датчики;
- устройства, подключённые к сети Интернет;
- внешние источники социальных сетей;
- другие структурированные и неструктурированные элементы данных (аудио, видео, цифровые изображения).

Объединение этих источников для анализа в контексте IIoT обеспечит основу для более всестороннего мониторинга бизнеса, анализа и контроля данных, а также повышения эффективности.

Преимущества внедрения IIoT

Основными преимуществами внедрения IIoT являются:

- повышение операционной эффективности;
- возможность разработки новых продуктов;
- получение всеобъемлющей информации;
- операционные выгоды.

IIoT создаёт потенциальную выгоду от подключения и интеграции данных из систем информационных технологий (ИТ), центра обработки данных из операционных технологий (ОТ) на заводе и подключённых устройств.

- ИТ-часть бизнеса фокусируется на ресурсах, которые обрабатывают данные для бизнес-функций, таких как начисление заработной платы, базы данных, доступ к клиентам, различные бизнес-анализы, инструменты отчётности и инвентаризация.
- ОТ-технологии нацелены на системы и элементы, которые строят, выполняют, контролируют и наблюдают производственные или сервисные процессы.

Интеграция ИТ и ОТ

До появления Интернета вещей существовало ограниченное сотрудничество или перекрёстная связь между системами ИТ и ОТ.

Такие «островки» исполнения способствовали развитию организационных моделей, которые, будучи индивидуально эффективными, заставляли ИТ и ОТ работать относительно независимыми способами.

В рамках системы IIoT эти два домена могут продолжать функционировать как отдельные пулы.

При этом необходима интеграция:

- операционных и бизнес-данных;
- исторической аналитики;
- аналитики и прогнозирования в реальном времени;

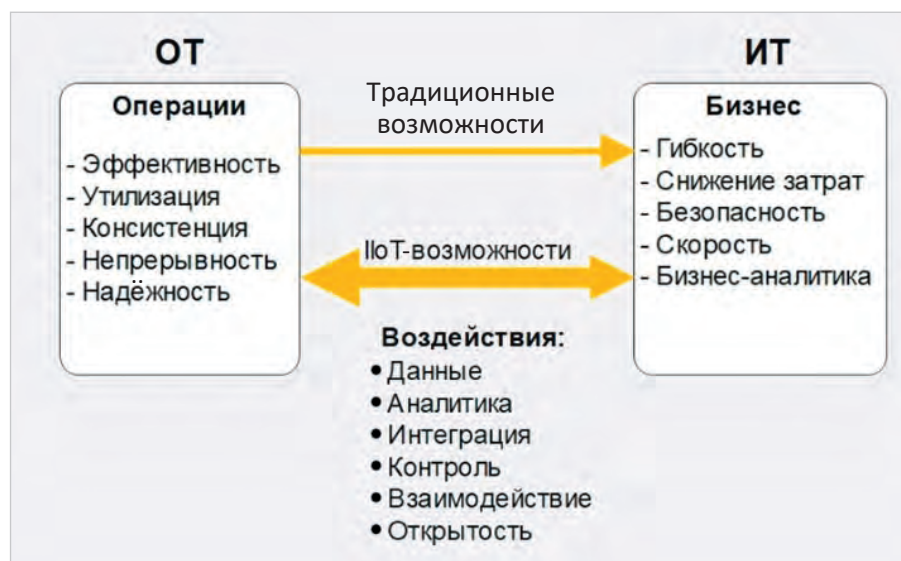


Рис. 1. Интеграция ИТ и ОТ

- контроля;
- взаимодействия и анализа.

Интеграция этих данных приведёт к более интегрированной инфраструктуре ИТ и ОТ, что принесёт преимущества как по вертикали в обоих доменах, так и по горизонтали во всей организации (рис. 1).

Консорциумы и модели IIoT

IIoT требует беспрецедентной степени системной интеграции через границы домена, границы иерархии и фазы жизненного цикла.

Это возможно только в том случае, если решения исходят из стандартов и спецификаций, основанных на консенсусе (табл.).

Крайне важно рассматривать стандартизацию как основу открытой и совместимой системной архитектуры для промышленной реализации концепции интеллектуального производства.

IIoT-платформа

С функциональной точки зрения платформа IIoT – это техническая система, которая предоставляет ряд вспомогательных услуг для поддержки доставки приложений IIoT.

В контексте инициативы Консорциума промышленного Интернета (Industrial Internet Consortium, IIC) по тестированию отдельных (вертикальных) приложений, таких как управление эффективностью активов, контроллеры микросетей и производственные операции должны полагаться на услуги платформы IIoT для предоставления надёжных, масштабируемых и безопасных приложений конечным пользователям.

Каждое приложение IIoT зависит от Среды разработки платформы и набора сервисов платформы (рис. 2).

Сервисные функции IIoT

Сервисы платформы IIoT являются общими для многих приложений Интернета вещей (рис. 3).

Повторное использование этих служб для поддержки нескольких приложений даёт преимущества в области стандартизации.

Кроме того, их включение в архитектуру горизонтальной платформы помогает разрушить границы и обеспечивает совместимость между приложениями.

Asset

Под Asset понимают:

- интеллектуальные сенсоры;

Таблица. Основные стандарты и международные консорциумы IIoT

Модель	Организация	Ссылка	ГОСТ
IIRA	Industrial Internet Consortium	https://iiconsortium.org/	ПНСТ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ
RAMI4.0	Platform Industrie 4.0	https://www.platform-ind40.de/	ГОСТ Р 59799—2021
Architecture Reference Model	oneM2M	https://www.onem2m.org/	



Рис. 2. Взаимодействие IIoT-платформ

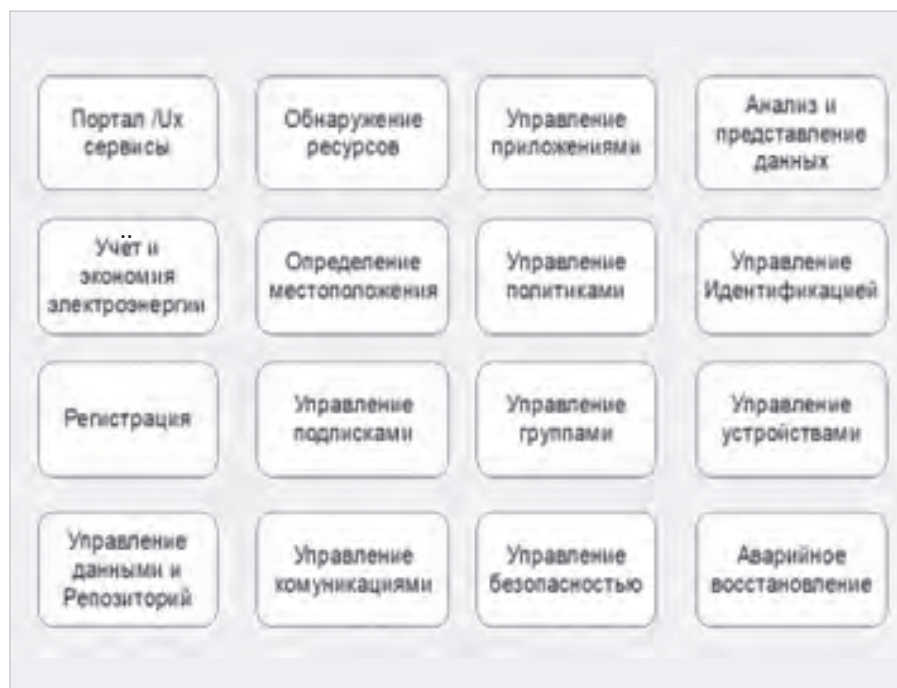


Рис. 3. Сервисные функции платформы IIoT

- интеллектуальные исполнительные устройства;
- адаптеры;
- шлюзы;
- другие устройства.

Каждое устройство (Asset) на граничном уровне должно иметь свой «драйвер» – Asset Administration Shell (AAS).

Трёхуровневая архитектура системы IIoT

Трёхуровневая архитектура включает в себя граничный уровень, уровень платформы и уровень предприятия (рис. 4).

Уровни играют определённую роль в обработке потоков данных и потоков контроля, связан-



Рис. 4. Трёхуровневая архитектура IIoT

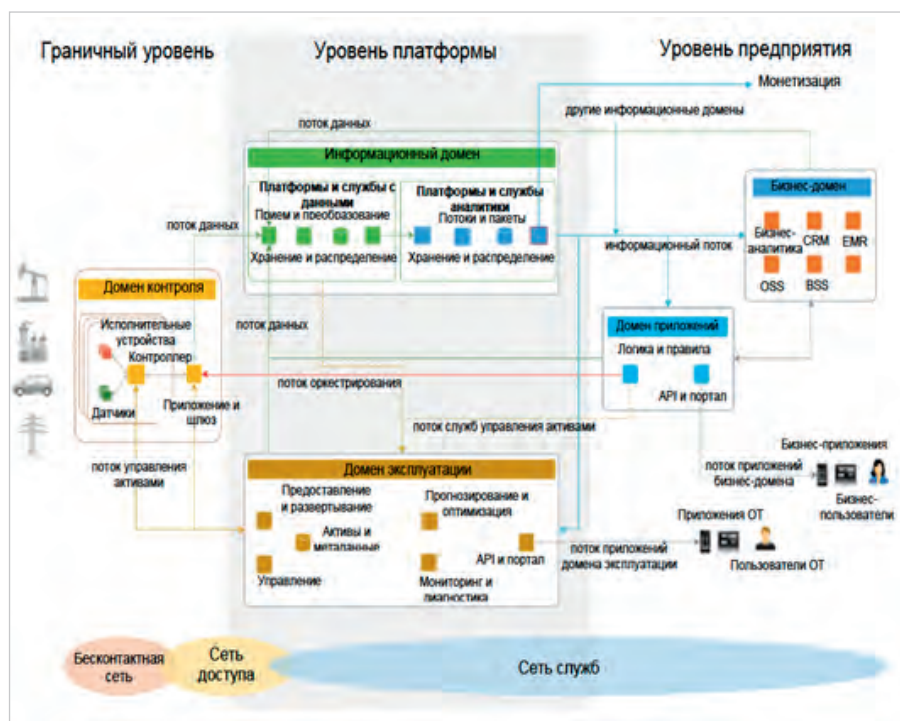


Рис. 5. Функциональные домены IIoT

ных с действиями по использованию.

Уровни связаны тремя сетями:

- бесконтактная сеть;
- сеть доступа;
- сеть служб.

Функциональные домены трёхуровневой архитектуры IIoT

Паттерн трёхуровневой архитектуры объединяет основные компоненты (например, платформы, службы управления, приложения), которые обычно отображаются в функциональные домены (рис. 5).

В результате компоненты всех функциональных доменов могут использо-

зовать одни и те же данные, аналитические платформы и службы для преобразования данных и информацию в своих целях.

Взаимодействие и управление посредством шлюза

Архитектура взаимодействия и управления посредством шлюза содержит решение для локального подключения на границе системы IIoT со шлюзом, который соединяется с глобальной сетью.

Шлюз действует как конечная точка для глобальной сети, изолируя локальную сеть от граничных сенсорных узлов.

Данная архитектура (рис. 6) позволяет локализовать операции и контроль (граничные аналитика и вычисления).

Главное преимущество подобной архитектуры состоит в том, что можно снизить сложность систем IIoT для масштабирования по количеству управляемых активов и по сетям.

Некоторые сенсорные граничные узлы должны иметь возможность маршрутизации. В результате пути маршрутизации от одного сенсорного узла к другому и к граничному шлюзу могут изменяться динамически. Граничный шлюз действует как единая точка входа в сенсорные граничные узлы и как точка управления, обеспечивающая маршрутизацию и преобразование адресов.

Сетевой СТАК и протоколы передачи данных

Особое внимание при проектировании IIoT-систем стоит уделить стандартам (рис. 7):

- DDS (<https://www.omg.org/spec/DDS/>);
- TSN (IEC/IEEE 60802, IEEE 802.1Q);
- OPC UA (<https://reference.opcfoundation.org/>);
- MQTT (<https://mqtt.org/>).

Формат обмена данными AutomationML (AML)

Формат обмена данными AutomationML, стандартизированный в соответствии со стандартом IEC 62714, является нейтральным, бесплатным форматом данных на основе XML. Он был разработан для поддержки обмена данными между инженерными инструментами в гетерогенной среде инженерных инструментов.

AML должен содержать следующую информацию об устройстве (ASSET):

- идентификация: производитель, серийный номер, описание и т.д.;
- технические данные: максимальная скорость (для двигателя, например);
- оперативные данные: текущая температура (для датчика температуры, например);
- документация (PDF, например).

Помимо этого, AML позволяет хранить и передавать алгоритмы в стандарте OpenPLC (XML), а также имеет возможность хранить версию.

Унифицированная распределённая архитектура платформ IIoT

В основе передачи информации между различными уровнями лежит OPC

UA-протокол, в который интегрируется AML-информация.

При необходимости реализации REALTIME-сетей на Граничном уровне (Edge Tier) необходимо использовать OPC UA over DDS или OPC UA over TSN.

Выводы

При проектировании и разработке современных PoT-систем автоматизации следует обращать внимание на опыт и предложения мировых сообществ в данной области, при этом принимать решение об конкретной архитектуре, опираясь на особенности конкретного производства и предприятия.

Приведённые в статье архитектурные подходы чётко дают понять, что необходимо уже сейчас продумывать возможные пути и методы модернизации существующих и новых производств с учётом предлагаемых современных архитектурных векторов развития PoT-систем.

Литература

1. The Industrial Internet of Things Vocabulary. [Электронный ресурс] // URL: <https://iiconsortium.org/pdf/Vocabulary-Report-2.3.pdf> (дата доступа: 10.05.2022).
2. The common strategy on international standardization in field of the Internet of Things/Industrie 4.0. [Электронный ресурс] // URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/common-strategy-international-standardization.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (дата доступа: 10.05.2022).
3. The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture Version 1.9. [Электронный ресурс] // URL: <https://iiconsortium.org/pdf/IIRA-v1.9.pdf> (дата доступа: 01.04.2022).
4. Smart Factory Applications in Discrete Mfg white paper. [Электронный ресурс] // URL: https://iiconsortium.org/pdf/Smart_Factory_Applications_in_Discrete_Mfg_white_paper_20170222.pdf (дата доступа: 10.05.2022).
5. Digital Twin and Asset Administration Shell Concepts and Application in the Industrial Internet and Industrie 4.0. [Электронный ресурс] // URL: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Digital-Twin-and-Asset-Administration-Shell-Concepts.pdf?__blob=publicationFile&v=9 дата доступа: 10.05.2022.
6. Nikolic, B.; Ignjatovic, J.; Suzic, N.; Stevanovic, B. & Rikalovic, A. (2017). Predictive



Рис. 6. Архитектура взаимодействия и управления посредством шлюза

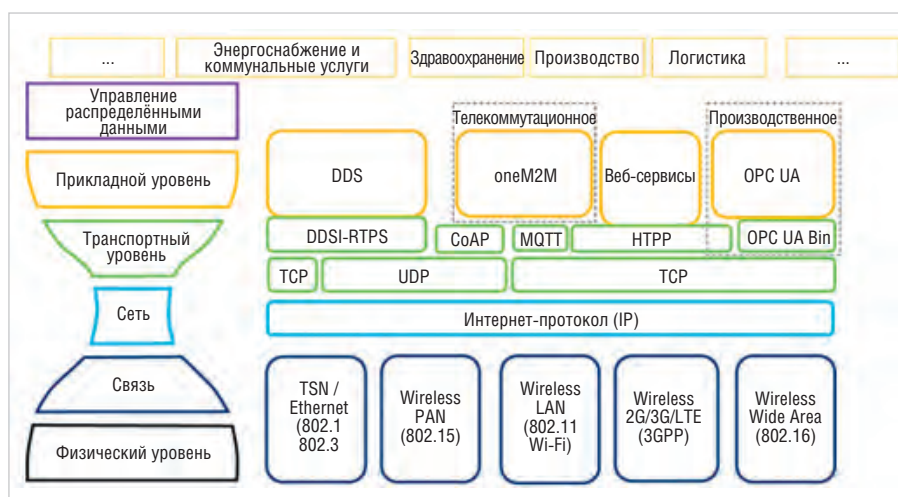


Рис. 7. Сетевой стэк протоколов IIoT

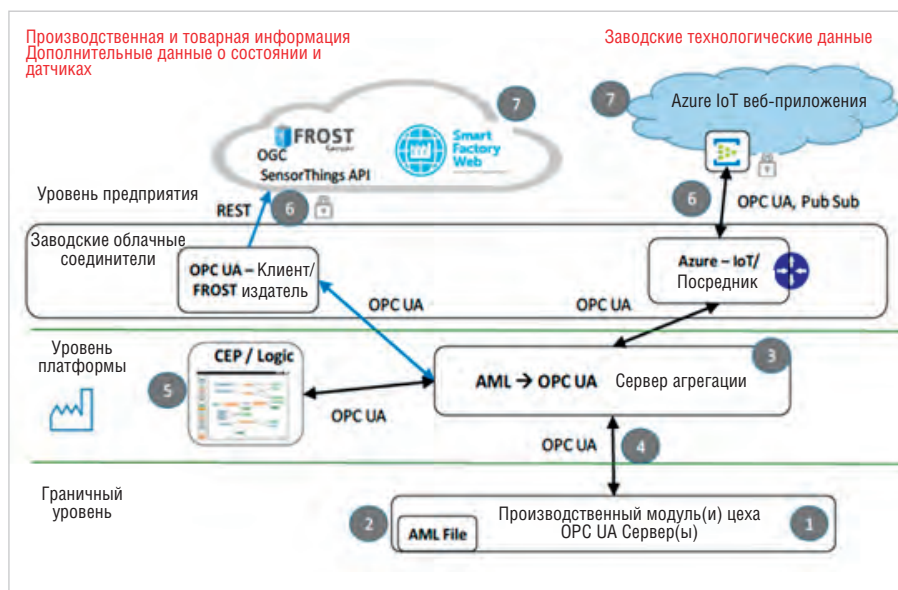


Рис. 8. Распределённая архитектура IIoT-систем

Manufacturing Systems in Industry 4.0: Trends, Benefits and Challenges, Proceedings of the 28th DAAAM International Symposium, pp. 796–802, B. Katalinic

(Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-11-2, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI: 10.2507/28th.daaam.proceedings.112.

Автоматизированная система управления регулированием давления газа в производстве азота методом короткоцикловой безнагревной адсорбции

Александр Саркисов (РТУ МИРЭА)

В статье рассмотрена проблема деформации адсорбента на основе углеродного молекулярного сита под давлением и предложено решение для увеличения срока службы используемого адсорбента в производстве азота методом короткоцикловой адсорбции. Приведён пример проекта внедрения автоматизированной системы управления в производство азота.

Введение

Технологический процесс производства азота методом короткоцикловой безнагревной адсорбции состоит из нескольких этапов. Ключевым этапом производства является процесс адсорбции (поглощения) молекул кислорода из сжатого воздуха и насыщение объёма ёмкостей генератора азота молекулами азота. Работа генератора азота циклична, и во время каждого цикла перепад

давления достигает от 3 до 10 бар, вследствие чего гранулы углеродного молекулярного сита деформируются и теряют свои свойства. Потеря адсорбентом своих свойств влечёт за собой снижение качества производимого продукта, что создаёт экономические риски для владельцев производства. При анализе предлагаемых азотных станций у большинства производителей отсутствует система регулирования давления газа, и значение давления на входе в генератор азота определяется компрессором на самом первом этапе производства. Данная концепция азотных станций не позволяет использовать максимальный ресурс используемого адсорбента, что приводит к замене дорогостоящего оборудования и материалов и повышению себестоимости производства азота.

Основная часть

Процесс генерации азота состоит из нескольких этапов:

- 1) сжатие воздуха;
- 2) осушение сжатого воздуха;
- 3) очистка от примесей;
- 4) подготовка воздуха;
- 5) адсорбционное разделение;
- 6) накопление азота.

Атмосферный воздух сжимается в компрессоре, проходит систему очистки, состоящей из трёх фильтров и осушителя, накапливается в воздухосбор-

нике и попадает в генератор азота, в котором происходит разделение молекул кислорода и молекул азота методом короткоцикловой безнагревной адсорбции. Молекулы кислорода захватываются адсорбентом, в то время как молекулы азота беспрепятственно проходят адсорбент и поступают потребителю. Генератор азота (рис. 1) состоит из двух ёмкостей, наполненных гранулами углеродного молекулярного сита, системы трубопровода и клапанов. От плотности и размера гранул в ёмкостях генератора азота, давления сжатого воздуха, его температуры и степени очистки на входе в адсорбционную установку зависит чистота и продуктивность получения азота.

Работа генератора азота по методу короткоцикловой безнагревной адсорбции циклична. Цикл состоит из нескольких этапов:

- 1) Адсорбция при парциальном давлении в первом адсорбере.
- 2) Регенерация адсорбента во втором адсорбере.
- 3) Выравнивание давления в адсорберах.
- 4) Адсорбция при парциальном давлении во втором адсорбере.

Время цикла зависит от характеристик адсорбента и может быть представлено с помощью изотермы адсорбции. Изотерма адсорбции – это зависимость адсорбционной способности от давления при постоянной температуре. Изотерма адсорбции является источником информации о структуре адсорбента, тепловом эффекте адсорбции и ряде других физико-химических и технологических характеристик [1]. Лучшая адсорбция кислорода происходит при температуре 20°C и давлении

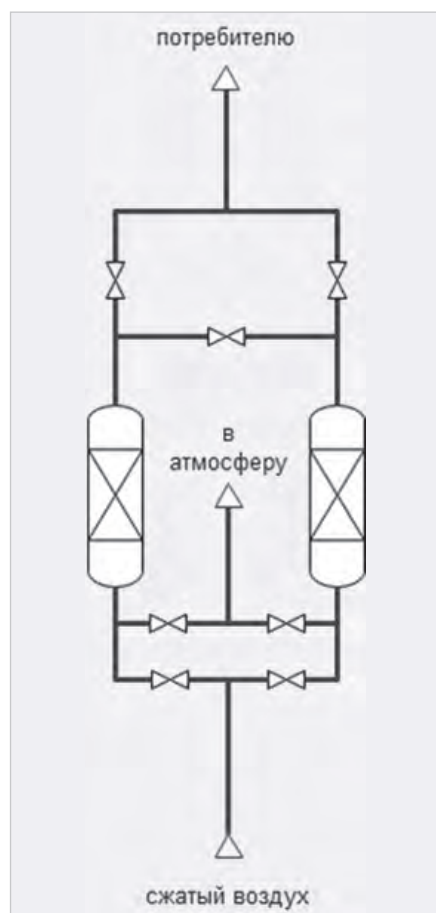


Рис. 1. Генератор азота

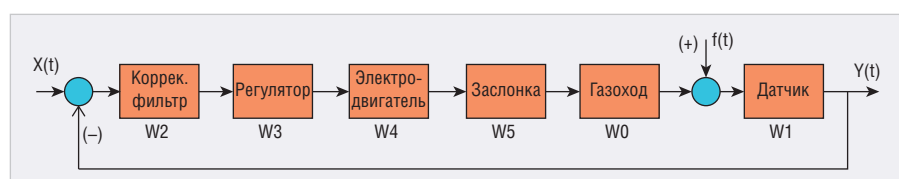
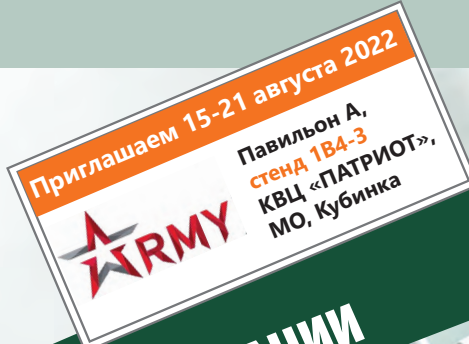


Рис. 2. Наполненный информацией прототип карточки клиента



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»



**ОТВЕТСТВЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

2022

100% РОССИЙСКАЯ КОМПАНИЯ



ЗАКАЗНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Разработка электронного оборудования по ТЗ заказчика в кратчайшие сроки

- Модификация КД существующего изделия
- Разработка спецвычислителя на базе COM-модуля
- Конфигурирование модульного корпусированного изделия
- Сборка магистрально-модульной системы по спецификации заказчика
- Разработка изделия с нуля



КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Контрактная сборка электроники уровней: модуль / узел / блок / шкаф / комплекс

- ОКР и технологические консультации
- Макеты, установочные партии, постановка в серию
- Комплектование производства отечественными и импортными компонентами и материалами
- Поддержание складских запасов РЭК и материалов, контролирование жизненного цикла комплектующих
- Серийное плановое производство
- Тестирование и испытания изделий
- Гарантийный и постгарантийный сервис

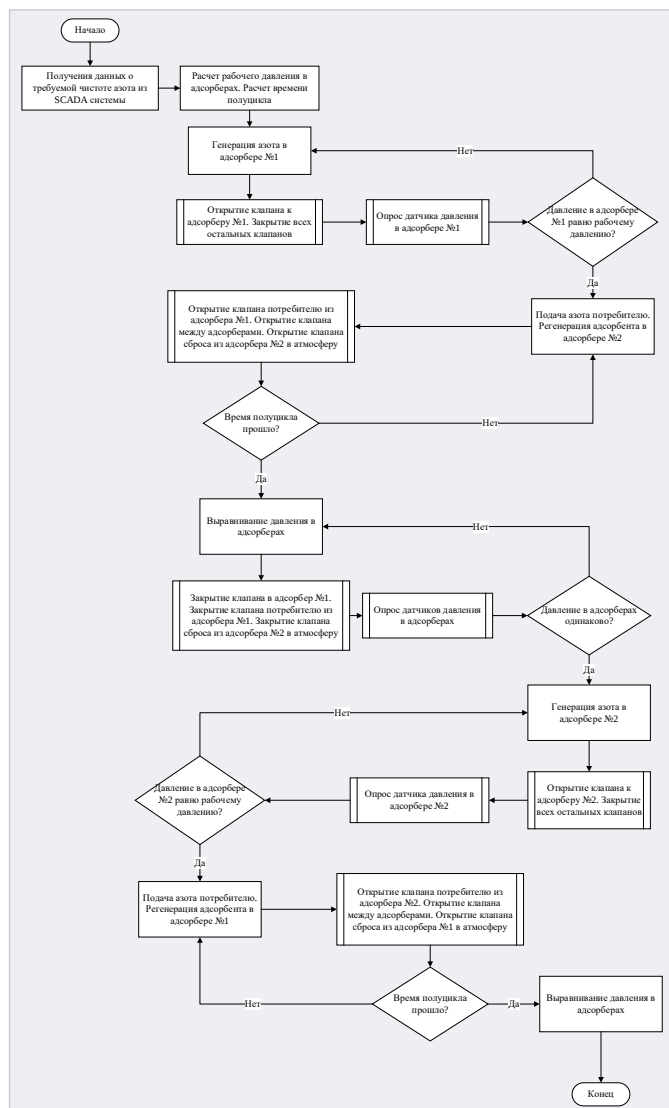


Рис. 3. Алгоритм управления ПЛК генератора азота

7–10 бар. Исходя из вышеизложенного, задача внедряемой автоматизированной системы управления состоит в регулировании давления газа на входе в генератор азота с учётом требуемых показателей чистоты получаемого азота.

Основываясь на опыте производителей системы управления для азотных установок, внедрение системы автоматического управления регулированием давления газа на входе в адсорбционную установку позволит исключить влияние неизбежных скачков давления сжатого воздуха и повысит качество производимого продукта.

Структурная схема системы автоматического регулирования давления показана на рис. 2. Информация о давлении подаётся на датчик давления с последующим преобразованием изменения давления в унифицированный токовый сигнал, который поступает на вход корректирующего фильтра и далее на вход регулятора с

типовым алгоритмом регулирования (ПИД регулятор). Регулятор формирует сигнал управления и через электродвигатель и заслонку воздействует на расход газа.

W_0 – передаточная функция газохода.
 W_1 – передаточная функция датчика с измерительным преобразователем.
 W_2 – передаточная функция корректирующего фильтра.
 W_3 – передаточная функция регулятора.
 W_4 – передаточная функция сервоэлектродвигателя.

W_5 – передаточная функция заслонки.
 После внедрения системы автоматического регулирования давления газа для контроля протекания всего технологического процесса требуется разработка автоматизированной системы управления. Состав предлагаемой системы управления состоит из двух программируемых контроллеров, контрольно-измерительных (датчиков) приборов и системы визуализации.

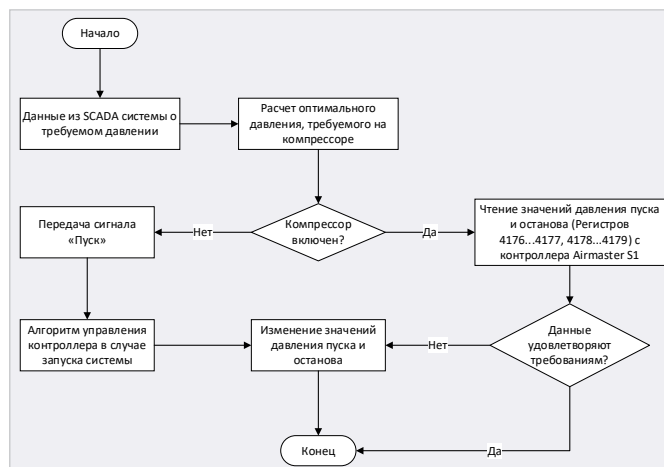


Рис. 4. Алгоритм управления контроллера в случае изменения давления

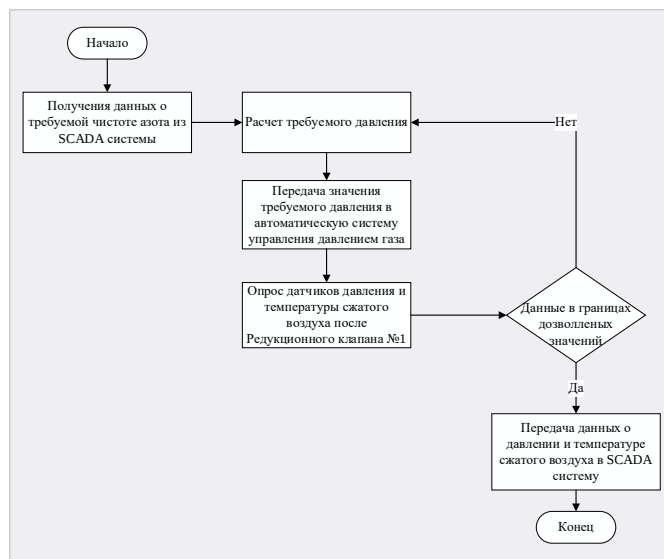


Рис. 5. Алгоритм управления контроллера регулирующим клапаном

Один из программируемых контроллеров используется для контроля и управления генератором азота. Алгоритм управления данного ПЛК представлен на рис. 3.

Основная задача по расчёту времени цикла, требуемого давления и температуры сжатого воздуха на входе в генератор азота, взаимодействие с системой визуализации и выполнение роли ведущего контроллера ложится на второй контроллер. Некоторые примеры разработанных алгоритмов управления основного контроллера представлены на рис. 4, 5.

Общая структура системы управления представлена на рис. 6. Обмен информацией между ПЛК реализован согласно протоколу Modbus RTU, в то время как взаимодействие между основным ПЛК и системой визуализации осуществляется по TCP/IP-протоколу.

Заключение

Причины и зависимость деформации микропористого адсорбента в

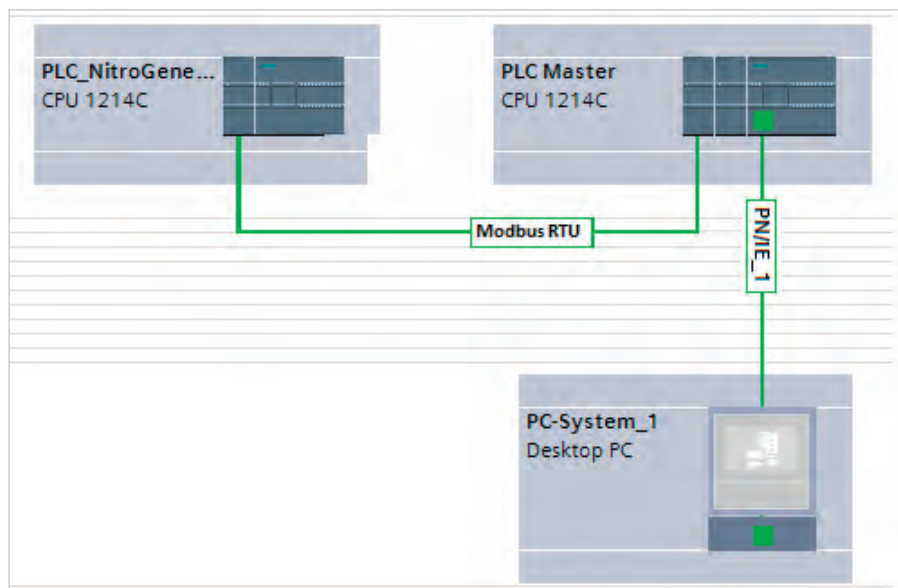


Рис. 6. Структурная схема системы управления

процессе адсорбции подробно описаны в [5]. Настоящая работа позволяет решить проблему неконтролируемого перепада давления и тем самым сократить износ адсорбента. Помимо этого, точная информация о давлении и его регулировании создаёт условия для применения технологии «Циф-

ровой двойник» к генератору азота и адсорбенту. Применение вышеописанных технологий даёт возможности для более глубокого исследования условий протекания процесса адсорбции и тем самым позволяет повысить качество продукции и сократить издержки во время производства.

Литература

1. Матвейкин В.Г., Погонин В.А., Путин С.Б. и др. Математическое моделирование и управление процессом короткоциклового безнагревной адсорбции. М.: Издательство «Машиностроение-1», 2007. 140 с.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2003. 763 с.
3. Бакаев В.Н. Теория автоматического управления: методическое пособие к лабораторному практикуму. Вологда: ВоГТУ, 2009. 56 с.
4. Вторин В.А. Основы АСУ ТП. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии имени С.М. Кирова, 2006. 154 с.
5. Фомкин А.А., Петухова Г.А. Особенности адсорбции газов, паров и жидкостей микропористыми адсорбентами // Журнал физической химии. 2020. № 3. С. 393–403.
6. Бейли на Н.Ю., Литкина Н.В., Петров А.В. и др. Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита «НИИГрафит». Углеродное молекулярное сито. Патент № 2467793 РФ, МПК В01J 20/20 (2006.01). № 2011103866/05; Заявл. 03.02.2011; Опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33.



До 30 кВт двунаправленной энергии в небольших приборах

Новые источники питания EA-PSB с наивысшей удельной мощностью на рынке



Elektro-Automatik

- 2 в 1: программируемый источник питания и электронная нагрузка в одном приборе
- Двунаправленная мощность с автодиапазонным выходом
- Полностью цифровой контроль и управление (U, I, P, R)
- КПД до 96%
- Опциональное герметичное водяное охлаждение
- Установленные интерфейсы (аналоговый, LAN, USB)
- Слот Anybus для установки дополнительных интерфейсов
- Моделирование (батареи, PV, FC), встроенный генератор функций
- Мощность 1,5; 3; 5; 10; 15 и 30 кВт, ширина 19", высота от 2U до 4U

ProSoft®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Прогнозирование качества шлифования с помощью цифрового двойника

Борис Соловьёв (РТУ МИРЭА)

В статье рассмотрена верхнеуровневая модель процесса шлифования и способы прогнозирования качества шлифования с помощью цифрового двойника. Описана архитектура процесса шлифования, использующая цифровой двойник и основные положения, на которых основывается прогнозная модель.

Введение

Для любого технологического производства всегда актуальна задача снижения трудоёмкости операций и себестоимости изготовления деталей с обеспечением заданных показателей качества. В современных научных исследованиях прослеживается поиск совершенствования методов шлифования, применяющихся на различных производствах. Одним из открытых вопросов является оптимизация инструментообеспечения при шлифовальных операциях на станках с ЧПУ.

Основная часть

На данный момент на производствах можно отметить 2 подхода к обработке заготовок при шлифовании:

- 1) на станке с ЧПУ автоматизирована отслеживаемость состояния инструмента и его правка при необходимости;
- 2) на станке с ЧПУ такой автоматизации нет.

В первом случае, когда оценка износа шлифовального круга и осуществление его правки уже полностью автоматизированы, надобность в моделировании процесса для осуществления мониторинга с целью оптимизации инструментообеспечения и разработке цифрового двойника данного технологического процесса отпадает.

Во втором же случае оператору или диспетчеру производства нужно самостоятельно отслеживать, выправлять и заменять инструмент с запасом по времени, при этом часто инструмент используется неэффективно.

Особенно данные проблемы будут критичны в случае использования «кассетных» заготовок, когда в зону шлифования подаётся сразу несколько заготовок, что приводит к увеличению количества ударов шлифовального круга о заготовки [8]. При таком

режиме гораздо труднее отследить точечные повреждения шлифовального круга, которые возникнут в результате частых столкновений, вследствие чего качество обработанной поверхности понижается [7]. Для решения данной проблемы наладчик обязан проверить изделие, выправить круг в случае необходимости и поставить обратно на станок или же заменить круг, если нет возможности провести правку [6].

Одним из вариантов решения данной проблемы является создание цифрового двойника на базе прогнозной модели.

Для разработки данной модели ограничимся станками, которые не снабжены системой автоматической правки шлифовальных кругов.

Рассмотрим групповое цеховое производство, где шлифовальные станки с ЧПУ имеют схожие возможности и типовые конструкции, однако отличаются, в большинстве своём, линейными размерами [9].

При таком производстве маршрут инструмента задаётся через G-code (язык программирования устройств с числовым программным управлением (ЧПУ)), и заготовка движется по определённой траектории, что приводит к неравномерному износу шлифовального круга [3].

Важно отметить, что при таком режиме работы производства сложно подобрать оптимальный по производительности маршрут обработки изделий с минимальной затратой ресурсов.

Прогнозная модель процесса шлифования должна учитывать следующие факторы:

- прохождение инструмента (шлифовального круга) по заданной траектории, аналогичной реальной траектории на реальном станке;
- воздействие заготовки на шлифовальный круг, при котором возникает точечное стачивание заготовки;

- изменение параметров в программе и сравнение их с реальными данными для корректировки;
- возможность составления программы правки шлифовального круга по определённой заданной траектории в зависимости от износа, а также учёт изменения расстояния между шлифовальным кругом и заготовкой на величину износа.

Такая модель зависит от множества параметров, которые, в конечном итоге, определяют изменение состояния системы по их совокупности.

Другими словами, данное условие необходимо для своевременной корректировки оборудования и возможности скорректировать состояние параметров при моделировании в реальном времени.

В настоящей работе рассматривается случай, когда обрабатываемая поверхность заготовки меньше ширины шлифовального круга. В таком случае у нас будут образовываться бороздки, которые будут влиять на качество шлифования [4].

Для примера можно рассмотреть головку самореза и шлифовальный круг, где заготовка имеет диаметр 7 мм, а ширина круга 10 мм.

Рассмотрим верхнеуровневую модель данного процесса шлифования.

Для составления прогнозной модели нам необходимо разделить шлифовальный круг на равные сектора и рассмотреть их неравномерное стачивание [2].

Далее должны быть определены параметры, которые мы можем отслеживать и корректировать в модели:

- термические параметры [5];
- частота вращения и сила резания;
- зависимость снижения качества шлифования от времени;
- влияние динамических воздействий;
- физико-химические свойства материалов заготовки и инструмента;

Так как точно описать и спрогнозировать поведение параметров системы в данном процессе практически невозможно, а параметры системы зависят друг от друга согласно описанным законам [10], то необходимо воспользоваться Байесовской вероятностью [1].

Байесовская вероятность поможет отследить изменение параметров диска в зависимости друг от друга.

Байесовская вероятность описывается формулой 1:

$$P(B_j | A) = \frac{P(A | B_j)P(B_j)}{\sum_{j=1}^N P(B_j | A)P(B_j)},$$

где $P(A)$ — вероятность события A ;

$P(A|B)$ — вероятность события A при наступлении события B ;

$P(B|A)$ — вероятность наступления события B при истинности события A ;

$P(B)$ — вероятность наступления события B .

Верхнеуровневый алгоритм модели процесса шлифования, основанной на Байесовской вероятности, будет иметь вид, показанный на рис. 1.

Также мы должны учитывать, что для реализации и апробации данной модели будет необходима автоматизированная система для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ с базой данных (САМ), которая будет способна передавать параметры в базу данных, с которой необходимо будет взаимодействовать.

Объединять все составляющие данной системы должен цифровой двойник.

Цифровой двойник представляет собой интерфейс взаимодействия оператора с объектом управления, моделирующий работу средств автоматизации и их алгоритмов. Цифровая модель включает в себя описание возможных вариантов неисправностей технологического оборудования, инструментов и варианты их устранения.

Благодаря цифровому двойнику модель не только сможет отражать текущее состояние процесса в режиме реального времени, но и позволит прогнозировать будущее состояние, основываясь на текущих данных благодаря прогнозной модели.

Заключение

Цифровой двойник, используя прогнозную модель на базе Байесовской вероятности и САМ-систему с базой данных, будет способен оптимальным образом использовать ресурсы производства, а точнее — увеличивать срок жизненного цикла инструмента, подбирать для этого оптимальный маршрут, а также помогать при составлении маршрутных карт.

Литература

1. Ясев А.Г., Меженная К.Г. Исследование точности процесса шлифования валов

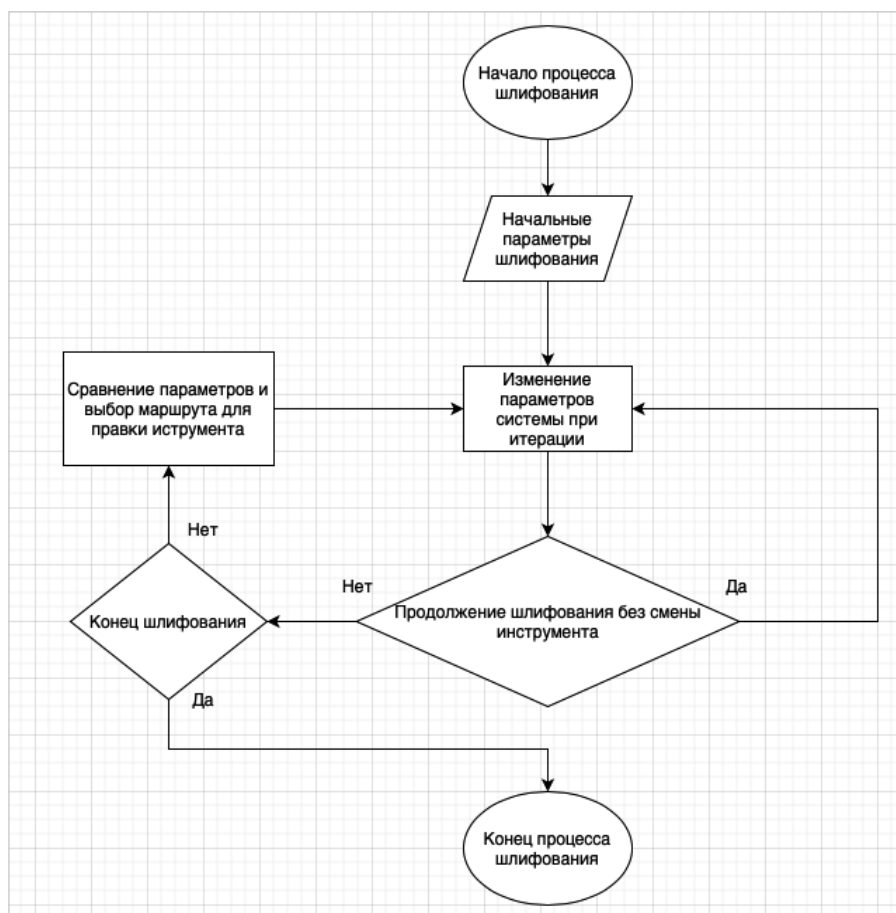


Рис. 1. Блок-схема алгоритма верхнеуровневой модели процесса шлифования

гидромашин // В сб.: Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ 2019 года. Сборник статей по материалам конференции / отв. ред. В.А. Соколова. СПб., 2020. С. 414–416.

2. Калиновская Е.В. Компьютерное моделирование в решении вопроса повышения качества обработки деталей при операциях шлифования // Проблемы науки. 2017. № 7 (20). С. 33–35.
3. Симонов В.В., Игнатьев А.А. Разработка функциональной схемы процесса обработки шлифованием с применением цифрового прибора активного контроля процесса шлифования колец подшипников // В сб.: Управление качеством на этапах жизненного цикла технических и технологических систем. Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции. Юго-Западный государственный университет. Курск, 2019. С. 181–184.
4. Зубарев Ю.М., Черненко В.И., Приемышев А.В. Разработка рациональных рабочих циклов с целью повышения эффективности процесса шлифования // Морские интеллектуальные технологии. 2020. № 2-2 (48). С. 148–154.
5. Гершиков И.В., Новиков Ф.В. Упрощенный подход к расчёту температу-

ры шлифования // В сб.: Физические и компьютерные технологии. Труды 20-й Международной научно-практической конференции. Харьков, 2014. С. 39–43.

6. Козлов Д.В., Игнатьев А.А. Динамическая модель процесса врезного шлифования с учетом износа шлифовального круга // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 3. № 2 (58). С. 63–66.
7. Лапшин А.В., Балашихов В.Н., Юдаев С.Н. Двустороннее шлифование в подвижных центрах // Металлообработка. 2011. № 3 (63). С. 2–7.
8. Воронков А.В. Математическая модель шероховатости поверхности детали при плоском шлифровании с усложнённой кинематикой // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2011. № 2-3 (236). С. 22–30.
9. Ардашев Д.В. Анализ различных механизмов износа абразивного зерна в процессах шлифования // Современные фундаментальные и современные исследования. 2018. № 2 (29). С. 18–24.
10. Подборнов И.В., Свиричев В.И. Прогнозирование формирования остаточной шероховатости поверхности при плоском торцовом планетарном шлифовании // СТИН. 2011. № 5. С. 36–37.



Уроки импортозамещения от MT Microsystems: МЭМС-компоненты для навигации и связи

Александр Бекмачев (bae@favorit-ec.ru)

Компания MT Microsystems с 25-летним опытом разработки и производства инерциальных МЭМС-компонентов открывает российским потребителям новые возможности использования акселерометров, гироскопов, БИНС, узлов АФАР для ответственных применений. Собственный девиз «Постигать мир и вести за собой к будущему» воплощается компанией буквально, об этом говорят её производственные и рыночные успехи.

Один из столпов китайской индустрии МЭМС (Микроэлектромеханические системы) компонентов для инерциальных измерительных систем и средств радиосвязи, компания MT Microsystems более двух десятилетий ведет собственные разработки и развивает полупроводниковые технологии для обеспечения импортозамещения. Показателем признания успехов служит председательство компании в национальной Ассоциации производителей МЭМС-компонентов. Основой рыночной устойчивости производителя служит штат квалифицированных сотрудников, число которых превысило в 2021 г. 200 человек, а также полный собственный производственный цикл на промышленной площадке в г. Шицзячжуан в провинции Хэбэй континентальной части КНР. На заводе предприятия функционирует производство МЭМС на базе 6" пластин КНИ (кремний на изоляторе) с про-

ектными нормами 0,5 мкм. В конце производственной цепочки происходит корпусирование кристаллов в ИМС (интегральная микросхема) для поверхностного монтажа, а также сборка и калибровка функционально законченных модулей БИНС (бесплатформенная инерциальная навигационная система) на основе собственных ИМС.

Основные компетенции компании: инерциальные МЭМС-датчики и модули для навигации, разнообразные автомобильные датчики, датчики давления, МЭМС-ключи для радиопередающих устройств.

Главные рынки, для которых работает MT Microsystems:

- национальная космическая программа и авиация;
- подвижной состав и инфраструктура высокоскоростных железных дорог;
- автомобилестроение;

- беспилотная навигация и системы помощи при вождении для наземного транспорта;
- геофизические исследования, системы внутрискважинной навигации и диагностики при бурении и добыче;
- сейсмография и промышленный вибромониторинг;
- потребительская электроника: Интернет вещей, умные дома, умная бытовая техника;
- системы радиосвязи и радиолокации диапазонов ВЧ/СВЧ.

Российские проекты, реализованные при участии ООО «Фаворит-ЭК», которые стали возможны благодаря применению продукции MT Microsystems:

- блоки навигации;
- устройства стабилизации полезной нагрузки;
- системы трекинга / контроля статуса подвижного состава;
- гироинклинометрические системы для MWD/LWD.

Обзор продукции

Компания MT Microsystems провела системную работу по импортозамещению, создав базовую линейку ИМС с чувствительными элементами и формирователями сигналов и стандартных

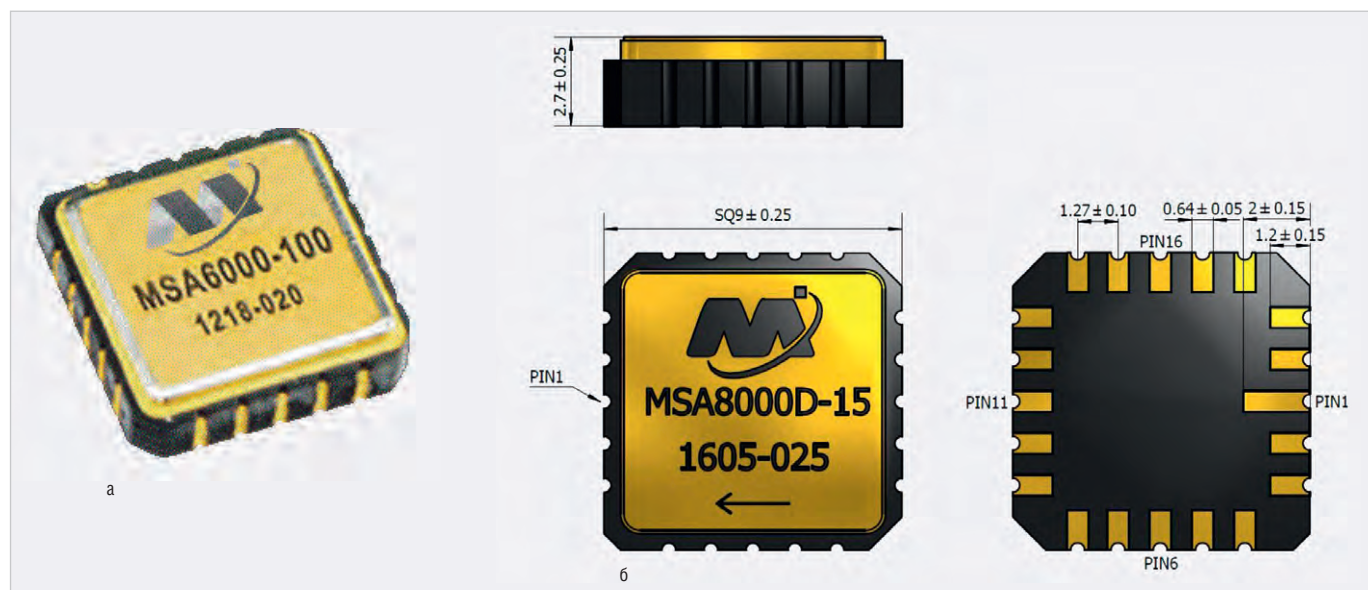


Рис. 1. ИМС акселерометров: а) внешний вид; б) габаритные размеры

интерфейсов. На основе собственной компонентной базы создаются и более сложные системы с использованием продукции сторонних производителей, например, комплексные инерциально-спутниковые блоки навигации.

Акселерометры

Заметным успехом MT Microsystems стало создание ИМС-акселерометра серии MSA6000 для диапазонов измерения от $\pm 2g$ до $\pm 200g$ в керамическом корпусе LCC20 – аналога серии MS9000 Safran-Colibrys. Впоследствии, с внедрением ASIC, появилась версия акселерометра в том же корпусе с цифровым интерфейсом – MSA8000D, рис. 1. Акселерометры проходят заводскую калибровку для обеспечения стабильности рабочих характеристик при рабочих температурах $-55 \dots +125^\circ\text{C}$ и сохраняют параметры при одиночных ударных воздействиях до $10\,000g$. Сравнение с ближайшим аналогом приведено в табл. 1.

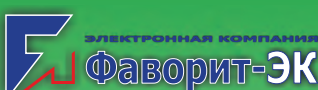
Для лабораторных исследований, текущего контроля режимов работы промышленного оборудования, испытаний авиационной техники, включая вертолёты, диагностики высот-

Таблица 1. Сравнительные характеристики ИМС-акселерометров

Параметр	Единица измерения	Название, производитель	
		MS9000 Safran Sensing Technologies Switzerland SA (Colibrys)	MSA8000D MT Microsystems Co., Ltd.
Тип корпуса	–	LCC20	LCC20
Диапазон измерений	g	$\pm 2 \dots \pm 200$	$\pm 2 \dots \pm 200$
Разрешающая способность	mg	$< 0,1 \dots 11$	$0,05 \dots 10$
Интерфейс	–	аналоговый, ратиометрический	цифровой, SPI
Направление оси чувствительности		ортогонально	планарно
Дрейф нуля на температурном диапазоне	mg	$< 10 \dots < 1000$	$20 \dots 100$
Температурный коэффициент смещения	mg/ $^\circ\text{C}$	$< 0,1 \dots < 10$	$\leq 0,1 \dots \leq 10$
Температурная стабильность масштабного коэффициента (МК)	ppm/ $^\circ\text{C}$	100	$\leq 100 \dots \leq 200$
Нелинейность	% от МК	$< 0,8 \dots < 1$	$< 0,1 \dots < 0,5$
Полоса пропускания (–3 дБ)	Гц	от 0 до ≥ 100	147
Резонансная частота	кГц	$1,4 \dots 26$	$1,3 \dots 11,4$
Диапазон рабочих температур	$^\circ\text{C}$	$-55 \dots +125$	$-55 \dots +125$
Стойкость к ударам	g	6000 (полусинус, 0,15 мс, одиночный, в 1 напр.)	10 000 (полусинус, 2 мс, 3 раза в каждом напр.)
Напряжение питания	В	$2,5 \dots 5,5$	$5,0 \pm 0,1$
Потребляемая мощность	мВт	$2 \dots 7,5$	100

МЫ РАСТИМ БУДУЩЕЕ...

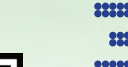




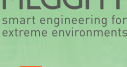
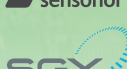


























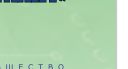










ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ



Актуальный склад -
смотрите онлайн

Реклама

Россия, 105318, Москва, Семеновская площадь, д.7, e-mail: info@favorit-ec.ru, тел/факс: +7(495) 627 76 24, www.favorit-ec.ru



Рис. 2. Акселерометры в металлических корпусах: а) MSA1000; б) MSV3100A; в) MSV3070; г) MSV1210B; д) MSV1250B

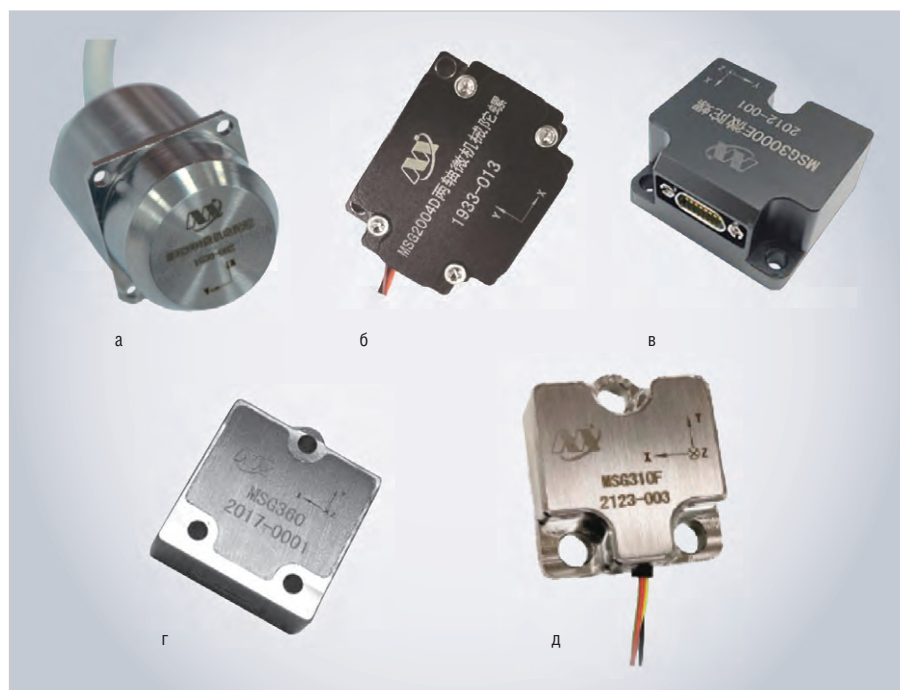


Рис. 4. Гироскопы в металлических корпусах: а) MSG2004F; б) MSG2004D; в) MSG3000E; г) MSG360; д) MSG310F

ных зданий и сооружений, плотин, мостов, железнодорожной инфраструктуры выпускаются виброакселерометры в металлических корпусах промышленного стандарта с унифицированными системами крепления и интерфейсами. Малошумящие акселерометры MSA1000(A), MSV3100(A), MSV3070/3071, MSV1210B, MSV1250B имеют от 1 до 3 измерительных осей и обеспечивают регистрацию сигналов в полосе от 0 до 10 000 Гц для диапазона $\pm 2g \dots \pm 200g$ у разных моделей, рис. 2.

Инклинометры

Специализированное решение предлагается для двухплоскостной стабилизации подвижных спутниковых антенн, узлов радарных устройств, платформ с промышленным, геофизическим и другим оборудованием, видеотеодолитов и оборудования сходного назначения, а также для контроля и компенсации крена вагонов высокоскоростных поездов. Двухосевые термокомпенсированные инклинометры MTS2006 имеют несколько исполнений с диапа-



Рис. 3. Внешний вид инклинометра MTS2006

зонами измерений от $\pm 5^\circ$ до $\pm 75^\circ$ с точностью $0,01^\circ$, оснащаются интерфейсами RS-232, RS-422, RS-485 скоростью обмена до 115 200 бит/с. Компактный корпус $33 \times 35 \times 17,5$ мм обеспечивает уровень защиты IP68 (рис. 3).

Гироскопы (ДУС)

Функционально законченные датчики угловых скоростей (ДУС) представлены сбалансированной линейкой высокостабильных одно-, двух- и трехкомпонентных гироскопов в прочных металлических корпусах. Базовые версии ДУС охватывают диапазон угловых скоростей $\pm 450^\circ$ с возможностью расширения до $\pm 3600^\circ$, полоса пропускания может быть расширена с базовой 150 Гц до 250 Гц. Лучшие показатели нестабильности смещения, которые обеспечиваются в диапазоне рабочих температур $-45 \dots +85^\circ\text{C}$, составляют $0,8 \dots 3,0^\circ/\text{ч}$ для различных моделей. Для внешней термокомпенсации в конструкциях ДУС предусмотрены встроенные датчики температуры. В стандартном исполнении все блоки имеют интерфейс RS-422. Внешний вид гироскопических блоков MSG2004F в цилиндрическом корпусе с фланцем $22 \times 22 \times 30,5$ мм и MSG2004D, MSG3000E, MSG360, MSG310F в прямоугольных корпусах объемом от 4,1 до $37,2 \text{ см}^3$ показан на рис. 4.

Особого внимания заслуживает одноосный гироскоп MSG1100D в компактном стальном корпусе, специальная версия которого имеет подтвержденную многолетнюю историю применения в РФ, рис. 5. В заданных условиях применения этот датчик успешно конкурирует с однокомпонентной версией Sensoror STIM210, сравнение приведено в табл. 2.

Для замены 2- и 3-компонентных версий STIM210 стоит рассмотреть модуль в аналогичном корпусе – MSG3000E.



Рис. 5. Внешний вид гироскопа MSG1100D(C)-300



Рис. 6. Инерциальные модули MSI310, MSI313, MSI362, MSI3000F

Инерциальные модули

Инерциальные измерительные модули MT Microsystems имеют преимущественно 6-компонентную конфигурацию и также созданы на основе собственных чувствительных МЭМС-элементов. Модель начального уровня MSI310, уже известная российским потребителям, в своё время была создана как прямая замена Analog Devices ADIS16465-2 (табл. 3). Модули MSI313, MSI362, MSI370A в корпусах близкого габарита и веса имеют нарастающую от модели к модели точность и стабильность, что позволяет заказчику выбирать для массовых применений подходящую пропорцию цена/производительность (рис. 6). Старшей моделью в настоящий момент является MSI3000F, эксплуатационные и весогабаритные характеристики которой наиболее близки к Sensoror STIM300, см. табл. 4.

На основе базовых моделей создаются специальные решения, например, для железнодорожной техники.

Таблица 2. Сравнительные характеристики однокомпонентных ДУС

Параметр	Единица измерения	Название, производитель	
		STIM210, 1 компонент Safran Sensing Technologies Norway AS (Sensoror)	MSG1100D(C)-300 MT Microsystems Co., Ltd.
Размеры корпуса	мм	38,6×44,8×21,5	20×22×10,2
Диапазон измерений	°/с	±400	±300 (±100 ... ±5000)
Интерфейс	—	RS-422	SPI / RS-422
Дрейф нуля	°/ч	4...10	≤10
Случайный угловой уход	°/√ч	0,15	≤0,2
Нелинейность МК	ppm или % от МК	25 ppm	≤0,1 % от МК
Полоса пропускания (-3 дБ)	Гц	От 16 до 262	120
Диапазон рабочих температур	°C	-40...+85	-40...+85
Стойкость к ударам	g	1500 (полусинус, 0,5 мс в любом направлении)	2000
Напряжение питания	V	5,0 ± 0,5	5,0 ± 0,1
Потребляемая мощность	мВт	<1500	<150

Табл. 3. Сравнительные характеристики инерциальных измерительных модулей MSI310 и ADIS16465-2

Параметр	Единица измерения	ADIS16465-2 Analog Devices	MSI310 MT Microsystems Co., Ltd.
Интерфейс	—	SPI	SPI / RS-422
Напряжение питания	V	3,0...3,6	4,5...5,5
Потребляемый ток	мА	44...55	28 ± 5
Диапазон рабочих температур	°C	-40...+105	-40...+85
Материал корпуса	—	алюминиевый сплав	SUS304 (08X18H10)
Размеры корпуса	мм	22,4 × 22,4 × 9,0	22,4 × 22,4 × 9,0
Стойкость к ударам	g	2000	2000
Гироскопы			
Диапазон измерений	°/с	±500	±450
Полоса пропускания (-3 дБ)	Гц	550	≥100
Изменение масштабного коэффициента (МК) в температурном диапазоне (-40 ... +85°C, 1σ)	%	±0,3	±0,1
Погрешность несоосности (1σ)	°	±0,05	±0,05
Нелинейность (на полном диапазоне)	% от МК	0,2	0,04
Нестабильность нулевого сигнала (1σ)	°/ч	2,5	10
Случайный угловой уход (1σ)	° / √ч	0,15	0,4
Температурная погрешность (-40 ... +85°C, 1σ)	°/с	±0,2	±0,2
Погрешность от линейного ускорения	°/с / g	0,009	0,005
Акселерометры			
Диапазон измерений	g	±8	±15
Полоса пропускания (-3 дБ)	Гц	600	≥100
Изменение масштабного коэффициента (МК) в температурном диапазоне (-40 ... +85°C, 1σ)	%	±0,1	±0,1
Погрешность несоосности (1σ)	°	±0,05	±0,05
Нелинейность (на полном диапазоне)	% от МК	0,5...1,5	0,03
Нестабильность нулевого сигнала (1σ)	mg	3,6	70
Случайный уход по скорости (1σ)	м/с / √ч	0,012	0,07
Температурная погрешность (-40 ... +85°C, 1σ)	mg	±1	±3

Табл. 4. Сравнительные характеристики инерциальных измерительных модулей MSI3000F и STIM300

Параметр	Единица измерения	STIM300 Safran Sensing Technologies Norway AS (Sensoror)	MSI3000F MT Microsystems Co., Ltd.
Интерфейс	—	RS-422	RS-422
Частота дискретизации	отсчётов/с	≤2000	1000
Напряжение питания	V	5,0±0,5	5,0±0,3
Потребляемый ток	мА	300	300
Материал корпуса	—	Алюминиевый сплав	Алюминиевый сплав
Размеры корпуса	мм	38,6×44,8×21,5	38,6×44,8×20,5
Диапазон рабочих температур	°C	-40 ... +85	-40 ... +85
Стойкость к ударам	g	1500	≥2000
Несоосность чувствительных элементов	мрад	1	3
Гироскопы			
Диапазон измерений	°/с	±400	±450
Полоса пропускания (-3 дБ)	Гц	16 ... 262	150 (10 ... 250)
Изменение масштабного коэффициента в температурном диапазоне	ppm	±500	≤20
Нестабильность нулевого сигнала (1σ)	°/ч	0,3	0,8
Случайный угловой уход (1σ)	° / √ч	0,15	0,1
Акселерометры			
Диапазон измерений	g	±10 (±5; ±30; ±80)	±15
Полоса пропускания (-3 дБ)	Гц	90 ... 214	150 (10 ... 250)
Изменение масштабного коэффициента в температурном диапазоне	ppm	100	≤100
Нестабильность нулевого сигнала (1σ)	mg	0,05	0,015
Случайный уход по скорости (1σ)	м/с / √ч	0,07	0,015



Рис. 7. Блоки датчиков для железнодорожной техники: а) MSV3009; б) MSVT1101A-100

Трёхкомпонентный виброакселерометр MSV3009 призван контролировать устойчивость колёсной тележки и деформацию корпуса вагона. Конструкция датчика в корпусе уровня IP68 обеспечивает защиту от ЭМП, механических повреждений и отвечает требованиям эксплуатации на железных дорогах. Комбинированный датчик MSVT1101A-100 для локомотивов одновременно измеряет вибрацию и температуру в месте установки для обеспечения безаварийных режимов работы приводных механизмов (рис. 7). В обоих датчиках предусмотрена цепь автоматического самотестирования.

БИНС с ГНСС

Весьма значительным успехом компании стало создание БИНС MNV420A со встроенным мультисистемным приёмником сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Характеристики блока позволяют использовать его в системах помощи при вождении ADAS на дорогах общего пользования и обеспечивают выполнение требований по автономному вождению уровней L3, L4. Одна из версий MNV420 получила признание государственной автомобилестроительной компании KHP SAIC Motor Corporation и интегрирована в легковой автомобиль Marvel R, магистральный автономный грузовик и в перспективный электрический внедорожник. Благодаря переносимости решения и наличию универсального интерфейса CAN блок может быть встроен в систему управления карьерной, строительной, сельскохозяйственной и прочей

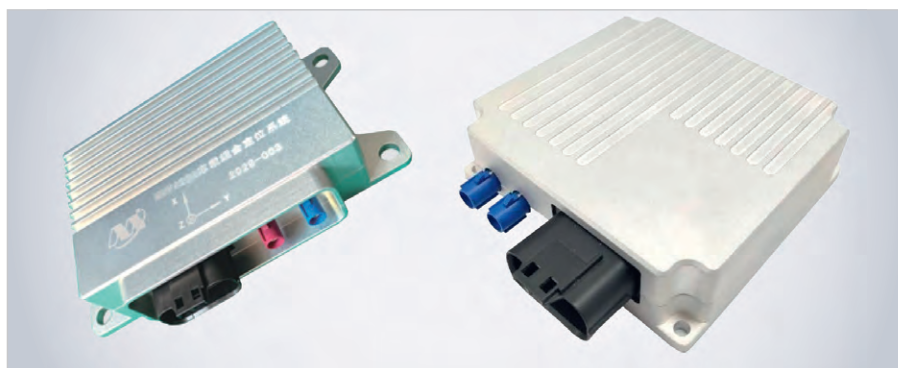


Рис. 8. Варианты исполнения корпуса блока инерциально-спутниковой навигации MNV420A

Табл. 5. Основные характеристики навигационной системы MNV420A

Характеристика	Параметр	Значение	Единица измерения
Комбинированный режим ИНС+ГНСС (точность определения)	Крен / тангаж (1σ)	0,1	°
	Курс (1σ)	0,2 / базовая линия 1 м	°
	Положение (1σ)	1,5 м (SPP), 2 см + 1 ppm (RTK)	—
	Скорость (1σ)	0,03	м/с
Автономное навигационное решение, только ИНС	Погрешность определения положения при потере сигнала ГНСС (10 с)	0,2	м
	Погрешность определения положения при потере сигнала ГНСС, пробег/продолжительность (1 км / 2 мин)	0,2	%
	Погрешность определения курса при потере сигнала ГНСС (1 мин)	0,15	°
Гироскоп	Диапазон измерений	± 450	°/с
	Стабильность нуля	10	°/ч
	Нестабильность смещения нуля	2	°/ч
	Смещение нуля в температурном диапазоне	0,1	°/с
	Нелинейность масштабного коэффициента	100	ppm
Акселерометр	Диапазон измерений	± 8	g
	Стабильность нуля	0,2	mg
	Нестабильность смещения нуля	0,02	mg
	Смещение нуля в температурном диапазоне	2	mg
	Нелинейность масштабного коэффициента	200	ppm
Общие	Напряжение питания	9...24	В
	Потребляемая мощность	≤ 6	Вт
	Габаритные размеры	155 × 81 × 35	мм
	Вес	<450	г
	Тип интерфейса	RS-422, CAN	
	Частота обновления данных	100	Гц
	Скорость передачи данных	RS-422, 230 400; CAN, 500K	бит/с
	Диапазон рабочих температур	-40...+85	°C
	Диапазон температур хранения	-50...+105	°C

мобильной техникой с разной степенью автономности (рис. 8). Дополнительный интерфейс RS-422 230 400 бод при частоте обновления данных 100...200 Гц обеспечивает выполнение и более сложных задач, связанных со стабилизацией полезной нагрузки, навигацией и ориентированием в полёте. Основные характеристики приведены в табл. 5.

Радиочастотные компоненты

МЭМС-изоляторы серии SiIS и циркуляторы серии SiDCR с установленным нижним пределом рабочей температу-

ры -55°C рассчитаны на работу в радиотрактах диапазонов C, X, Ku, K, Ka на частотах от 6 до 38 ГГц.

Основные параметры для разных моделей:

- размер на плате: от 4,5×5 мм до 8×10 мм при высоте 2,7...3 мм;
- коэффициент стоячей волны (VSWR): 1,25...1,4;
- вносимые потери: 0,5...0,8 дБ;
- величина развязки (ISO): 11...20 дБ.

Внешний вид циркуляторов и изоляторов в исполнении для поверхностного монтажа приведён на рис. 9.

За пределами нашего обзора останутся другие компоненты MT Microsystems, такие как датчики температуры, разнообразные МЭМС-датчики давления для воздушных и гидравлических магистралей в промышленном оборудовании, авиационной, морской, железнодорожной технике, энергетике, системах вентиляции, отопления, кондиционирования, в коммунальном хозяйстве, транспортной и логистической инфраструктуре, для систем распределения энергоресурсов и пр.

Особого внимания заслуживает продукция MT Microsystems для автомобильной техники: датчик массового расхода воздуха (ДМРВ), датчик дифференциального давления, датчик абсолютного давления во впускном коллекторе – ДАД или MAP, датчик давления паров топлива, датчик давления гидравлической/тормозной системы, датчик дав-

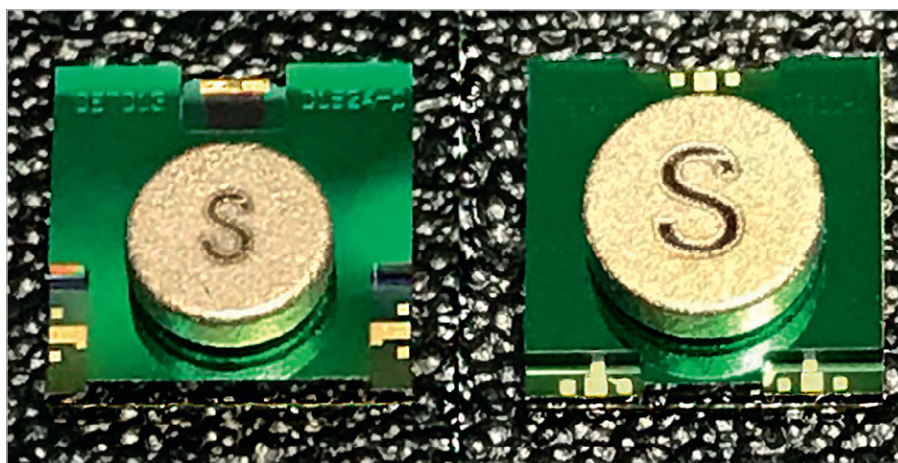


Рис. 9. Внешний вид МЭМС-циркуляторов и изоляторов

ления кондиционера, датчик обратного давления выхлопных газов, датчик температуры масла и охлаждающей жидкости. Качество продукции подтверждено действующим Сертификатом № 0414485

соответствия стандарту IATF16949:2016 управления качеством для поставщиков автомобильной промышленности.

Это объёмная тема, и она заслуживает отдельной публикации. 

НОВОСТИ МИРА

Воронежский ARM-МИКРОКОНТРОЛЛЕР K1921BK01T поставят управлять Единой ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЧНЫХ ТРАМВАЙЧИКОВ

Электросуда с микроконтроллерами K1921BK01T на борту уже курсируют по Москве-реке в опытном режиме.

О том, что после 16-летнего перерыва возродятся регулярные перевозки пассажиров по Москве-реке, стало известно около года назад. Но это не просто возвращение легендарного речного трамвайчика: речные маршруты будут интегрированы в общую систему городского пассажирского транспорта, а регулярные рейсы впервые в мире будут осуществляться электрическими речными судами в круглогодичном режиме. Эти экологичные речные трамвайчики получат имена московских рек. Имя первого из них – «Синичка» (в честь реки, протекающей через Соколиную Гору, Лефортово и Басманный) – выбрали пользователи проекта «Активный гражданин». Об этом CNews сообщили представители АО «НИИЭТ».

Но за романтикой речных судов скрываются сложные и ответственные технологии. Среди них – управление силовыми установками, энергосистемой, электроприводами рулей и т. п. Для решения этой задачи необходим надёжный микроконтроллер, и на эту роль в новых электрических судах было

выбрано изделие воронежского НИИ электронной техники K1921BK01T.

Данный 32-разрядный микроконтроллер, основанный на ядре ARM Cortex-M4F, подходит для управления электроприводами и электрическими силовыми установками благодаря расширенным функциям и большому набору интерфейсов, включая девять модулей ШИМ, из которых шесть – с поддержкой режима высокого разрешения; шесть модулей захвата/сравнения; три аналоговых компаратора. Также микросхема имеет два порта CAN 2.0b, интерфейсы USB 2.0 Device/Host с физическим уровнем PHY, Ethernet 10/100 Мбит/с, UART, SPI, I²C.

Микроконтроллер работает на тактовой частоте 100 МГц, снабжён Flash-памятью ёмкостью 1 МБ, встроенным ОЗУ 192 КБ и имеет в своём составе двенадцать двухканальных 12-разрядных АЦП. Выпускается микросхема в пластиковом корпусе типа QFP-208.

Благодаря широкому функционалу ИС K1921BK01T для решения задач, возложенных на них в рамках аппаратуры управления энергосистемой и электроприводами электрического судна, понадобилось всего два таких микроконтроллера, которые вошли в состав аппаратуры, разработанной петербургской компанией «Русское электротехническое общество».

Помимо систем управления, ИС K1921BK01T может применяться в средствах измерения, связи, наблюдения, безопасности, автоматизации производства,

в медицинской технике, энергетике и других областях.

«То, что наш микроконтроллер был выбран в качестве основы для устройств управления энергосистемой и электроприводами инновационного электрического речного трамвайчика, – с одной стороны, большая честь для нас, а с другой – достойная оценка нашего решения. Транспорт вообще и речные суда в частности – это область техники, в которой сегодня очень многое зависит от электроники, в том числе жизнь и безопасность людей, поэтому к надёжности электронных компонентов здесь предъявляются очень жёсткие требования. Мы гордимся, что наш микроконтроллер подтвердил соответствие этим высоким стандартам», – сказал коммерческий директор АО «НИИЭТ» Владимир Малеев.

Электросуда с микроконтроллерами K1921BK01T на борту уже курсируют по Москве-реке в опытном режиме. Ожидается, что движение по двум маршрутам («Фили – Киевский вокзал» и «Печатники – Автозаводский мост») откроется в этом году. Сначала на маршрутах будут работать девять таких судов, способных перевозить до 80 пассажиров (они будут снабжены 50 сидячими и 30 стоячими местами), затем количество судов планируется довести до 21. Также этот проект имеет хороший потенциал для масштабирования. В частности, существуют планы запустить в будущем подобные электрические речные трамвайчики в Нижнем Новгороде.

russianelectronics.ru

Доверие к искусственному интеллекту и факторы риска его применения в различных сферах жизни

Роман Болбаков, Михаил Коваленко, Антонио-Кристи Исаев (РТУ МИРЭА)

Стремительное развитие искусственного интеллекта (далее – ИИ) обусловило его широкое применение во всём мире, однако феномен искусственного интеллекта на данный момент недостаточно изучен, что подтверждается малым количеством исследований, проведённых в этой сфере, по причине её новизны. Данная работа призвана исследовать вопрос доверия к искусственному интеллекту, рассмотреть выделенные на сегодня факторы, на которые можно опираться при изучении данного вопроса, а также обсудить вопросы внедрения искусственного интеллекта в такие сферы, как повседневное использование, бизнес и военные структуры.

Введение

Исследование берёт своё начало в работе «Доверие в искусственном интеллекте» [1], собранной на основе изучения отношения населения пяти стран (США, Канады, Германии, Великобритании и Австралии), в котором приняло участие 6054 человека, к ИИ. Выводы оказались достаточно интересными: большая часть опрошенных (62%) слышали о существовании технологии ИИ, однако мало понимают, как именно она поможет в повседневной жизни. Кроме того, 81% респондентов ожидают, что ИИ будет регулироваться на законодательном уровне и что должен существовать новый независимый регулятор ИИ.

Выводы, полученные данным исследованием, подкрепляются также и основными тезисами из многочисленных работ по изучению этого вопроса, например, тезисы статьи Дашкова Андрея Александровича [2] о факторах, которые человечеству и государству необходимо принимать во внимание при решении столь трудной дилеммы, как изучение доверия и этичности ИИ. Видите ли, в отличие от заранее запрограммированных сценариев, ИИ способен обучаться и делать выводы, которые человеком могут трактоваться двояко (примеры будут рассмотрены в статье), в конце концов, интеллект – это качество психики, которое характеризуется способностью приспосабливаться к различным ситуациям, способностью к обучению и запоминанию информации и пониманию абстрактных концепций, которым нам ещё предстоит обучить машины, а что говорить о бесконечных научно-фантастических сценариях развития ИИ!

Можно также упомянуть о знаменитых законах робототехники Айзека Азимова, которые можно использовать и в применении ИИ. На их основе предлагается рассмотреть некоторые варианты планирования подхода к разработке и обучению ИИ.

Анализ проблемы в гражданской сфере

Рассмотрим пример работы с искусственным интеллектом на примере известной компании Tesla и их разработок в сфере управления транспорта на основе компьютерного зрения. С точки зрения законодательства подобное решение является лишь достаточно умной системой удержания автомобиля на полосе, однако как западные, так и отечественные разработки гражданских беспилотников в лице Яндексa стремятся создать достаточно мощный ИИ для решения задачи передвижения по дорогам общего пользования. В таких ситуациях стоит учитывать внештатное поведение, которое в состоянии обработать человек, однако подобные вопросы вводят ИИ и его разработчиков в ступор выбора вариантов действия. В ход вступают извечные дилеммы, такие как дилемма вагонетки [3] в слегка изменённом формате. Перед водителем резко появляется выбор препятствия: пешеход или бетонное ограждение, учитывая, что скорость автомобиля достаточно высока для полной остановки и, скорее всего, приведёт к неминуемой гибели одного из участников дилеммы. Этим вопросом задались и создатели ресурса «Moral Machine» [4], который предоставляет 13 вариантов выбора различных имитирован-

ных ситуаций. В ходе исследования результатов выбора было рассмотрено более 11 млн возможных сценариев поведения, на основании которых и предлагается обучение ИИ для понимания необходимого выбора. Также при разработке подобной системы стоит учитывать результаты краш-тестов на различных скоростях для понимания возможных повреждений самим ИИ в ходе решения подобного вопроса.

Не стоит забывать и о правовом аспекте подобных беспилотников. Прецедентом на данный момент стало поведение машины Tesla, которая хоть и остановилась на требование сотрудника полиции, однако, не дождавшись его, скрылась с места остановки. Этот эпизод считается феноменальным по причине того, что закону неизвестно, что делать с искусственным интеллектом, который, по сути, нарушил правила. Если рассматривать вопрос конкретней, кто должен понести наказание за превышение скорости: автомобиль (что в текущий момент звучит как бессмыслица), его владелец, не ответственный за поведение беспилотника, или же компания, создавшая его, не предусмотревшая подобный сценарий? Правовым ведомствам предстоит серьёзная работа по урегулированию всех аспектов подобной технологии [5].

Анализ вопроса в бизнес-сфере

Рассматривая возможности ИИ, невозможно задвигать его применение бизнесом на задний план. Начиная от задач, с которыми мы уже более или менее научились справляться, таких как анализ больших данных и введение систем распознавания речи и текста, заканчивая задачами, которые в перспективе могли бы лишиться множество людей их рабочих мест, что уже является вопросом этичности ИИ. Несмотря на полезность ИИ, не стоит забывать, что технологии подвержены кибератакам или нарушению данных, способных привести к неминуемым последствиям, например, ошибкам при анализе крови, ведущим к неправильному лечению пациентов.

Говоря о бизнесе, стоит понимать, что на текущем этапе развития невоз-

можно оставить систему, например, систему принятия решений, в подчинении ИИ, ведь недостаточно обученный механизм способен выдавать ошибки за счёт непонимания полученного результата вследствие нарушения данных. Системам искусственного интеллекта можно передать решения тех или иных бизнес-процессов, которые требуют анализа большого количества заранее известных факторов, при помощи которых система сможет анализировать решения.

Анализ проблемы в оборонной промышленности

Системы ИИ в оборонной промышленности способны принести как массу пользы, так и большие потери за счёт ошибок в интерпретации данных. Если даже человеку в экстремальной ситуации порой сложно применять принцип «свой-чужой», а решение зачастую приходит благодаря неожиданным факторам, таким как жесты, мимика, речь или внешний вид, то ИИ и подавно не справится с подобной задачей сразу. Кроме того, следует учитывать, что летальное оружие с применением технологий ИИ может неправильно интерпретировать заранее изученные данные и атаковать гражданских, что не позволяет полностью довериться подобным системам в боевом режиме. Однако, несмотря на все риски, с точки зрения человеческой этики спасти жизнь рядового, не дав ему погибнуть на поле боя, за счёт применения беспилотников, анализирующих ситуацию на основе холодного расчёта, гораздо более приемлемый вариант.

Готово ли общество к принятию этических решений с помощью ИИ?

Современные технологии в области ИИ являются примерами тенденции к повышению уровня сложности и автономии в самых разных процессах [6]. Уже давно существуют опасения по поводу этики ИИ, которые обозреваются и обсуждаются в различных трудах и работах, включая современную художественную литературу и исследования [7, 8].

Доверие касается вопросов в области компетенции человеческого познания. Также доверие касается и задач, которые человек может выполнить самостоятельно. Человек делегирует задачи, если у него нет желания их выполнять или он неспособен приступить к их

выполнению и решить их самостоятельно. В этом случае человек может положиться на общепринятое мнение или на авторитетное лицо [9].

Вопросы, рассматриваемые в статье, поднимались до этого в исследованиях [10], где авторы утверждали, что этические рассуждения и принятие этических решений различны: первое может быть достигнуто людьми, а второе (на сегодняшний день) едва ли может быть выполнено передовыми машинами. Формально в работе иностранных коллег [10] изучаются эти два понятия, но мы (люди) воспринимаем это различие интуитивно. Учитывая современные технологии и наличие чёткой границы между этическими способностями людей и ИИ, встаёт вопрос, зачем нам их сравнивать? На данный вопрос есть ответ: в некоторых простых сценариях алгоритма может быть достаточно для достижения почти (если не точно) одинаковых результатов между стороной этических рассуждений и человеком, принимающим решения исходя из морали.

Также важным принципом этического принятия решений является верность. Верность касается ответственности человека к самому себе: быть верным и правдивым в своих отношениях с другими. Это также включает в себя выполнение обещаний, выполнение взятых на себя обязательств и надёжность [11].

Современные исследования [12] показывают, что когда людей просят оценить этические решения человека или водителя ИИ, люди не отдают однозначного предпочтения ни тому, ни другому; этот нулевой результат однороден по странам. Однако когда спросили об их явном мнении, следует ли разрешать водителю принимать этические решения на дороге, испытуемые высказались более решительно против автомобилей с искусственным интеллектом. Кроме того, мы используем структурную оценку, чтобы показать, что несоответствие между этими двумя результатами вызвано комбинацией двух элементов: люди считают, что общество не хочет, чтобы ИИ принимал этические решения, и оправдывают свои убеждения об обществе (общепринятые или нет), когда их спрашивают об этом.

Вывод

На текущий момент не может быть однозначно трактован вопрос дове-

рия к ИИ и его этичности, споры об этом могут растянуться на весь жизненный цикл этой технологии, но нельзя отрицать важность влияния подобных систем на развитие понимания глобальных процессов за счёт считывания и обучения машин человеческим моральным и этическим действиям в повседневных ситуациях. При помощи технологий можно быстрее анализировать полученные результаты, искусственный интеллект позволит обработать множество медицинских исследований и провести среди них метаанализ для выявления или же опровержения закономерностей.

Литература

1. Studie: Bürgerinnen und Bürger haben wenig Vertrauen in künstliche Intelligenz // URL: <https://home.kpmg/de/de/home/themen/2021/05/studie-buergerinnen-und-buerger-haben-wenig-vertrauen-in-ki.html>.
2. Дашков А.А., Нестерова Ю.О. Построение доверия при использовании искусственного интеллекта // E-Management. 2021. Т. 4. № 2. С. 28–36.
3. Next Stop: “Trolley Problem” // URL: <https://www.merriam-webster.com/words-at-play/trolley-problem-moral-philosophy-ethics>.
4. Moral Machine // URL: <https://www.moralmachine.net/hl/ru>.
5. Силин С.А. Искусственный интеллект в координатах права // URL: https://izak.ru/img_content/events/iskusstvennyj-intellekt-v-koordinatah-prava.pdf.
6. Pratt G.A. Is a cambrian explosion coming for robotics? // Journal of Economic Perspectives, 29 (3) (2015), pp. 51–60.
7. Wiener N. God and Golem, Inc: A Comment on Certain Points where Cybernetics Impinges on Religion vol. 42, MIT press (1964).
8. McCarthy J., Hayes P.J. Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence Readings in artificial intelligence, Elsevier (1981), pp. 431–450.
9. Большой психологический словарь / под ред. Б.Г. Мещерякова, В.П. Зинченко. М.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2003. 632 с.
10. McDermott D. What matters to a machine? Machine ethics (2011), pp. 88–114.
11. Bersoff D., Koeppl P. The relation between ethical codes and moral principles. Ethics and Behavior 3 (3 & 4): 345–357 (1993).
12. Caro-Burnett J., Kaneko S. Is Society Ready for AI Ethical Decision Making? Lessons from a Study on Autonomous Cars. Journal of Behavioral and Experimental Economics, v. 98, Elsevier 2022.



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

Андрей Васенев (vasenev-aa@yandex.ru, ПТУ МИРЭА)

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 ограничивается 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 бесперебойного питания. В качестве внутреннего накопителя устройства была выбрана карта памяти MicroSD, размещающаяся в соответствующем слоте на плате памяти. Для эффективного 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 програм-

ма 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

С# 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).



Применение свёрточной нейронной сети для решения проблемы регистрации скан-копий документов в электронном архиве

Екатерина Волгина (РТУ МИРЭА)

Выявлена проблематика, возникающая при регистрации в электронном архиве «ЭЛЬДОКа» дублей скан-копий документов, и приведены варианты решения, описана архитектура свёрточной нейронной сети, а также указаны её преимущества и недостатки.

Введение

Электронный архив документов (ЭЛЬДОКа) – программное обеспечение для каталогизации проектной документации на предприятии и регламентации доступа к ней.

Целевым назначением ИТ-решения «ЭЛЬДОКа» является:

- создание сетевого программного обеспечения в форме веб-приложения для ввода, хранения и обработки информации в рамках задачи информационного обеспечения деятельности Компании заказчика;
- ведение электронного архива Компании;
- структурированное хранение и связь документов;
- обеспечение объектно-ролевого доступа к материалам;
- возможность визуализировать документы различных форматов;
- увеличение эффективности и повышение качества контроля над выполнением работ.

Платформа АТОЛЛ обеспечивает единое управление всей поступающей информацией, включая внутренние сервисы поддержания целостности, и реализует возможность предоставления доступа к данным.

Концепция работы электронного архива систематизирует файловые Хранилища и данные из реляционных систем, собирая их виртуально в единую КАРТОЧКУ ОБЪЕКТА (или ДОКУМЕНТА). Многокритериальный поиск в РЕЕСТРЕ КАРТОЧЕК нужной информации в файлах карточек и ее ВИЗУАЛИЗАЦИЯ обеспечивается атрибутивным бизнес-значимым описанием файлов и структурированием их по разделам карточки (рис. 1).

Функциональность системы заключается в автоматизации перечисленных ниже задач бизнеса в разных бизнес-процессах, главными атрибутами которых являются документы:

- формирование электронного архива документов – создание карточек

документов и ведение метаданных (каталогизация данных), регистрация файлов для архивного хранения:

- поиск электронных документов;
- работа с электронными документами – визуализация содержимого электронных документов, работа с реестрами электронных документов, выгрузка данных и массовое редактирование карточек документов;
- управление электронным архивом. Задача организации и настройки хранилища электронных документов, управление сервисами, которые обеспечивают работу с архивными электронными документами, доступ к ним, журналирование работы с архивом;
- администрирование;
- настройка электронного архива;
- аудит действий пользователей;
- подготовка графической отчётности. Функциональный модуль с набором функций для ведения графических данных, в том числе описывающих объекты предметной области;
- паспортизация объектов. Функциональный модуль с набором функций для представления отраслевых данных по объекту (объекту паспортизации) через настраиваемую иерархию

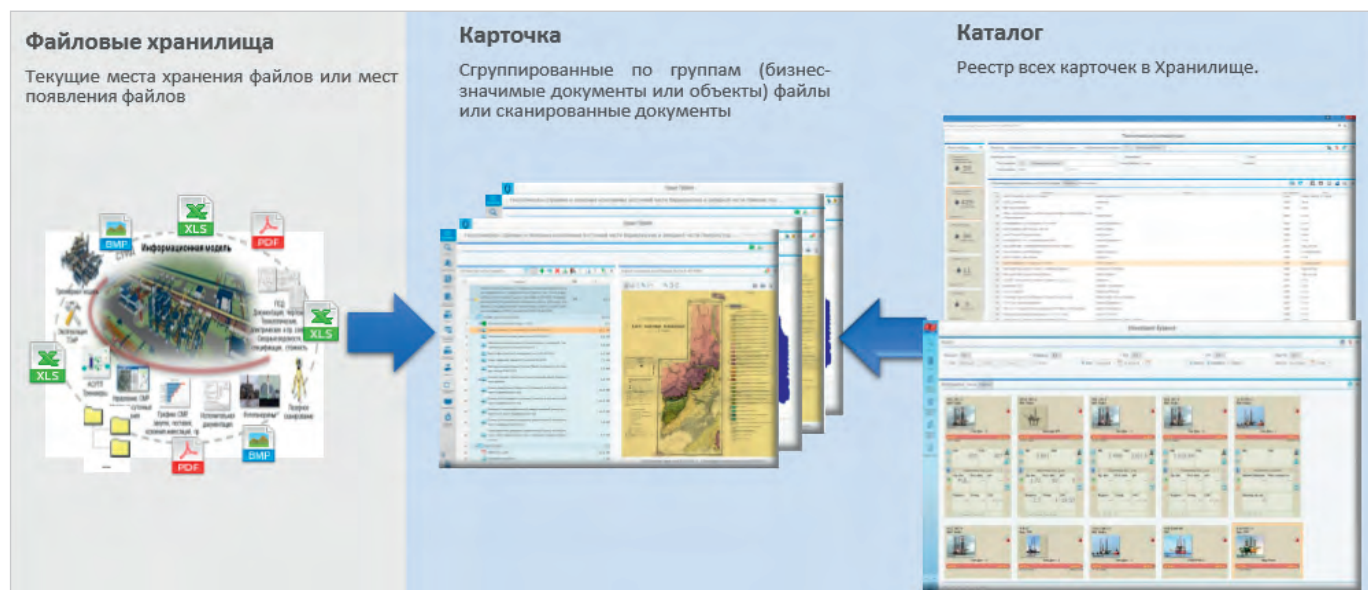


Рис. 1. Концепция работы электронного архива

ческую структуру разделов паспорта и отраслевые визуализаторы.

Цель работы: найти методы разрешения проблематики регистрации дублей скан-копий документов, обучить и протестировать свёрточную нейронную сеть.

Поставленные задачи:

- найти способы обхода недостатков применения метода сравнения скан-копий документов по контрольной сумме и текстовому содержанию;
- провести анализ библиотек на языке Python для найденных способов.

Предпосылки работы

При регистрации документов в электронном архиве разные пользователи зачастую регистрируют одни и те же документы под разными именами и в разных ветках иерархии документов. Это приводит:

- к увеличению расходов на системы хранения документов;
- рассинхронизации разных копий документов при обновлении их версии;
- снижению уровня доверия к электронному хранилищу документов.

Ещё большей проблемой является регистрация разных скан-копий одного и того же документа, так как с точки зрения файловой системы это будут совершенно разные файлы.

Основная идея

Основная задача электронного архива «ЭЛЬДОКа» – каталогизация и классификация документов заказчика в привязке к модели предметной области. При этом каждый документ должен регистрироваться только один раз. Если возникает необходимость привязки того же документа к другой «ветви» или «листу» модели предметной области, то в требуемых местах должна размещаться ссылка на уже загруженный документ.

Требования к регистрации скан-копий документов аналогичны требованиям к размещению документов в офисных форматах. При этом определение дублей скан-копий документов допустимо выполнять в асинхронном режиме, выводя пользователю результат поиска дублей, предоставляя право пользователю подтвердить схожесть скан-копий документов и самому определить место размещения первичной скан-копии.

Методика работы

Существует несколько вариантов решения проблемы поиска дублей скан-копий документов в архиве.

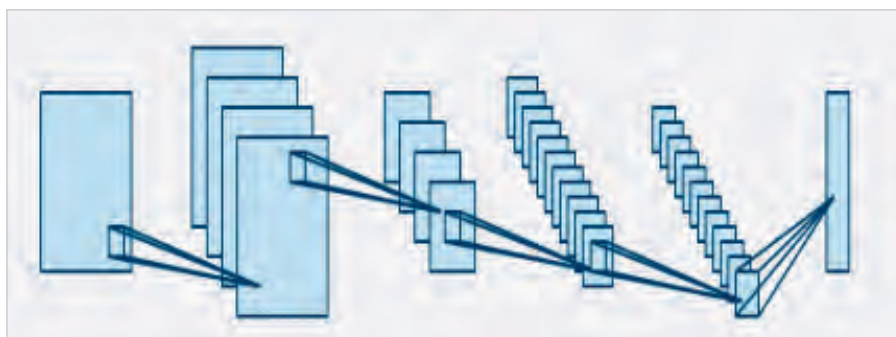


Рис. 2. Структура нейронной сети

1. Поиск дублей документов посредством сравнения по контрольной сумме файлов.

Контрольная сумма файлов — это последовательность цифр и букв, которая используется для проверки данных на наличие ошибок. Если заранее известна контрольная сумма исходного файла, можно использовать служебную программу контрольной суммы, чтобы подтвердить, что сравниваемый файл идентичен исходному.

Чтобы получить контрольную сумму, необходимо запустить программу, которая обработает файл с помощью алгоритма. Типичные алгоритмы, которые используются для этого, включают MD5, SHA-1, SHA-256 и SHA-512.

Алгоритм использует криптографическую хеш-функцию, которая принимает входные данные и создаёт строку (последовательность цифр и букв) фиксированной длины.

Внутри электронного архива реализован алгоритм хеширования MD5. MD5 – в настоящее время является одним из самых распространённых способов защитить информацию в сфере прикладных исследований, а также в области разработки веб-приложений.

Утилита md5sum, предназначенная для хеширования данных заданного файла по алгоритму MD5, возвращает строку. Она состоит из 32 цифр в шестнадцатеричной системе счисления. То есть хеш, полученный от функции, работа которой основана на этом алгоритме, выдаёт строку в 16 байт (128 бит). И эта строка включает в себя 16 шестнадцатеричных чисел. При этом изменение хотя бы одного её символа приведёт к последующему бесповоротному изменению значений всех остальных битов строки.

2. Поиск дублей скан-копий документов по схожести содержимого с помощью нейронных сетей.

Для решения задач классификации изображений (распознавания образов)

повсеместно используются свёрточные нейронные сети, которые являются разновидностью моделей глубокого обучения. Свёрточные нейронные сети обеспечивают частичную устойчивость к изменениям масштаба, смещениям, поворотам, смене ракурса и прочим искажениям. В основе свёрточной нейросети лежит Deep Learning-алгоритм, который может принимать входное изображение, присваивать важность (усваиваемые веса и смещения) различным областям/объектам в изображении и может отличать одно от другого.

Для достижения цели распознавания скан-копий и вывода ссылки на уже существующую скан-копию необходимо обучить нейронную сеть.

Обучение свёрточной нейронной сети для классификации изображений

Когда работа будет вестись с участием нейронной сети, то возникает необходимость сбора данных для обучения. Обучающий набор данных представляет собой набор наблюдений, для которых указаны значения входных и выходных переменных. В данном случае используются наборы данных, основанных на скан-копиях проектной документации и документов заказчика.

Архитектура свёрточной нейронной сети

Нейронная сеть состоит из пар слоёв – слоёв подвыборки и слоёв свёртки, каждый из которых, в свою очередь, состоит из карт признаков. Нетрудно убедиться в том, что каждая карта признаков в идеале фильтрует изображение, находя какой-то один определённый, специфичный для данной карты, признак (рис. 2).

Исходное изображение подаётся на входной слой. В первом слое подвыборки каждая карта признаков осуществляет поиск определённого, закреплённо-

го только за данной картой, признака. Достигается это за счёт использования общих для всей карты признаков матрицы весов и особой организацией локального рецептивного поля для каждого нейрона такой карты. Каждый нейрон карты признаков получает входные данные от прямоугольной области размера $p \times m$ входного изображения.

Смежные нейроны карты признаков получают в качестве входного воздействия смежные прямоугольные области, причём весовые коэффициенты для всех нейронов карты признаков будут одинаковыми.

Для введения инвариантности нейронной сети к смещениям и небольшим деформациям используется слой свёртки. Для каждой карты признаков существует соответствующая ей карта свёртки, которая уменьшает размерность карты признаков с $p \times m$ до $p/2 \times m/2$ путём усреднения значений по квадрату 2×2 нейронов. После выполнения свёртки сеть теряет часть информации о точном положении найденного признака, но сохраняет информацию относительно взаимного расположения различных признаков. Следующий слой подвыборки осуществляет аналогичную первому слою сегментацию входных данных на прямоугольные области $p \times m$, только входными данными второго слоя служит выход

первого слоя. Таким образом, каждая карта признаков второго слоя осуществляет поиск признаков второго порядка одновременно во всех картах признаков первого слоя.

Свёрточной нейронной сети с тремя парами слоёв подвыборки-свёртки вполне достаточно для точного распознавания лиц.

Достоинства СНС1

1. Уменьшение количества обучаемых параметров и повышение скорости обучения по сравнению с полносвязной нейронной сетью.
2. Возможность распараллеливания вычислений и реализации алгоритмов обучения сети на графических процессорах (GPU).
3. Устойчивость к сдвигу позиции объекта во входных данных. При обучении свёрточная нейронная сеть сдвигается по частям объекта. Поэтому обучаемые признаки не зависят от позиции «важных частей». Это свойство свёрточной нейронной сети помогает повышать качество классификации.

Недостатки СНС

1. Высокая сложность архитектуры.
2. Фиксированная площадь окна слоя свёртки.
3. Полносвязность.

Полученные результаты

- Выявлена проблематика регистрации скан-копий внутри электронного архива и изучены варианты решения проблемы.
- Обучена свёрточная нейронная сеть для классификации изображений.
- Проведено тестирование нейронной сети.
- Проведён поиск дублей скан-копий документов.

Заключение

Даны определения свёрточным нейронным сетям (СНС). Проведены этапы разработки нейронной сети и её работы, её реализация кода на языке программирования Python.

Литература

1. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. СПб.: Питер, 2019.
2. Свёрточные нейронные сети для распознавания изображений // URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/39033/1/Prokopenya_Svertchnyye.pdf.
3. Архитектура обобщённых свёрточных нейронных сетей // URL: http://www.it-visnyk.kpi.ua/wp-content/uploads/2012/08/54_36.pdf.
4. Свёрточная нейронная сеть для решения задачи классификации // URL: https://mipt.ru/upload/medialibrary/659/91_97.pdf.



НОВОСТИ МИРА

Путин назвал результаты «Ростеха» скромными и раскритиковал развитие 5G и микроэлектроники

Президент России Владимир Путин оценил результаты госкорпорации «Ростех» и направлений, которые она курирует. Российский лидер назвал их скромными, передаёт ТАСС.

«Я знаю, там сейчас коллеги будут говорить, финансирования не хватает, ещё что-то. Но я просто констатирую сам факт того, что происходит», – сказал Путин в ходе заседания Совета по стратегическому развитию и нацпроектам.

Глава государства, в частности, остался неудовлетворён результатом проекта по созданию сетей 5G, развитию производства оборудования для широкого внедрения интернет-вещания. Он отметил, что в прошлом году программу по развитию микроэлектронной отрасли пришлось полностью перезагружать.

В сентябре 2021 года сообщалось, что Минцифры планирует внедрить связь пятого

поколения в городах-миллионниках к 2024 году. В министерстве назвали 5G критической технологией, которую в России приняли решение развивать своими силами.



Кроме того, Путин поручил привлечь ответственных инвесторов для развития местных высокотехнологических компаний вроде «Яндекса», ранее финансировавших своё развитие за счёт западного капитала. Об этом он заявил на заседании Совета по стратегическому развитию и нацпроектам, передаёт РБК.

Он признал, что российская финансовая система не в состоянии обеспечивать функционирование компаний, не имеющих активов, но с большими перспективами развития. В связи с этим глава государства поручил сформировать механизмы, которые позволят компаниям привлекать частный капитал на российском рынке.

Какие механизмы имеются в виду, Путин не уточнил. В настоящее время «Ozon», «Яндекс» и другие технологические компании торгуются на Московской бирже. Во всём мире именно такие условия называются возможностью привлекать частный капитал. По всей видимости, речь идёт о стимулах или обязательствах по покупке акций или облигаций компаний.

Российский фондовый рынок рухнул более чем в два раза с октября прошлого года, когда западные страны начали ожидать вхождения российских войск на территорию Украины. По состоянию на 18 июля индекс Мосбиржи находится ниже 2100 пунктов.

russianelectronics.ru



Свобода проектирования



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

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

Опыт применения трёхзначной логики в управлении технической системой

Григорий Беднов (РТУ МИРЭА)

В статье рассмотрена адаптация трёхзначной логики Брусенцова в управлении некомпьютерной техникой, произведена оригинальная попытка структурировать логику работы устройств на примере разработки распределительно-дозировочного автомата, а также сочетать базовый анализ ситуации с управлением на полевом уровне.

Введение

В процессе цифровизации техники одним из важнейших видов данных является логический. Это подтверждается, например, языками программирования МЭК 61131-3 (LD, FBD, ...), применяемыми в программируемых логических контроллерах (ПЛК) [1].

Однако какая логика лежит в основании данного типа данных – вопрос, решаемый по-разному. Рассматривая лишь дискретные конечнозначные логики, стоит обратить особое внимание на двухзначную и трёхзначную логики.

«Противоборство» двух этих систем – давнее [2], но особой вехой стало построение троичных компьютеров «Сетунь», которые в первый и на данный момент единственный раз произведены серийно; увы, их новая, значительно переработанная, версия «Сетунь-70» не успела попасть в серийное производство.

Группа под руководством Николая Петровича Брусенцова (главный конструктор «Сетуний») после запрета на разработку новых компьютеров работникам вузов занялась в том числе подробным теоретическим анализом накопленного опыта, согласованием с классической двухзначной булевой алгеброй и отображением логики естественного языка [2, 3].

Основная часть

Целью работы является разработка конечного распределительно-дозировочного автомата для управления транспортно-технической системой с тремя резервуарами с жидкостью и шестью бункерами (включая сливной) с использованием трёхзначной логики Брусенцова.

Объектом управления является типичная простая транспортно-тех-

ническая система: на конвейерной линии установлен контейнер на поворотнике, ограниченном в движении лишь углами верхней полуокружности (от 0° до 180°). Имеются три поворотных датчика (нормальное положение 90° и два крайних (0° и 180°)). Над конвейерной линией расположены резервуары (подача жидкости), с краёв установлены бункеры (приём жидкости). В местах, где они расположены, установлены датчики положения. Также на краях конвейерной линии установлены аварийные «сторожевые» датчики положения.

Разрабатываемый управляющий автомат должен быть:

- 1) безопасным и надежным, для чего:
 - a) исправно работать, если все необходимые для этого устройства работают исправно;
 - b) предупреждать оператора о поломках, несовместимых с продолжением циклической работы;
- 2) универсальным и расширяемым, для чего:
 - a) согласовываться с однородными ему автоматами, в идеале – перепрограммироваться;
 - b) начинать свою циклическую работу в любой изначально заданной конфигурации (возможно, оставшейся после аварийного отключения);
 - c) схема управляющего автомата (алгоритм его действий) должна быть спроектирована прежде всего «сверху вниз» с использованием понятных человеку высокоуровневым и абстрагированным от оборудования процедур;
 - d) легко расширяться дополнительными анализирующими модулями, которые позволят автомату встроиться в сложные управляющие системы более высокого уровня (например, MES);

3) эффективным – автомат не должен совершать лишних действий, не относящихся к реализации п. 1, 2.

Для начала работы контейнер К должен быть опустошённым и находиться в нормальном положении под резервуаром, с которого начнётся программа 1.

Программа 1 должна быть начата, когда контейнер К находится в нормальном положении под резервуаром R3 – это необходимое условие. Необходимо налить жидкость из резервуара R3, смешать с жидкостью из резервуара R1, вылить всё в бункер B5. По окончании программы должны быть созданы условия для программы 2 и т.д.

Окажется, что даже в таком нехитром наборе действий нештатных ситуаций много: может быть сломан любой из задействованных датчиков и исполнительных механизмов. При этом для определённости будем считать, что, поскольку датчики положения являются нормально разомкнутыми контактами, они могут сломаться, только давая ложноотрицательный сигнал (будем считать, что вероятность ложноположительного сигнала несоизмеримо меньше). Также будем считать, что датчики достаточно надёжны, чтобы не ломаться одновременно.

Однако как же мы, даже при таких допущениях, можем упорядочить управление и анализ происходящего? На помощь приходит теория трёхзначной логики.

Введём особую функцию, открытую Н.П. Брусенцовым, которая является обобщением дизъюнкции на множество – трёхзначная дизъюнкция по множеству, «логический интеграл» ниже:

$$\bigvee_{x \in X} \begin{cases} 1, \text{ если } x \text{ найден (или доказано, что будет найден)} \\ 0, \text{ если } x \text{ не будет найден} \\ \sigma \text{ (неопределённость), если пока неизвестно} \end{cases}$$

Данный подход подобен тому, как мы, доставая из сумки разные вещи, пытаемся найти нужную, и только найдя нужную либо перебрав их все (или вовсе обнаружив незнакомые

нам посторонние предметы и поняв, что произошла путаница, и эта сумма вообще не наша), мы можем закончить поиски.

Рассмотрим применение трёхзначной логики на примере поворотного устройства, состоящего из трёх датчиков поворота и исполнительного механизма.

По умолчанию трёхзначные дизъюнктивные состояния всех датчиков считаются неизвестными, не встреченными, так как мы не знаем, срабатывают ли они или они уже сломаны. В частности, датчик нормального положения $VDN = \sigma$. Очевидно, когда встречены датчики поворота налево и направо $VDKL \cdot VDKR = 1$, но не встречен центральный по положению датчик нормального поворота, он уже не сработает (ведь поворотник проехал его, и ничего не произошло). Кроме того, после срабатывания $DN = 1$, само собой, $VDN = 1$.

Аналогично с датчиками положения на конвейерной линии, с той лишь разницей, что там все датчики (кроме крайних, которые не используются при работе и являются аварийными) контролируются своими соседями указанным выше образом.

Кроме того, заметим: помимо того, что надо «запоминать» посещённые и пропущенные датчики, нужно также научиться их «забывать». В нашем случае кажется разумным решение, что система будет запоминать факты отсутствия датчиков до своей полной перезагрузки по сигналу STOP (ведь ситуация с нерабочим датчиком, в общем-то, уже является аварийной), а из посещённых датчиков будет «помнить» и отмечать как достоверно существующий только последний встреченный датчик. Таким образом, система удаляет единицу с интегральной трёхзначной дизъюнкции датчика, если соседнее с ней значение также оказалось равно единице. Если в процессе работы соседний датчик не обнаружился, то значение сохраняется. Пока датчик сломан, но система по каким-то причинам продолжает работать (например, неполадка обнаружена, но датчик не задействуется), логика сломанного датчика должна переключаться в режим трансляции, связывая два соседних с ней датчика, как будто они теперь стали соседними.

Что касается состояний $VDKL$ и $VDKR$ для задач поворота контейнера налево и направо, то, к сожалению, они могут быть сломаны, либо может не работать поворотный механизм. Различить две эти ошибки невозможно, так как датчики поворота не были оснащены аварийными контрольными датчиками.

Заключение

Полученная система даёт самые базовые функции SCADA-системы, не являясь ею, перенося вычисления на уровень соответствующего ПЛК в соответствии с концепцией вычислений «на краю» либо, в теории, вовсе исключая контроллер из управления.

Однако, прежде всего, полученная система – управляющая, причём выстроенная сравнительно однотипно и, при необходимости, децентрализованно.

Чтобы понять, в какую сторону следует направлять исполнительный механизм, нужно:

- выбрать датчик положения (или поворота, зависит от подсистемы), возле которого нужно остановиться;
- определить, с какой стороны находится последний встреченный датчик этой подсистемы относительно выбранного (функция знака трёхзначна);
- начать движение в соответствующем направлении до тех пор, пока дизъюнктивное состояние выбранного датчика не станет определённым (утвердительным при успехе и логически отрицательным при неудаче).

Данный подход позволяет сформировать свод базовых команд. Мы видим, что усложнение логики работы устройств в самом основании заметно упростило построение вышестоящей системы, что оправдывает использование трёхзначной логики в технике.

Если мы допускаем, что наши датчики «умные» и способны сами «общаться» между собой (хотя бы каждый со своими соседями), то в самом рабочем цикле центральный контроллер не нужен вовсе либо нужен лишь как задатчик правил и шагов межмашинного взаимодействия (получение производственного задания от MES-системы), что вполне близко современным идеям Интернета вещей. Закономерное развитие технологий в этом

направлении может подвести нас к использованию языка программирования Forth (совместимого с трёхзначной логикой – его аналог использовался в «Сетуни-70» [2]) и дальнейшей глубокой интеграции с технологическими информационными системами по путям, достаточно близким к описанным в [4].

Хочется также заметить, что для передачи требуемого от алгоритма направленного сигнала между двумя умными датчиками вполне достаточно как раз одного трёхзначного канала, работающего следующим образом:

- узел А посылает в качестве сигнала «–1» и принимает значение «1»;
- узел Б посылает в качестве сигнала «1» и принимает значение «–1»;
- любой узел, приняв сигнал от противоположного, выставляет значение канала «0», освобождая его.

Построение цифровых схем управления (реальных или виртуальных), связывание их в сети – путь, целиком соответствующий предоставляемым трёхзначной логикой возможностям, и разработка распределительно-дозировочного автомата явно показала: применение трёхзначной логики в управлении технической (некомпьютерной) системой возможно, из теории трёхзначной логики адаптировано в практическую плоскость понятие дизъюнкции по множеству V_x , разрабатываются оригинальные методы.

Литература

1. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016. Контроллеры программируемые. Ч. 3. Языки программирования. М.: Стандартинформ, 2016.
2. Владимирова Ю.С. О логических исследованиях Н.П. Брусенцова // Сборник трудов SoRuCom-2017. Четвёртая международная конференция «Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы». Зеленоград, 2017 г. М.: ФГБОУ ВО РЭУ им Г.В. Плеханова, 2017. С. 26–29.
3. Брусенцов Н.П. Начала информатики. М.: Фонд «Новое тысячелетие», 1994. 176 с.
4. Romanov M.P., Kasbirskaia E.N., Romanov A.M., Kholopov V.A., Kharichenko A.I. A novel architecture for the executive-level control systems for a discrete machinery production // Mechatronics, automation, control. М.: Издательство «Новые технологии», 2017. С. 64–72.



Проектирование устройств вывода информации с использованием цифрового генератора шаблона в Proteus 8.11.

Часть 2

Татьяна Колесникова (beluikluk@gmail.com)

В статье рассмотрено проектирование электронных устройств вывода информации с использованием цифрового генератора шаблона в Proteus. Представлены примеры моделирования схем с применением 7-сегментных индикаторов и матрицы светодиодов, работающих под управлением одного или двух приборов Pattern generator, синхронно генерирующих выходные сигналы данных или команд в режиме внутренней или внешней синхронизации, когда генератор шаблона используется для формирования двоичного кода десятичных чисел, сигналов управления свечением разрядов индикатора, а также для реализации динамической индикации на базе двух-, четырёх-, шестиразрядных 7-сегментных индикаторов и создания кода световых эффектов бегущих огней или поочерёдного свечения группы светодиодов.

Работа с цифровым генератором шаблона и 7-сегментными индикаторами в Proteus

Применение генератора шаблона для управления одноразрядными 7-сегментными индикаторами

Цифровой генератор шаблона формирует выходные цифровые сигналы по заданному 8-битовому шаблону и используется для подачи этих сигналов в моделируемую схему. В Proteus генератор шаблона можно применить в качестве внешнего источника данных для микросхем 7-сегментных индикато-

ров. Рис. 1 демонстрирует сопряжение прибора с микросхемой одноразрядного 7-сегментного индикатора. Как видно на рис. 2, двоичный код 0011, снятый с выводов генератора при помощи цветных пробников логических уровней 0 и 1, соответствует отображаемой на индикаторе цифре 3 (см. табл. 1). В представленном примере пробники (компоненты LOGICPROBE (BIG) из раздела Logic Probes библиотеки Debugging Tools – рис. 3а) используют в качестве элементов отображения цифровых сигналов. В рабочее поле проекта добавлены 11 компонентов LOGICPROBE (BIG).

Четыре подключены к выходам Q0–Q3 генератора шаблона, семь к выходам QA–QG микросхемы дешифратора 74LS48.

Рассмотрим управление микросхемой 7-сегментного индикатора с помощью генератора шаблона на конкретном примере. Для этого создадим новый проект и добавим в рабочую область следующие компоненты: 7SEG-MPX1-CC (одноразрядный 7-сегментный индикатор с общим катодом), 74LS48 (дешифратор), генератор шаблона.

Чтобы добавить цифровой генератор шаблона в рабочее поле программы, нажимают на строку с его названием (PATTERN GENERATOR) на панели INSTRUMENTS (панель открывают нажатием кнопки Virtual Instruments Mode на левой панели схемного редактора) и размещают его мышью в необходимом месте на схеме (рис. 4а). После запуска симуляции схемы открывается лицевая панель прибора. Шаблон создают вручную на дисплее лицевой панели генератора либо загружают из файла [1].

Чтобы отобразить цифру, нужно «зажечь» определённые сегменты индикатора. Разные комбинации светящихся элементов 7SEG-MPX1-CC, обеспечиваемые внешней коммутацией, позволяют отображать цифры от 0 до 9 и десятичную точку. Для управления 7-сегментным индикатором в схеме используется двоично-десятичный дешифратор 74LS48 (отечественный аналог 1564ИД23). Микросхема дешифратора выполняет преобразование двоичного кода, полученного с его входов A, B, C, D, в код цифры для её дальнейшего отображения на индикаторе.

Микросхема 74LS48 – это специальный дешифратор, предназначенный для преобразования двоичного кода в семисегментный код (такой код необходим для отображения на индикаторе значений цифр от 0 до 9) и управления 7-сегментными и жидкокристаллическими индикаторами. Входы A, B, C, D – информационные входы. Выходы

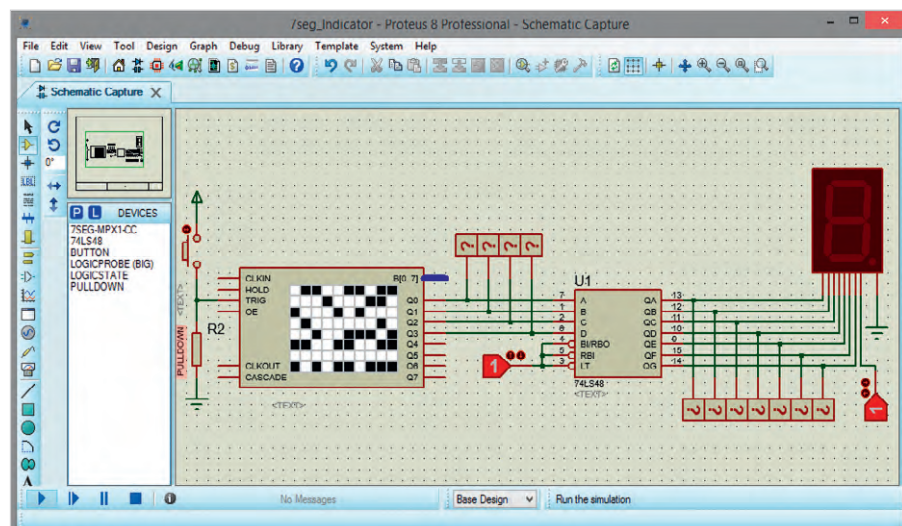


Рис. 1. Сопряжение генератора шаблона с микросхемой одноразрядного 7-сегментного индикатора в схемном редакторе Proteus

ОА–ОГ используют для подключения дешифратора к 7-сегментному индикатору. Двоичные и семисегментные коды на входах и выходах дешифратора и соответствующие им десятичные цифры представлены в табл. 1.

Микросхему дешифратора добавляют из раздела Decoders библиотеки TTL 74LS series (рис. 3б). Для добавления микросхемы одноразрядного 7-сегментного индикатора с общим катодом (рис. 3в) из раздела 7-Segment Displays библиотеки Optoelectronics выбирают компонент 7SEG-MPX1-CC (индикатор с десятичной точкой красного цвета).

Подключим выводы Q0–Q3 генератора шаблона к входам А, В, С, D дешифратора, первые семь выводов 7-сегментного индикатора к выходам ОА, ОВ, ОС, ОД, ОЕ, ОФ, ОГ дешифратора так, как показано на рис. 5.

Добавим в схему два символа «земли», выбрав на панели TERMINALS строку GROUND (рис. 4б). Панель открывают нажатием кнопки Terminals Mode на левой панели схемного редактора. Строку POWER панели TERMINALS используют для добавления символа питания. Из раздела Logic Stimuli библиотеки Debugging Tools выберем источник логической единицы – компонент LOGICSTATE (рис. 3г). После запуска симуляции компонент LOGICSTATE подаёт в схему логический уровень, значение которого отображено на его пиктограмме. Переключение логического уровня выполняется щелчком левой кнопки мыши по пиктограмме компонента на схеме. В исследуемой схеме (рис. 5) используются два компонента LOGICSTATE, один из которых формирует логический уровень 1 на входах BI/RBO, RBI, LT дешифратора, с помощью второго выполняется управление свечением десятичной точки на индикаторе.

В качестве примера при помощи генератора шаблона отобразим на индикаторе цифру 7 (рис. 5). Для этого создадим на диске компьютера файл шаблона с расширением .ptn, в который занесем её двоичный код (0111). После запуска симуляции схемы значение сформированной строки бит посылается параллельно на соответствующие выводы прибора в двоичном виде, а также отображается в виде пустых и закрашенных ячеек в таблице на дисплее лицевой панели генератора. Таблица содержит 8 строк, соответствующих 8 битам выходного сигнала, подающимся на выходы Q0–Q7 и/или на шину B[0..7] генератора шаблона.

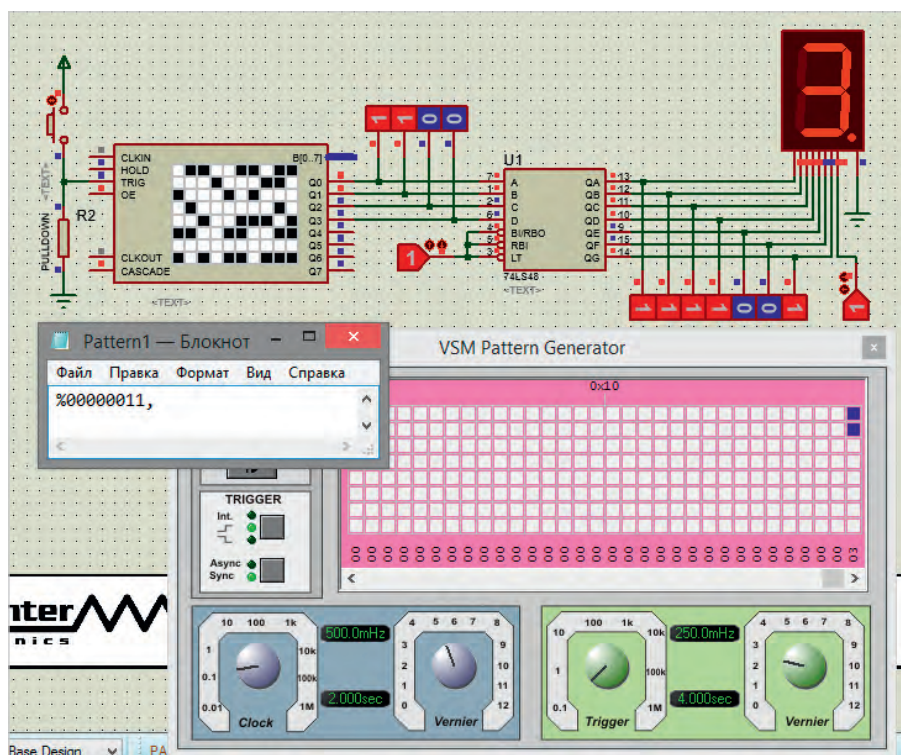


Рис. 2. Формирование с помощью генератора шаблона двоичного кода цифры 3 и её отображение на одноразрядном 7-сегментном индикаторе

Таблица 1. Двоичные и семисегментные коды на входах и выходах дешифратора и соответствующие им десятичные цифры 0–9

Двоичный код цифры				Десятичная цифра	Семисегментный код цифры							
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	
0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	
0	0	1	0	2	1	1	0	1	1	0	1	
0	0	1	1	3	1	1	1	1	0	0	1	
0	1	0	0	4	0	1	1	0	0	1	1	
0	1	0	1	5	1	0	1	1	0	1	1	
0	1	1	0	6	0	0	1	1	1	1	1	
0	1	1	1	7	1	1	1	0	0	0	0	
1	0	0	0	8	1	1	1	1	1	1	1	
1	0	0	1	9	1	1	1	0	0	1	1	
D	C	B	A	Отображаемая на индикаторе цифра	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	
Входы дешифратора					Выходы дешифратора							

В схеме (рис. 5) используется самовозвратная кнопка BUTTON, которую добавляют из раздела Switches библиотеки Switches & Relays (рис. 3д). Её нажатие формирует внешний сигнал синхронизации на входе TRIG генератора шаблона, после чего код шаблона последовательно построчно появляется на выходах Q0–Q3 генератора. Выбор компонентов из базы данных для последующего их размещения в рабочей области редактора Schematic Capture программы Proteus выполняют в окне Pick Devices, которое открывают командой контекстного меню Place/Component/

From Libraries (контекстное меню вызывают щелчком правой кнопки мыши в рабочей области проекта) или нажатием кнопки P на панели DEVICES (по умолчанию панель расположена в левой части программы и содержит список имеющихся в проекте компонентов). Открывают панель DEVICES нажатием кнопки Component Mode на левой панели инструментов схемного редактора.

Настроим параметры генератора шаблона, для чего в окне его свойств (окно открывают двойным щелчком левой кнопки мыши по размещённому на схеме компоненту) укажем (рис. 6):

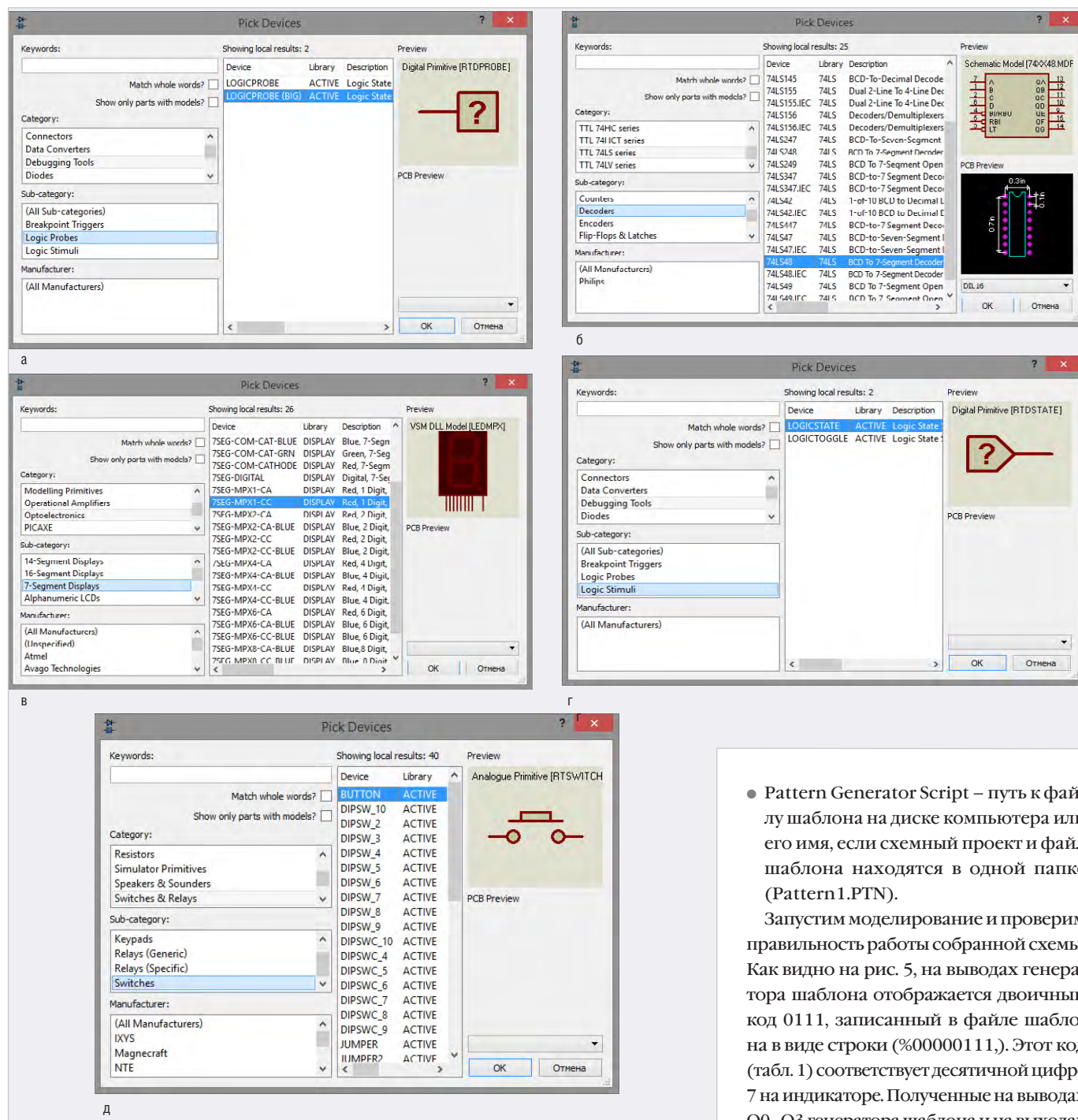


Рис. 3. Выбор из библиотеки компонентов Proteus: (а) пробника логических уровней 0 и 1, (б) дешифратора 74LS48, (в) одноразрядного 7-сегментного индикатора, (г) источника логических уровней 0 и 1, (д) самовозвратной кнопки

- **Part Reference** – позиционное обозначение прибора (GENERATOR_SH), которое можно скрыть или отобразить на схеме установкой/снятием флажка в соответствующем ему чекбоксе Hidden;
- **Clock Rate** – частоту внутреннего тактирования (500.0 mHz);
- **Reset Rate** – частоту синхронизации (250.0 mHz);
- **Clock Mode** – режим тактирования генератора (Internal – внутренний);
- **Reset Mode** – источник и сигнал синхронизации (Sync External Pos Edge – внешний синхронный положительный фронт);
- **Clockout Enabled in Internal Mode** – формирование импульсов внутреннего генератора на выводе CLKOUT генератора шаблона при внутреннем тактировании (No – отсутствует);
- **Output Configuration** – конфигурация вывода данных (Output to Pins Only – вывод данных только на выходы Q0–Q7);

- **Pattern Generator Script** – путь к файлу шаблона на диске компьютера или его имя, если схемный проект и файл шаблона находятся в одной папке (Pattern1.PTN).

Запустим моделирование и проверим правильность работы собранной схемы. Как видно на рис. 5, на выводах генератора шаблона отображается двоичный код 0111, записанный в файле шаблона в виде строки (%00000111,). Этот код (табл. 1) соответствует десятичной цифре 7 на индикаторе. Полученные на выводах Q0–Q3 генератора шаблона и на выходах OA–OG дешифратора значения отобразим на схеме при помощи цветных пробников логических уровней 0 и 1, которые подсоединим к исследуемым выходам компонентов схемы. При появлении на выходах логической единицы на пиктограмме пробника отобразится значение «1», при появлении же логического нуля отобразится значение «0». Сверим полученные на выходах OA–OG дешифратора значения 1110000 с семисегментным кодом цифры в табл. 1. Как видим, полученная комбинация нулей и единиц соответствует коду цифры 7.

При помощи генератора шаблона можно организовать последовательный вывод цифр на 7-сегментном

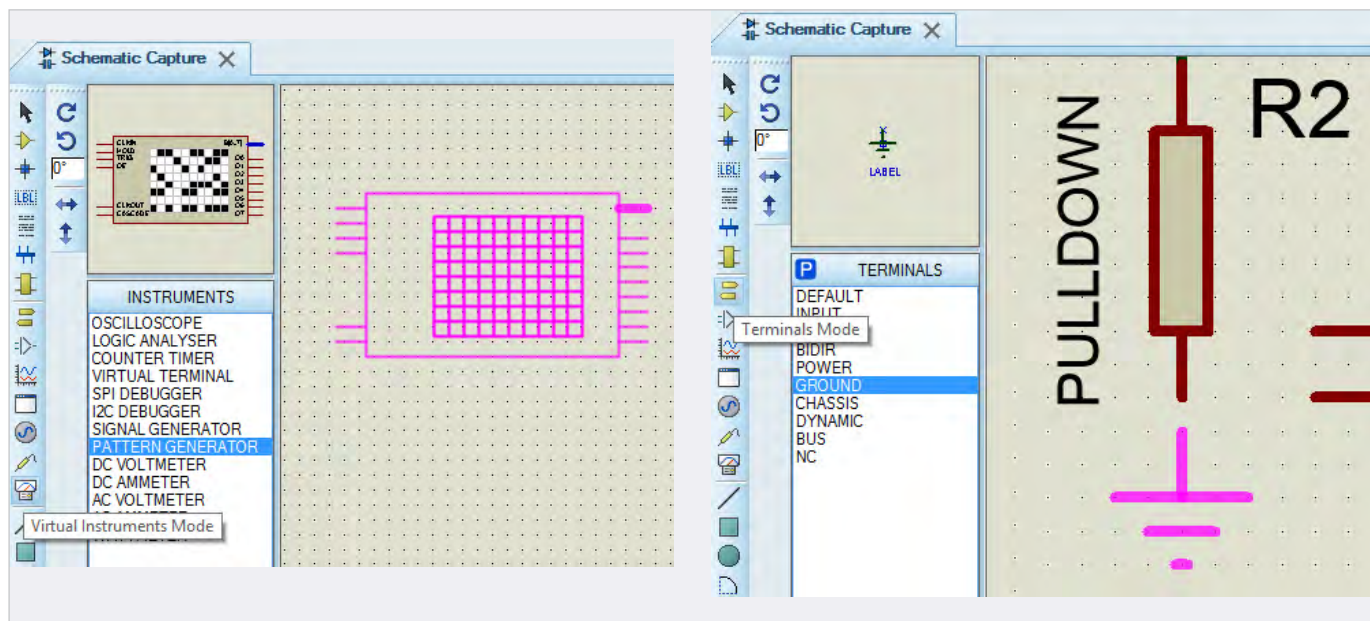


Рис. 4. Выбор: (а) цифрового генератора шаблона на панели INSTRUMENTS, (б) символа «земли» на панели TERMINALS и их размещение в рабочей области схемного редактора программы Proteus

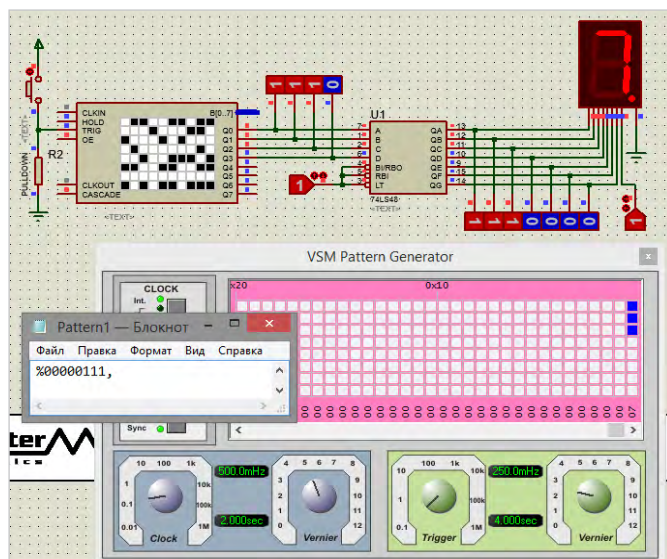


Рис. 5. Вывод на одноразрядном 7-сегментном индикаторе цифры 7 при помощи генератора шаблона

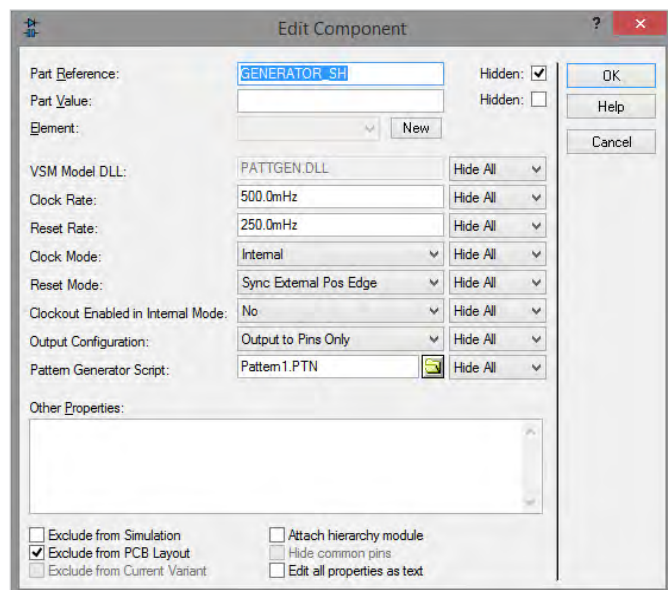


Рис. 6. Окно настройки параметров генератора шаблона

индикаторе. Для этого соответствующий значениям цифр код вводится построчно в файле шаблона. Например, чтобы организовать последовательный вывод чисел 2, 4, 5, 6, 8 (рис. 7) на 7-сегментном индикаторе, запишем в файл шаблона построчно следующий двоичный код:

```
%00000010,
%00000100,
%00000101,
%00000110,
%00001000,
```

Моделирование собранной схемы запускают при помощи кнопки Run the simulation, которая находится в левом нижнем углу окна схемного редактора. Чтобы временно приостановить симу-

ляцию, используют кнопку Pause the simulation, or start up at time 0 if stopped. Остановить моделирование можно при помощи кнопки Stop the simulation.

Применение генератора шаблона для управления работой двухразрядных 7-сегментных индикаторов

Для управления с помощью генератора шаблона двухразрядным 7-сегментным индикатором, собранным на основе микросхем 7SEG-MPX1-CC, используют два дешифратора 74LS48, которые подключают к выводам одного генератора шаблона (рис. 8). В представленном на рис. 9а примере после запуска симуляции схемы индика-

тор отображает цифры 8 и 0. Для этого в файле шаблона в одну строку введен двоичный восьмиразрядный код 00001000, где 1000 – двоичный код цифры 8 (подаётся на выходы Q0–Q3 генератора шаблона, а затем – на выходы A, B, C, D микросхемы дешифратора U1), и 0000 – двоичный код цифры 0 (подаётся на выходы Q4–Q7 генератора шаблона, а затем на выходы A, B, C, D микросхемы дешифратора U2). Параметры генератора шаблона оставлены без изменений – такими, как в рассмотренном выше примере управления одноразрядным 7-сегментным индикатором.

Двоичный код цифр 8 и 0, преобразованный дешифраторами U1 и U2 в семи-сегментный, поступает на выходы сег-

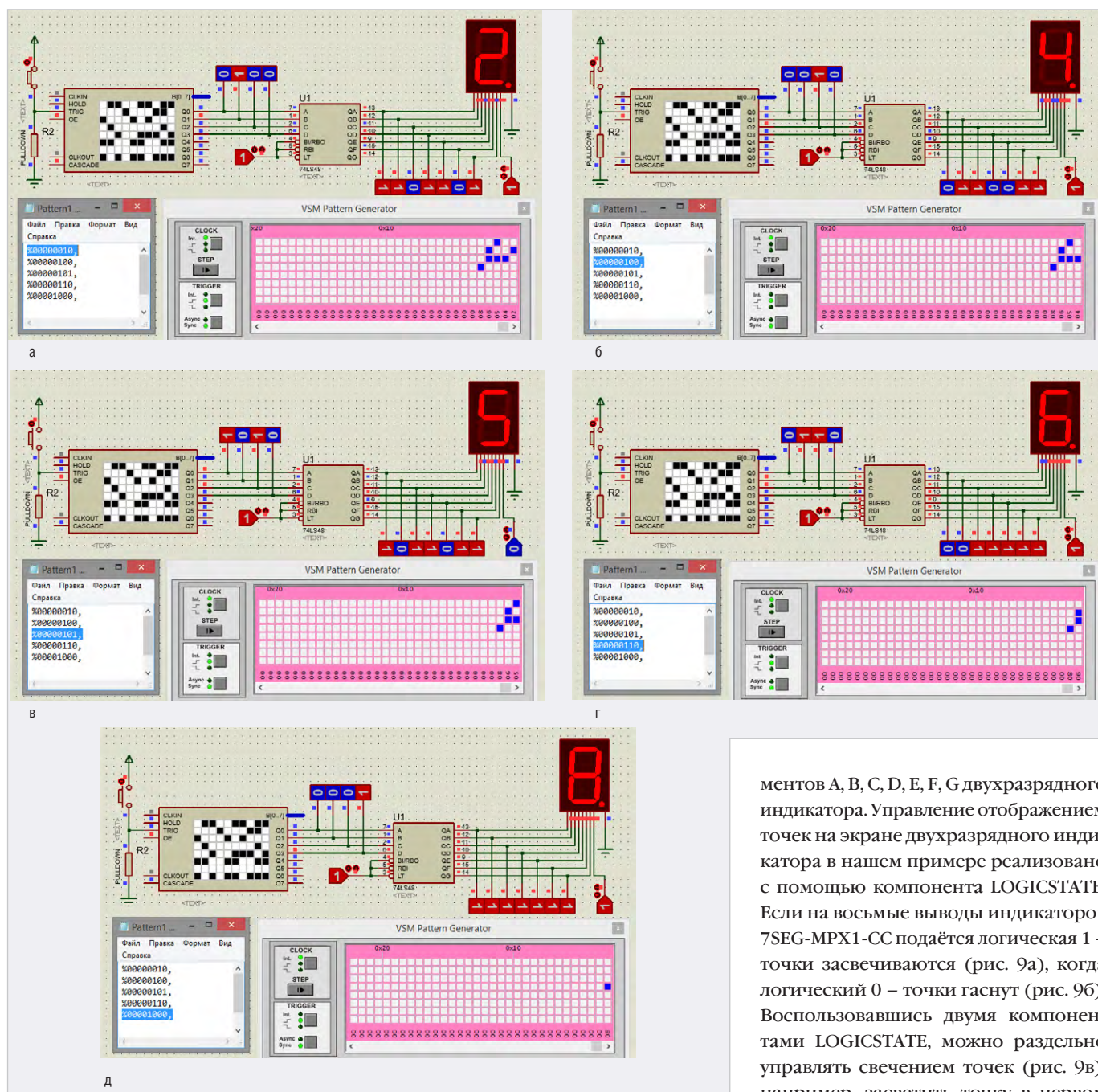


Рис. 7. Построчная запись в файле шаблона двоичного кода и последовательный вывод на 7-сегментном индикаторе соответствующих ему цифр: (а) 2, (б) 4, (в) 5, (г) 6, (д) 8

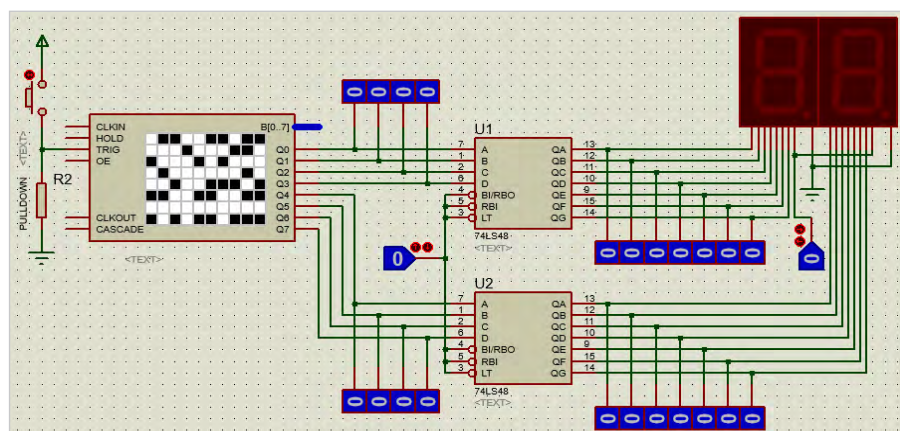


Рис. 8. Схема сопряжения двухразрядного 7-сегментного индикатора, собранного на основе микросхем 7SEG-MPX1-CC, с генератором шаблона

ментов А, В, С, D, Е, F, G двухразрядного индикатора. Управление отображением точек на экране двухразрядного индикатора в нашем примере реализовано с помощью компонента LOGICSTATE. Если на восьмые выводы индикаторов 7SEG-MPX1-CC подаётся логическая 1 – точки засвечиваются (рис. 9а), когда логический 0 – точки гаснут (рис. 9б). Воспользовавшись двумя компонентами LOGICSTATE, можно отдельно управлять свечением точек (рис. 9в), например, засветить точку в первом разряде и погасить во втором (рис. 9в).

В представленном на рис. 9б примере индикатор отображает цифры 1 и 4. Для этого в файл шаблона генератора в одну строку введён двоичный восьмиразрядный код 01000001, где 0001 – двоичный код цифры 1 (подаётся на выводы Q0–Q3 генератора шаблона, а затем – на выводы А, В, С, D микросхемы дешифратора U1) и 0100 – двоичный код цифры 4 (подаётся на выводы Q4–Q7 генератора шаблона, а затем на выводы А, В, С, D микросхемы дешифратора U2). На рис. 9в показан пример отображения индикатором цифр 3 и 2, двоичный код которых 0011 и 0010 соответственно.

Управление свечением точек на экране индикатора можно организовать и другим способом – добавив в схему ещё один

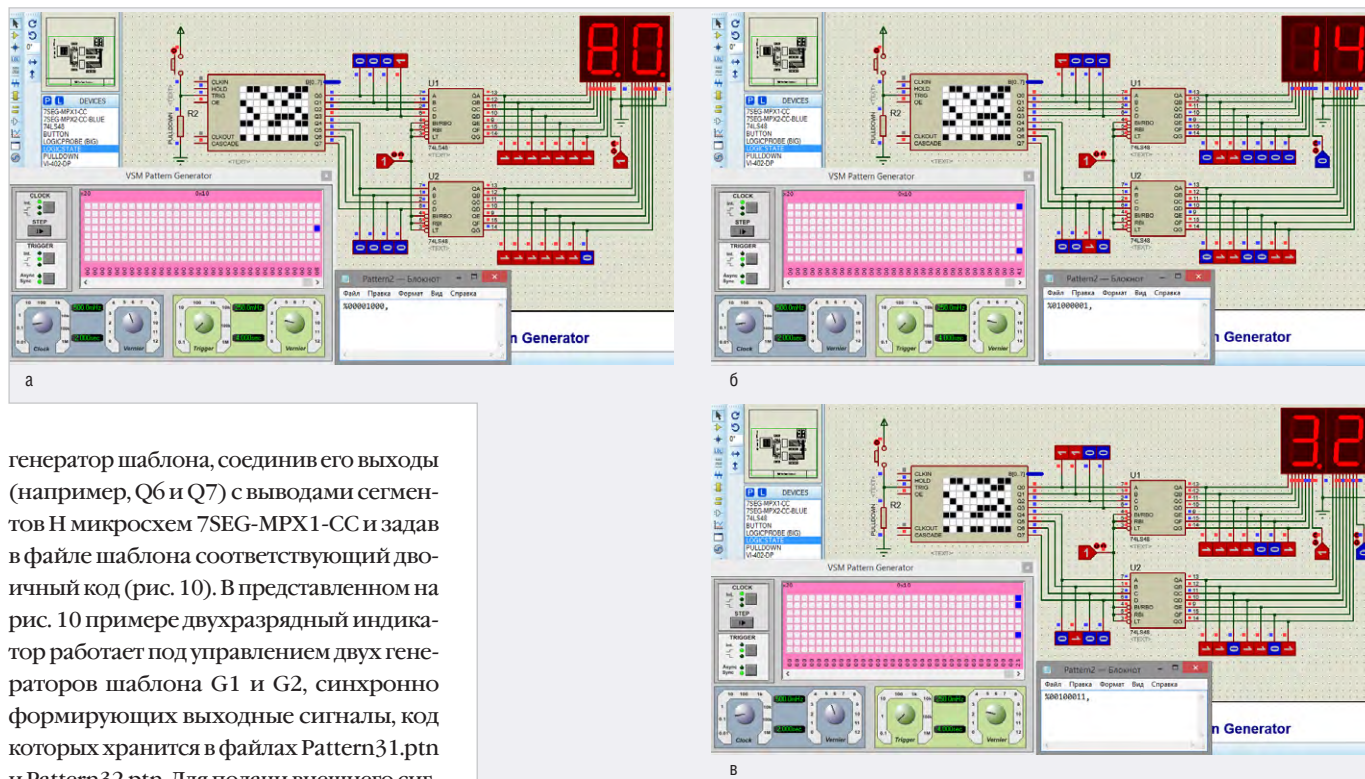


Рис. 9. Запись в файле шаблона двоичного кода и последовательный вывод на двухразрядном 7-сегментном индикаторе соответствующих ему цифр: (а) 8 и 0, (б) 1 и 4, (в) 3 и 2

генератор шаблона, соединив его выходы (например, Q6 и Q7) с выводами сегментов Н микросхем 7SEG-MPX1-CC и задав в файле шаблона соответствующий двоичный код (рис. 10). В представленном на рис. 10 примере двухразрядный индикатор работает под управлением двух генераторов шаблона G1 и G2, синхронно формирующих выходные сигналы, код которых хранится в файлах Pattern31.ptn и Pattern32.ptn. Для подачи внешнего сигнала синхронизации на вход TRIG компонентов G1 и G2 используется кнопка BUTTON. Генератор шаблона G1 формирует двоичный код отображаемых на двухразрядном индикаторе цифр, генератор G2 – код свечения точек.

Назначим для генератора шаблона G1 файл шаблона Pattern31.ptn, а для генератора шаблона G2 – файл шаблона Pattern32.ptn. Обратите внимание на значения параметров генераторов шаблона G1 и G2 в окне Edit Component:

- Clock Rate – 500.0 mHz;
- Reset Rate – 250.0 mHz;
- Clock Mode – Internal (внутренний);
- Reset Mode – Sync External Pos Edge (внешний синхронный положительный фронт);

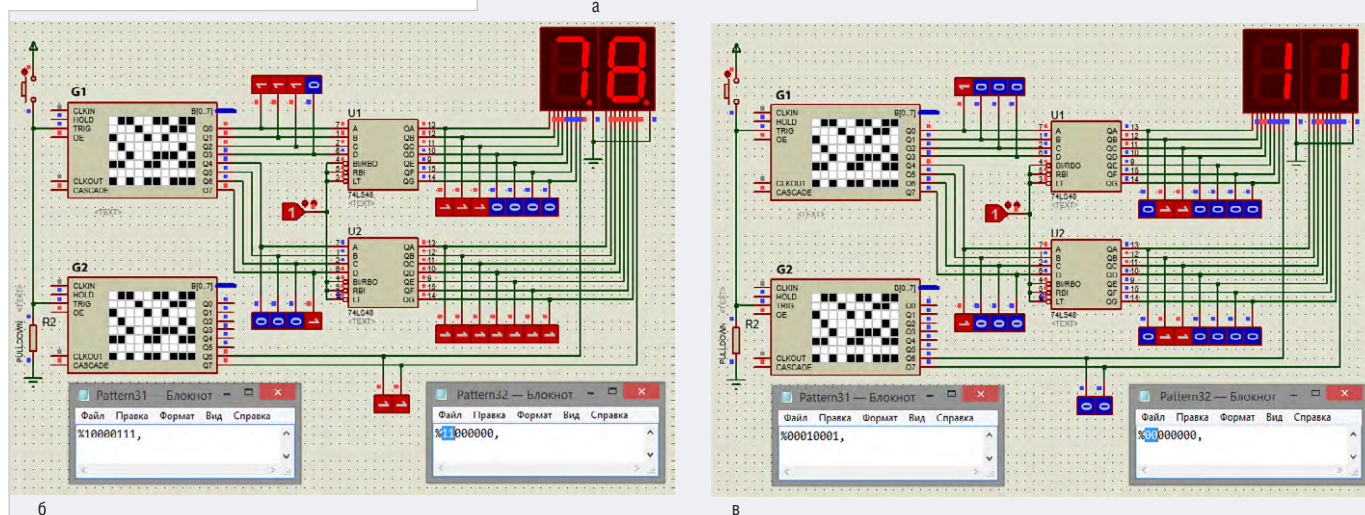


Рис. 10. Управление свечением точек двухразрядного 7-сегментного индикатора с помощью генератора шаблона. Формирование на выводах Н индикатора двоичного кода: (а) 11, (б) 00, (в) 01

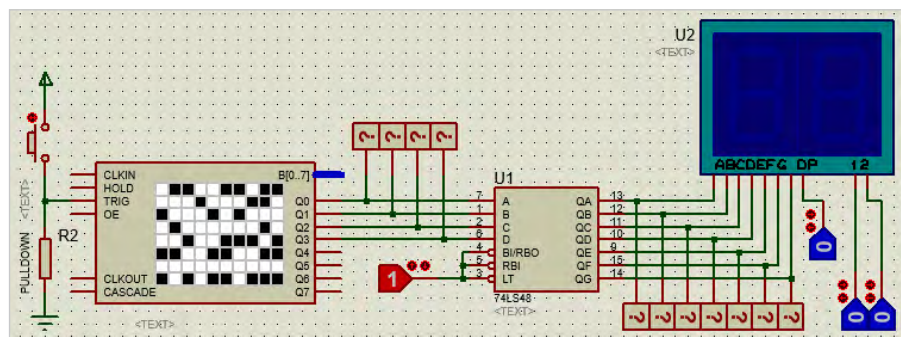


Рис. 11. Схема сопряжения двухразрядного 7-сегментного индикатора 7SEG-MPX2-CC-BLUE с генератором шаблона

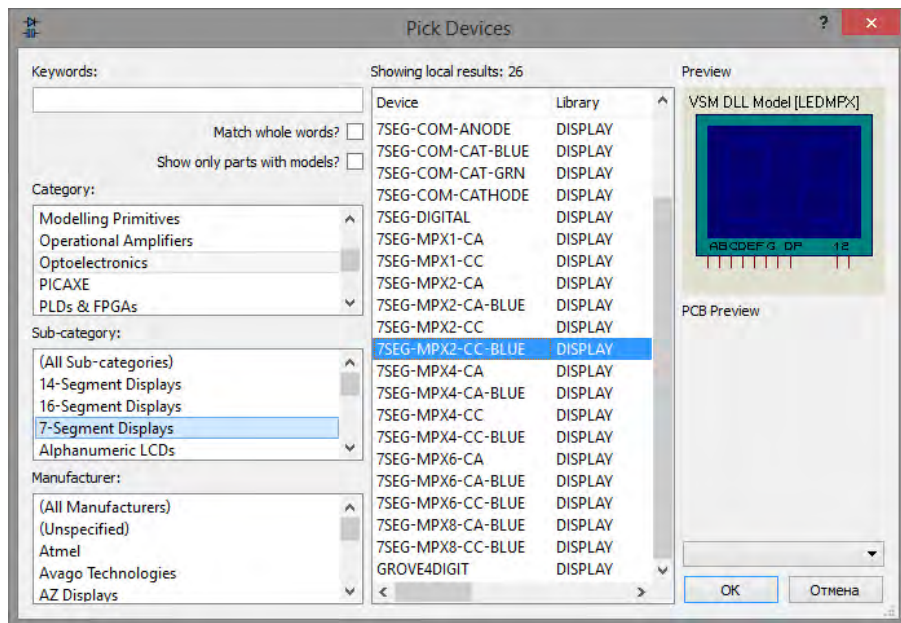


Рис. 12. Выбор компонента 7SEG-MPX2-CC-BLUE из раздела 7-Segment Displays библиотеки Optoelectronics

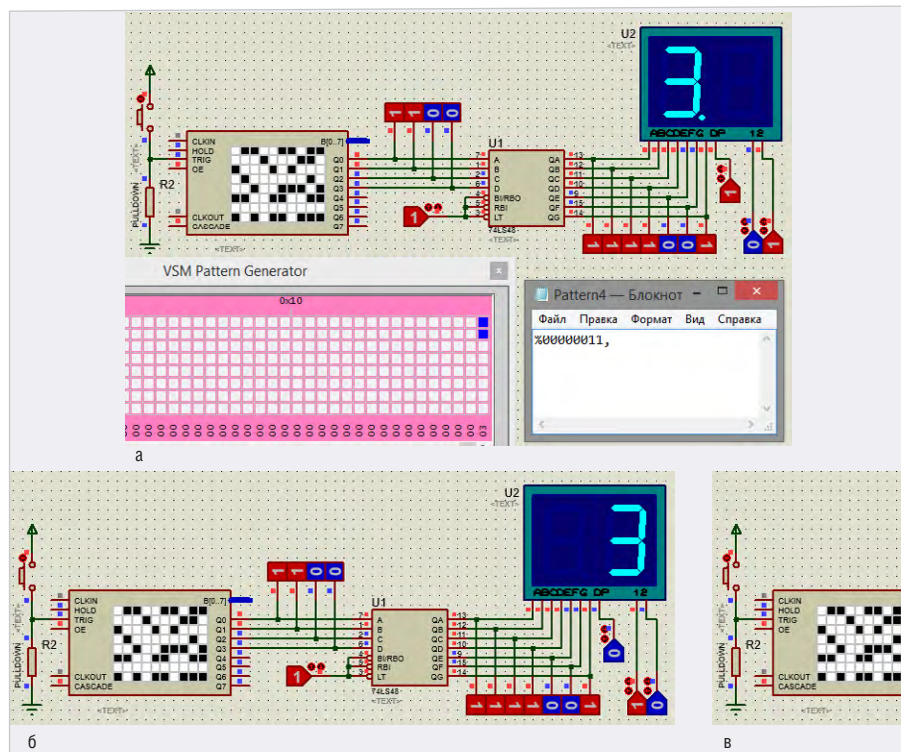


Рис. 13. Управление отображением цифры 3 на дисплее индикатора 7SEG-MPX2-CC-BLUE: (а) активация первого, (б) второго, (в) двух разрядов индикатора

- Output Configuration – Output to Pins Only (вывод данных только на выводы Q0–Q7).

Для синхронной работы приборов G1 и G2 эти значения должны быть одинаковыми.

Для управления с помощью генератора шаблона двухразрядным 7-сегментным индикатором 7SEG-MPX2-CC-BLUE используют одну микросхему 74LS48, которую подключают к выводам Q0–Q3 генератора (рис. 11). Индикатор имеет семь выводов управления сегментами (A, B, C, D, E, F, G), вывод управления свечением десятичными точками (DP) и выводы управления свечением разрядов (1 и 2).

На схеме микросхема U2 – это двухразрядный индикатор с общим катодом (компонент 7SEG-MPX2-CC-BLUE из раздела 7-Segment Displays библиотеки Optoelectronics, рис. 12). В представленном на рис. 11 примере управление свечением точек и разрядов индикатора обеспечивают три компонента LOGICSTATE. Логическая 1 на выводе DP индикатора засвечивает точки, соответственно, логический 0 их гасит. Логический 0 на выводах 1 и 2 засвечивает разряды индикатора, логическая 1 – гасит. Чтобы отобразить цифру в первом разряде, необходимо подать её семи-сегментный код на выводы A–G индикатора, на его вывод 1 – логический 0, а на вывод 2 – логическую 1 (рис. 13а). Для отображения цифры во втором разряде на вывод 1 индикатора подают логическую 1, а на вывод 2 – логический 0 (рис. 13б). Если на выводы 1 и 2 подать комбинацию сигналов – 00, то цифра отобразится сразу в двух разрядах индикатора (рис. 13в). Комбинация 11 отключает отображение цифр на дисплее.

В представленном на рис. 13 примере индикатор отображает цифру 3. Для этого в файле шаблона генератора в одну строку введён двоичный восьмиразрядный код 00000011, где 0011 – двоичный код цифры 3, который подаётся на выводы Q0–Q3 генератора шаблона, преобразуется с помощью дешиф-

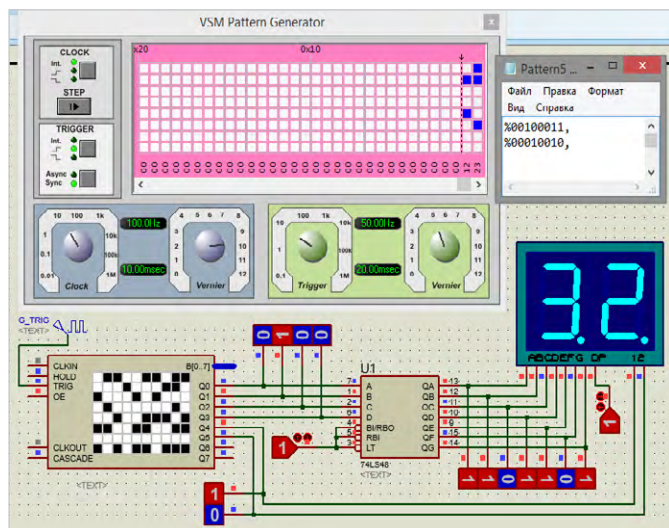


Рис. 14. Управление с помощью генератора шаблона динамической индикацией на экране двухразрядного дисплея 7SEG-MPX2-CC-BLUE

ратора в семисегментный код цифры, а затем поступает на выходы А–Г двухразрядного индикатора. Для формирования шаблона на диске компьютера создают текстовый файл, заносят в него двоичный код цифры и сохраняют файл с расширением .ptn. В файле необходимо соблюдать следующий синтаксис записи кода: %00000011,

Чтобы отобразить на дисплее индикатора две разные цифры, воспользуемся методом динамической индикации, который применяют для упрощения схемы управления двухразрядным индикатором, а также для сокращения количества его выводов. Данный способ управления подразумевает поочередное включение групп сегментов со скоростью, превышающей время реакции человеческого глаза. Несмотря на то что изображение на индикаторе при таком способе управления в каждый момент времени неполное, глаз человека интегрирует его и видит целостную картинку. Динамическая индикация широко применяется для отображения различной информации, например, температуры, напряжения, времени или просто количества срабатывания каких-либо устройств или датчиков.

В примере на рис. 14 для реализации динамического способа управления применён следующий алгоритм:

- подачей логического 0 на вывод 1 включим первый разряд индикатора;
- сформируем на выводах Q0–Q3 генератора шаблона двоичный код первой цифры;
- подачей логической 1 на вывод 1 включим первый разряд индикатора;
- подачей логического 0 на вывод 2 включим второй разряд индикатора;

- сформируем на выводах Q0–Q3 генератора шаблона двоичный код второй цифры;
- подачей логической 1 на вывод 2 включим второй разряд индикатора.

Чтобы свечение индикатора воспринималось без мерцания, частота смены разрядов на дисплее (её определяют в поле Clock Rate окна настройки параметров генератора шаблона, рис. 15) должна быть достаточно высокой. В нашем примере установим значение Clock Rate 100 Hz. Также введём новое значение в поле Reset Rate – 50 Hz. В поле Pattern Generator Script укажем имя файла шаблона (Pattern5.PTN), который в нашем примере находится в одном каталоге со схемным проектом. Значения параметров Clock Mode (Internal) и Reset Mode (Sync External Pos Edge) оставим без изменений (такими как в предыдущем примере). В результате после запуска моделирования схемы в каждом разряде отобразятся две разные цифры (рис. 14).

Для формирования полного изображения необходимо для каждого разряда индикатора на выходах генератора шаблона Q0–Q5 последовательно установить код, четыре младших бита (0–3) которого соответствуют двоичному коду цифры, четвёртый и пятый биты – коду управления свечением разрядов. В примере на рис. 14 управляющий код в файле шаблона содержит две строки, первая – включает первый разряд индикатора для вывода цифры 3, вторая – второй разряд для вывода цифры 2.

В цифровом генераторе есть возможность задать формирование определённой части шаблона, что в нашем примере будет полезным для вывода чисел 3 и

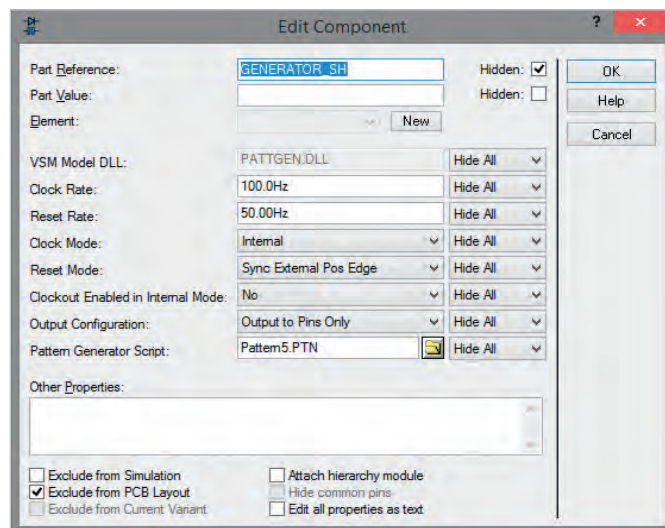


Рис. 15. Настройка в окне свойств генератора шаблона частоты переключения цифр на дисплее индикатора

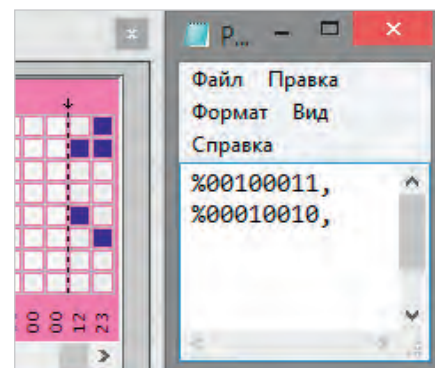


Рис. 16. Создание запрещённой области шаблона на дисплее цифрового генератора

2 на экран индикатора в цикле. С этой целью на дисплее лицевой панели генератора шаблона посредством перемещения курсора левой кнопкой мыши определим запрещённую для вывода область. Как видно на рис. 16, разрешённая для вывода область состоит из двух колонок, отделённых от запрещённой области чёрной пунктирной линией и соответствующих двум строкам 8-битного кода из файла шаблона.

Для подачи внешнего сигнала синхронизации на вход TRIG генератора шаблона применим генератор цифровых импульсов, окно настройки параметров которого показано на рис. 17. Чтобы добавить генератор в рабочую область проекта, левой кнопкой мыши выбирают строку с названием DCLOCK на панели GENERATORS (рис. 18) и размещают его мышью в необходимом месте на схеме. Открывают панель GENERATORS нажатием кнопки Generator Mode на левой панели инструментов схемного редактора. Как видно на рис. 17, формирование сигналов синхронизации происходит с периодом 50 мс (поле Period (Secs))

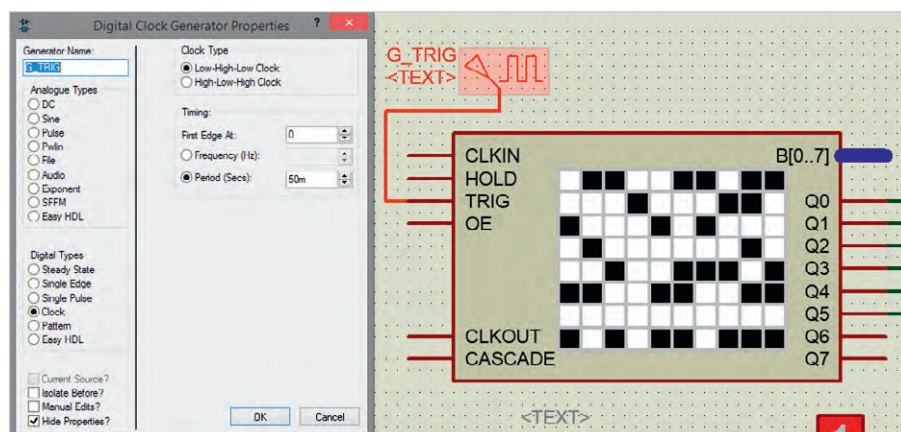


Рис. 17. Окно настройки параметров генератора цифровых импульсов DCLOCK и его подключение к входу TRIG генератора шаблона

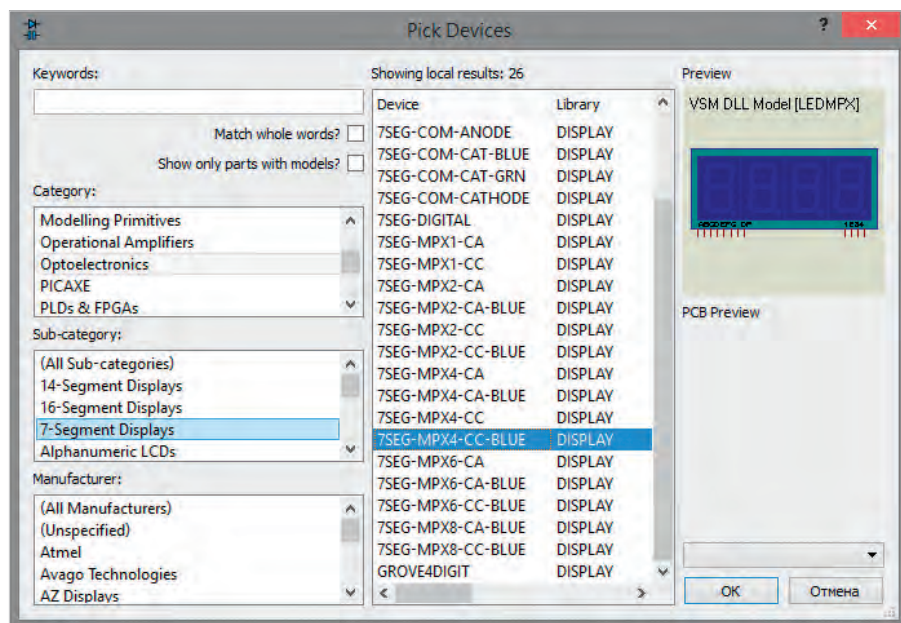


Рис. 19. Выбор компонента 7SEG-MPX4-CC-BLUE из раздела 7-Segment Displays библиотеки Optoelectronics

окна Digital Clock Generator Properties), начиная с момента запуска моделирования схемы – значение 0 в поле First Edge At. В поле Clock Type установкой переключателя задают тип сигнала: Low-High-Low Clock (низкий-высокий-низкий) или High-Low-High Clock (высокий-низкий-высокий). В нашем примере переключатель установлен в первую позицию. Окно настройки параметров генератора цифровых импульсов открывают двойным щелчком левой кнопки мыши на пиктограмме прибора на схеме.

Управление четырёх- и шестизрядными 7-сегментными индикаторами с помощью генератора шаблона

Используя метод динамической индикации, отобразим четыре разные цифры на дисплее четырёхразрядного 7-сегментного индикато-

ра, для чего добавим в рабочее поле проекта микросхему 7SEG-MPX4-CC-BLUE из раздела 7-Segment Displays библиотеки Optoelectronics (рис. 19) и подключим её к схеме формирования управляющего кода так, как показано на рис. 20. На диске компьютера создадим файл шаблона Pattern6.ptn, в который построчно запишем следующий код:

```
%11101000,
%11010001,
%10110101,
%01110111,
```

Индикатор 7SEG-MPX4-CC-BLUE имеет семь выводов управления сегментами (A, B, C, D, E, F, G), вывод управления свечением десятичных точек (DP) и выходы управления свечением разрядов (1–4), которые (как видно на рис. 20) подключены к выходам Q4–Q7 генератора шаблона.

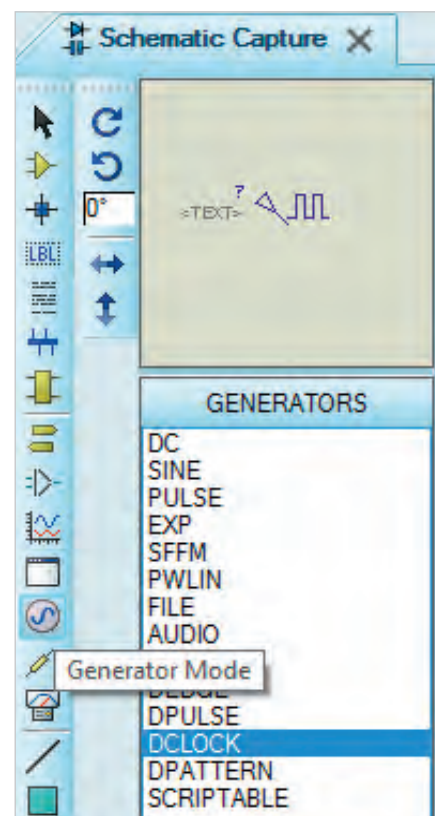


Рис. 18. Открытие при помощи кнопки Generator Mode панели GENERATORS и выбор генератора DCLOCK

Для формирования полного изображения необходимо для каждого разряда индикатора на выходах генератора шаблона Q0–Q7 последовательно установить код, четыре младших бита (0–3) которого соответствуют двоичному коду цифры, а четыре старших бита – коду управления свечением разрядов. Как видно на рис. 21, управляющий код в файле шаблона содержит четыре строки, первая – включает первый разряд индикатора для вывода цифры 8, вторая – второй разряд для вывода цифры 1. Две следующие строки кода управляют третьей и четвёртой группой сегментов индикатора – выводят цифры 5 и 7.

Для непрерывного отображения чисел на экране индикатора на дисплее лицевой панели генератора шаблона перемещением курсора определим область из четырёх колонок (рис. 22), соответствующих четырём строкам 8-битного кода из файла шаблона. Параметры генератора шаблона и генератора цифровых импульсов оставлены без изменений – такими, как в рассмотренном выше примере управления двухразрядным индикатором 7SEG-MPX2-CC-BLUE.

Для реализации динамического способа управления четырёхразрядным индикатором 7SEG-MPX4-CC-BLUE применён следующий алгоритм:

- подачей логического 0 на вывод 1 включим первый разряд индикатора;
- сформируем на выводах Q0–Q3 генератора шаблона двоичный код первой цифры;
- подачей логической 1 на вывод 1 выключим первый разряд индикатора;
- подачей логического 0 на вывод 2 включим второй разряд индикатора;
- сформируем на выводах Q0–Q3 генератора шаблона двоичный код второй цифры;
- подачей логической 1 на вывод 2 выключим второй разряд индикатора;
- подачей логического 0 на вывод 3 включим третий разряд индикатора;
- сформируем на выводах Q0–Q3 генератора шаблона двоичный код третьей цифры;
- подачей логической 1 на вывод 3 выключим третий разряд индикатора;
- подачей логического 0 на вывод 4 включим четвёртый разряд индикатора;
- сформируем на выводах Q0–Q3 генератора шаблона двоичный код четвёртой цифры;
- подачей логической 1 на вывод 4 выключим четвёртый разряд индикатора.

Управление шестиразрядным 7-сегментным индикатором (микросхемой 7SEG-MPX6-CC-BLUE) можно реализовать с помощью двух генераторов шаблона, синхронно формирующих выходные сигналы данных или команд (первый – коды цифр, а второй – код активного разряда) согласно с инструкциями, содержащимися в файлах шаблона (в нашем примере в файлах Pattern71.ptn и Pattern72.ptn).

Добавим два прибора PATTERN GENERATOR (компоненты PATTERN1 и PATTERN2) в рабочую область проекта и подключим выводы Q0–Q3 прибора PATTERN1 к выводам A–D микросхемы дешифратора U1 соответственно, выводы Q0–Q5 прибора PATTERN2 к выводам 1–6 микросхемы индикатора (рис. 23). Для подачи внешнего сигнала синхронизации на вход TRIG компонентов PATTERN1 и PATTERN2 применим генератор цифровых импульсов, значения параметров которого оставим без изменений (такими, как показано на рис. 17).

Используя метод динамической индикации, отобразим шесть разных цифр на дисплее шестиразрядного 7-сегментного индикатора 7SEG-MPX6-CC-BLUE, который добавлен в рабочую область проекта из раздела 7-Segment Displays библиотеки Optoelectronics и подключён к схе-

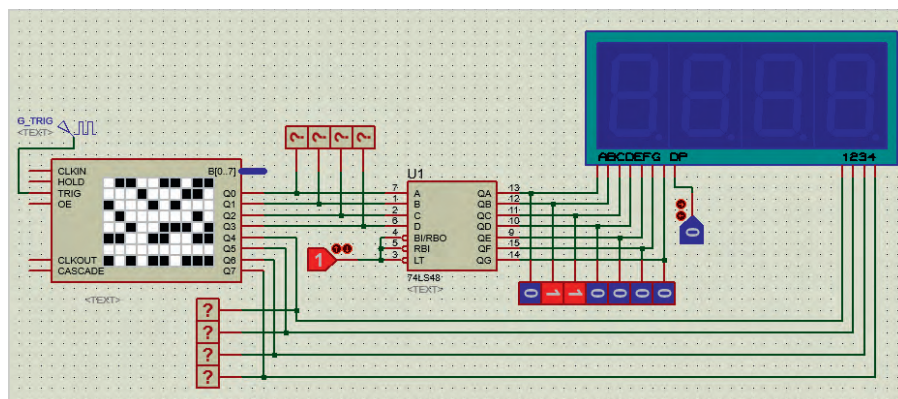


Рис. 20. Подключение четырёхразрядного индикатора к схеме формирования управляющего кода

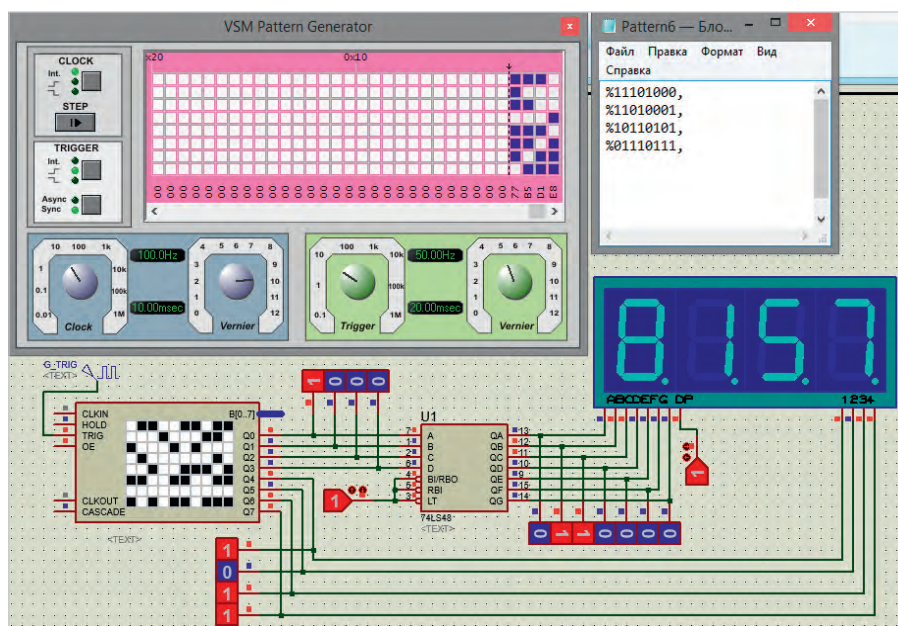


Рис. 21. Управление с помощью генератора шаблона динамической индикацией на экране четырёхразрядного дисплея

ме формирования управляющего кода так, как показано на рис. 23. Для управления с помощью генератора шаблона шестиразрядным 7-сегментным индикатором 7SEG-MPX6-CC-BLUE воспользуемся одной микросхемой 74LS48, выходы которой QA–QG подключим к входам A–G индикатора.

На диске компьютера создадим файл шаблона Pattern71.ptn, в который построчно запишем двоичный код цифр:

```
%00000001,
%00000000,
%00000101,
%00000111,
%00000010,
%00000011,
```

Создадим ещё один файл шаблона (Pattern72.ptn), в который запишем код управления свечением разрядов индикатора:

```
%11111110,
%11111101,
```

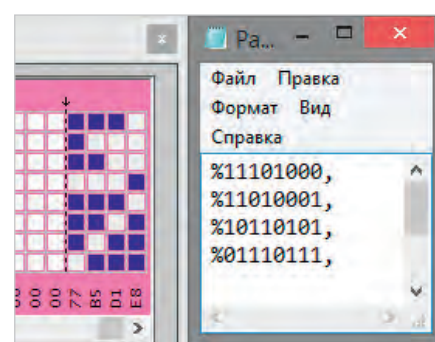


Рис. 22. Формирование бесконечного цикла вывода цифр на экране четырёхразрядного индикатора определением на дисплее лицевой панели генератора шаблона области из четырёх колонок, соответствующих четырём строкам 8-битного кода из файла шаблона

```
%11111011,
%11110111,
%11101111,
%11011111,
```

Индикатор 7SEG-MPX6-CC-BLUE имеет семь выводов управления сегмента-

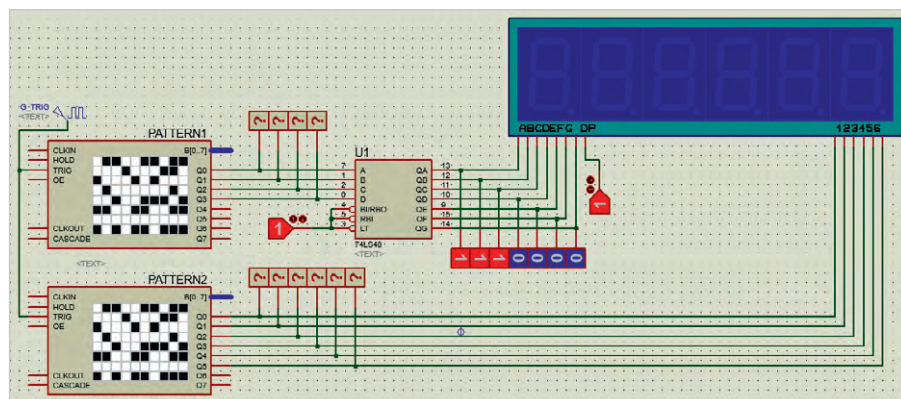


Рис. 23. Подключение шестизрядного индикатора к схеме формирования управляющего кода

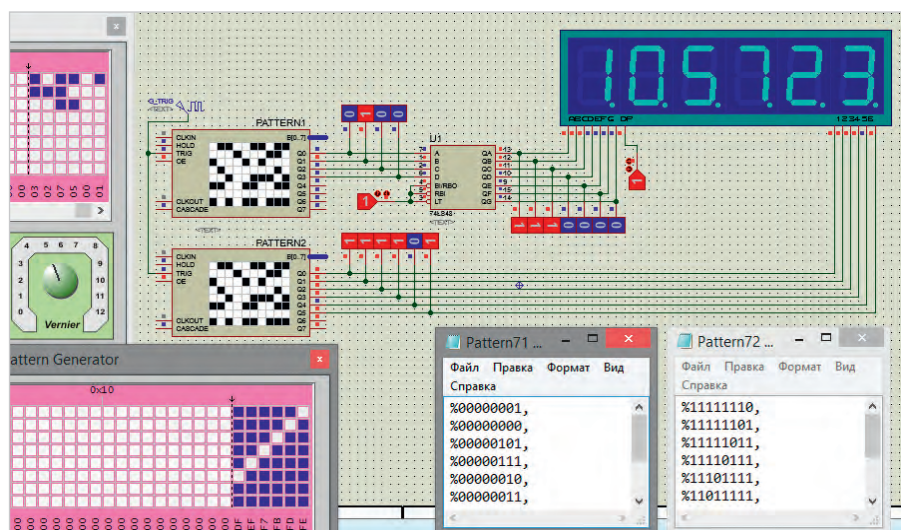


Рис. 24. Управление с помощью генератора шаблона динамической индикацией на экране шестизрядного дисплея

ми (A, B, C, D, E, F, G), вывод управления свечением десятичных точек (DP) и выходы управления свечением разрядов (1–6), которые (как видно на рис. 23) подключены к выходам Q0–Q5 генератора шаблона PATTERN2.

Для формирования полного изображения необходимо для каждого разряда индикатора на выходах Q0–Q3 генератора шаблона PATTERN1 последовательно установить код, четыре младших бита (0–3) которого соответствуют двоичному коду цифры. В то же время для каждого разряда индикатора на выходы Q0–Q5 генератора шаблона PATTERN2 последовательно выводится код, шесть младших битов (0–5) которого соответствуют двоичному коду управления свечением разрядов. Как видно на рис. 24, управляющий код в файлах шаблона содержит по шесть строк. Первая строка из файла шаблона Pattern72.ptn включает первый разряд индикатора для вывода цифры 1, код которой хранится в первой строке файла шаблона Pattern71.ptn. С помощью кода, записанного

во второй строке файла шаблона Pattern72.ptn, включается второй разряд индикатора для вывода цифры 0, код которой записан во второй строке файла шаблона Pattern71.ptn. Четыре следующие строки кода файлов Pattern71.ptn и Pattern72.ptn управляют третьей – шестой группами сегментов индикатора – выводят цифры 5, 7, 2 и 3.

Для непрерывного отображения чисел на экране индикатора на дисплеях лицевых панелей генераторов шаблона перемещением курсора определим области из шести колонок (рис. 24), соответствующих шести строкам 8-битного кода из файлов шаблона.

Назначим для генератора шаблона PATTERN1 файл шаблона Pattern71.ptn, а для генератора шаблона PATTERN2 файл шаблона Pattern72.ptn. Обратите внимание на значения параметров генераторов шаблона PATTERN1 и PATTERN2 в окне Edit Component:

- Clock Rate – 200.0 Hz;
- Reset Rate – 50.0 Hz;
- Clock Mode – Internal;
- Reset Mode – Sync External Pos Edge;

- Output Configuration – Output to Pins Only.

Для синхронной работы приборов PATTERN1 и PATTERN2 эти значения должны быть одинаковыми.

Когда в рабочей области проекта собрана схема, выполнены настройки приборов и подготовлены и загружены файлы шаблона, можно запустить симуляцию, результат выполнения которой представлен на рис. 24.

Управление матрицей светодиодов с помощью цифрового генератора шаблона

В Proteus с помощью генератора шаблона можно реализовать схему бегущих огней, собранную с использованием светодиодов. Рис. 25 демонстрирует работу такой схемы, где соединены 12 светодиодов красного цвета, управление которыми осуществляется с помощью двух приборов PATTERN1 и PATTERN2. Аноды светодиодов D1–D8 подключены к выводам Q0–Q7 генератора шаблона PATTERN1, аноды светодиодов D9–D12 подключены к выводам Q0–Q3 генератора шаблона PATTERN2. Катоды всех светодиодов схемы подключены к земле. Символ «земли» добавляют в схему, выбрав на панели TERMINALS строку GROUND (рис. 26). Панель открывают нажатием кнопки Terminals Mode на левой панели схемного редактора.

Светодиоды поочередно загораются и гаснут, создавая эффект бегущих огней. Добавление светодиодов (компоненты LED-RED) в схему выполняют из раздела LEDs библиотеки Optoelectronics (рис. 27). Для каждого отдельного светодиода в окне его настроек (окно Edit Component открывают двойным щелчком левой кнопки мыши по символу светодиода на схеме) укажем ток потребления (поле Full drive current) – в нашем примере 10 mA, тип модели (поле Model Type) – Digital, напряжение (поле Forward Voltage) – 2.2 V (рис. 28a).

Назначим для генератора шаблона PATTERN1 файл шаблона Svetodiode1.ptn, а для генератора шаблона PATTERN2 файл шаблона Svetodiode2.ptn. Зададим следующие значения параметров генераторов шаблона PATTERN1 и PATTERN2 в окне Edit Component (рис. 28б):

- Clock Rate – 1.000 Hz;
- Reset Rate – 250.0 mHz;
- Clock Mode – Internal;
- Reset Mode – Internal;
- Output Configuration – Output to Pins Only.

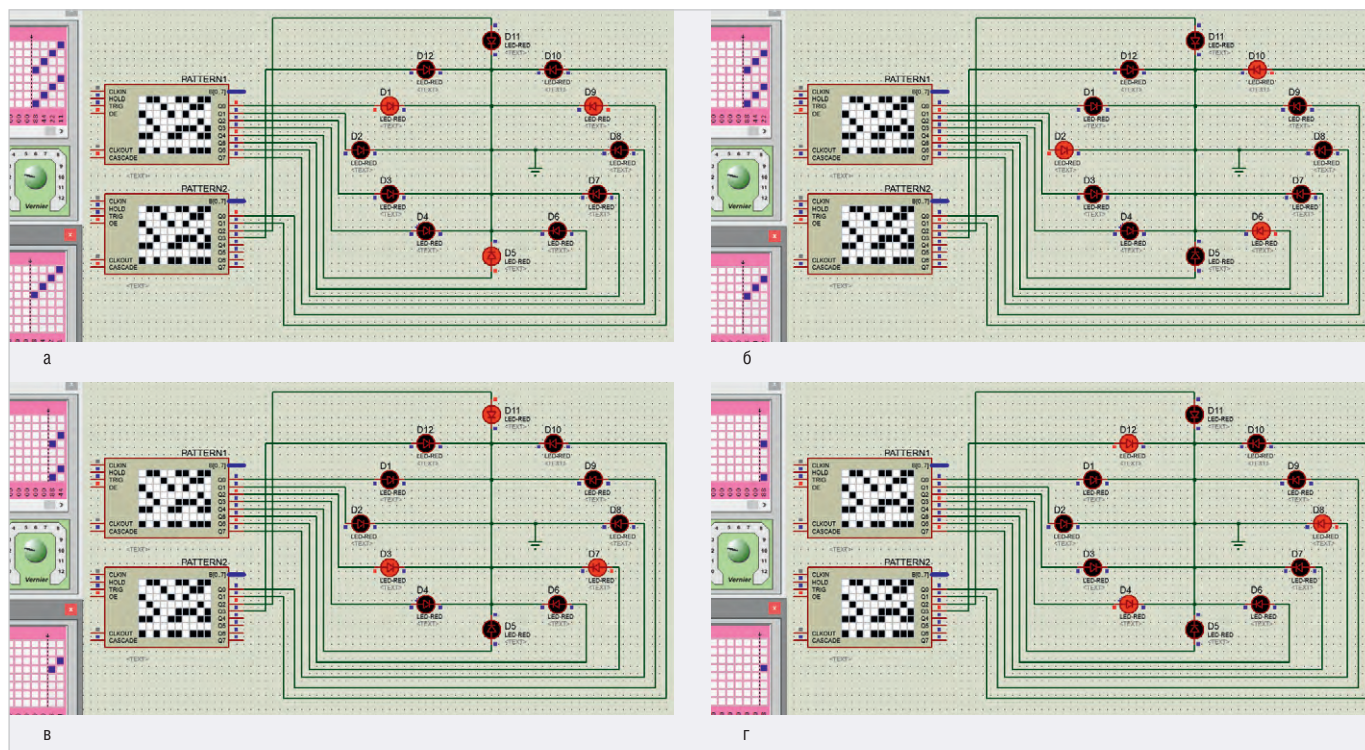


Рис. 25. Управление матрицей светодиодов с помощью двух приборов PATTERN1 и PATTERN2 в схемном редакторе Proteus. Подсветка: (а) 1, 5 и 9 светодиодов, (б) 2, 6 и 10 светодиодов, (в) 3, 7 и 11 светодиодов, (г) 4, 8 и 12 светодиодов

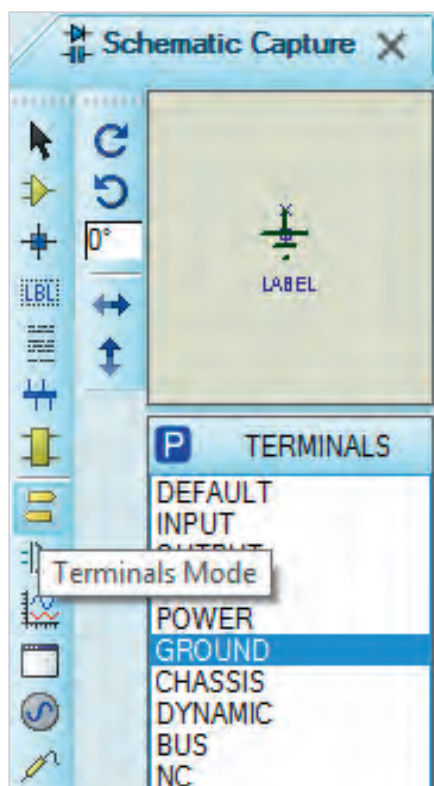


Рис. 26. Открытие при помощи кнопки Terminals Mode панели TERMINALS и выбор символа «земля»

Для синхронной работы приборов PATTERN1 и PATTERN2 эти значения должны быть одинаковыми.

В нашем примере задан циклический вывод шаблона на линии Q0–Q7 генератора PATTERN1 и на линии Q0–Q3

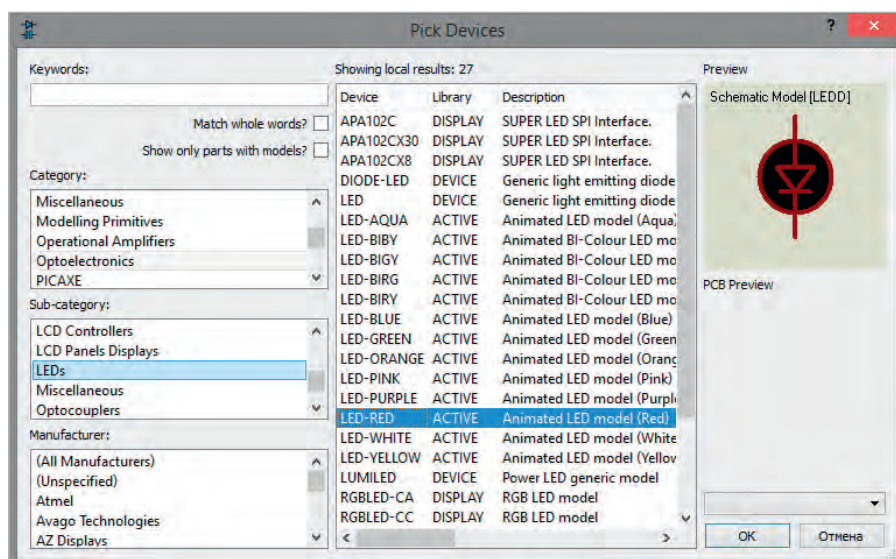


Рис. 27. Выбор светодиода LED-RED из раздела LEDs библиотеки Optoelectronics

генератора PATTERN2. Запуск генерации шаблона осуществляется внутренним сигналом с частотой 1 Гц. Сразу же после генерации двоичный код поступает на выходы генератора. В файле Svetodiodu1.ptn вручную сформирован шаблон из четырёх строк (рис. 29а):

```
%00010001,
%00100010,
%01000100,
%10001000,
```

В каждой строке введено две логических 1 (именно эти значения кода подсвечивают светодиоды), которые с каждым тактом синхронизации сдвигаются влево

на один разряд, тем самым обеспечивая переключение свечения светодиодов D1–D8. Значащие двоичные числа (0 или 1) занесены в 8 разрядов 8-битного кода.

В файле Svetodiodu2.ptn вручную сформирован следующий шаблон (рис. 29б):

```
%00000001,
%00000010,
%00000100,
%00001000,
```

В каждой строке введена одна логическая 1, которая с каждым тактом синхронизации сдвигается влево на один разряд, тем самым обеспечивая переключение

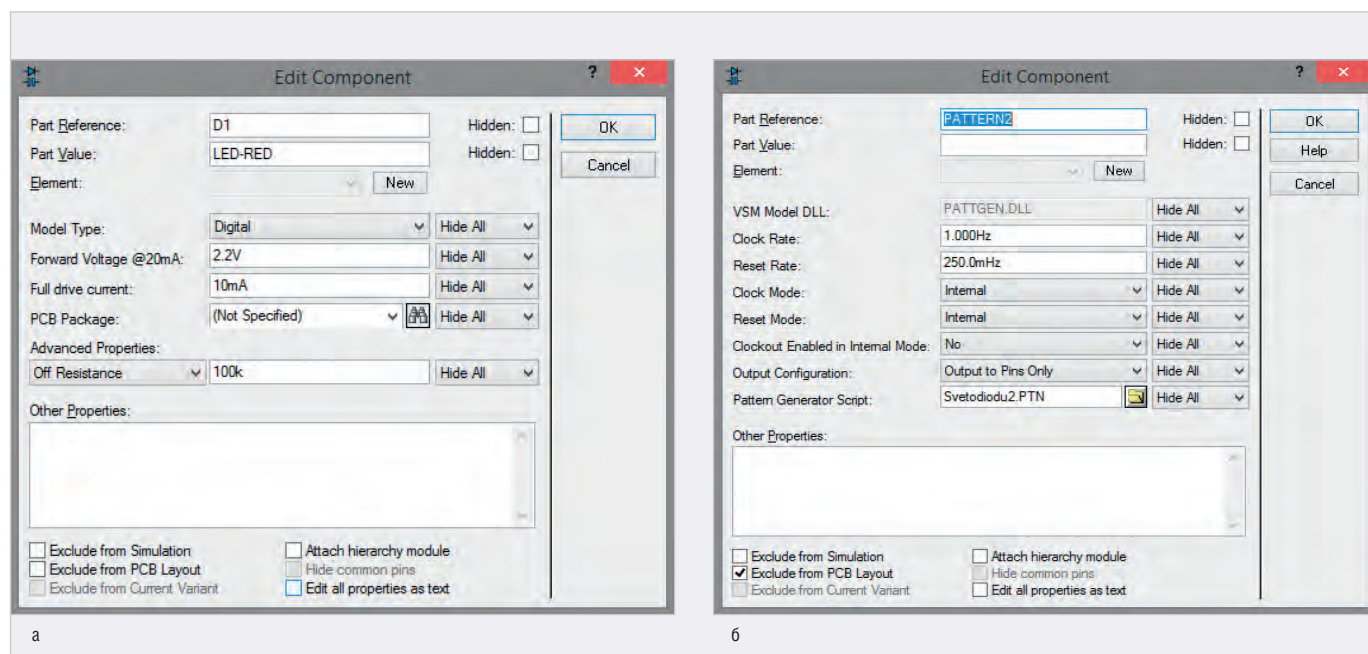


Рис. 28. Окно настройки параметров: (а) светодиода, (б) генератора шаблона

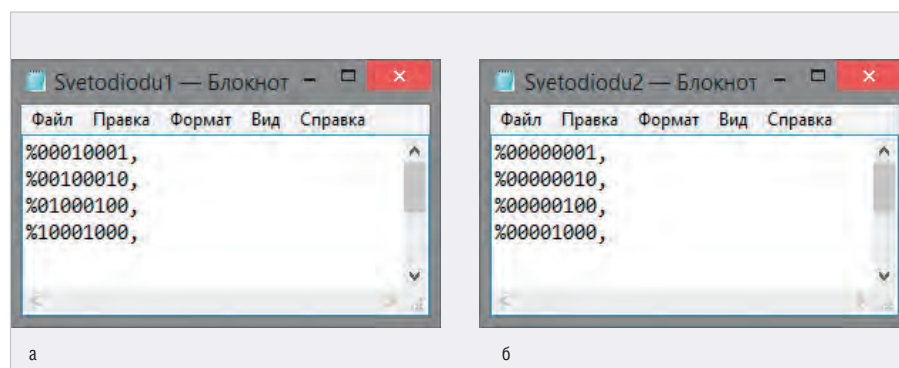


Рис. 29. Формирование в файле шаблона генератора: (а) PATTERN1 кода управления свечением восьми светодиодов D1–D8, (б) PATTERN2 кода управления свечением четырёх светодиодов D9–D12

свечения светодиодов D9–D12. Значащие двоичные числа (0 или 1) занесены в 4 младших разряда 8-битного кода.

Запустим симуляцию и проверим правильность работы собранной схемы. На рис. 25а видно, что подсвечены 1, 5 и 9 светодиоды. Такой результат означает, что на выводы Q0–Q7 генератора шаблона PATTERN1 поступили значения первого двоичного слова (00010001) шаблона, записанного в файле Svetodiodu1.ptn. В то же время на выводы Q0–Q3 генератора шаблона PATTERN2 поступили значения первого

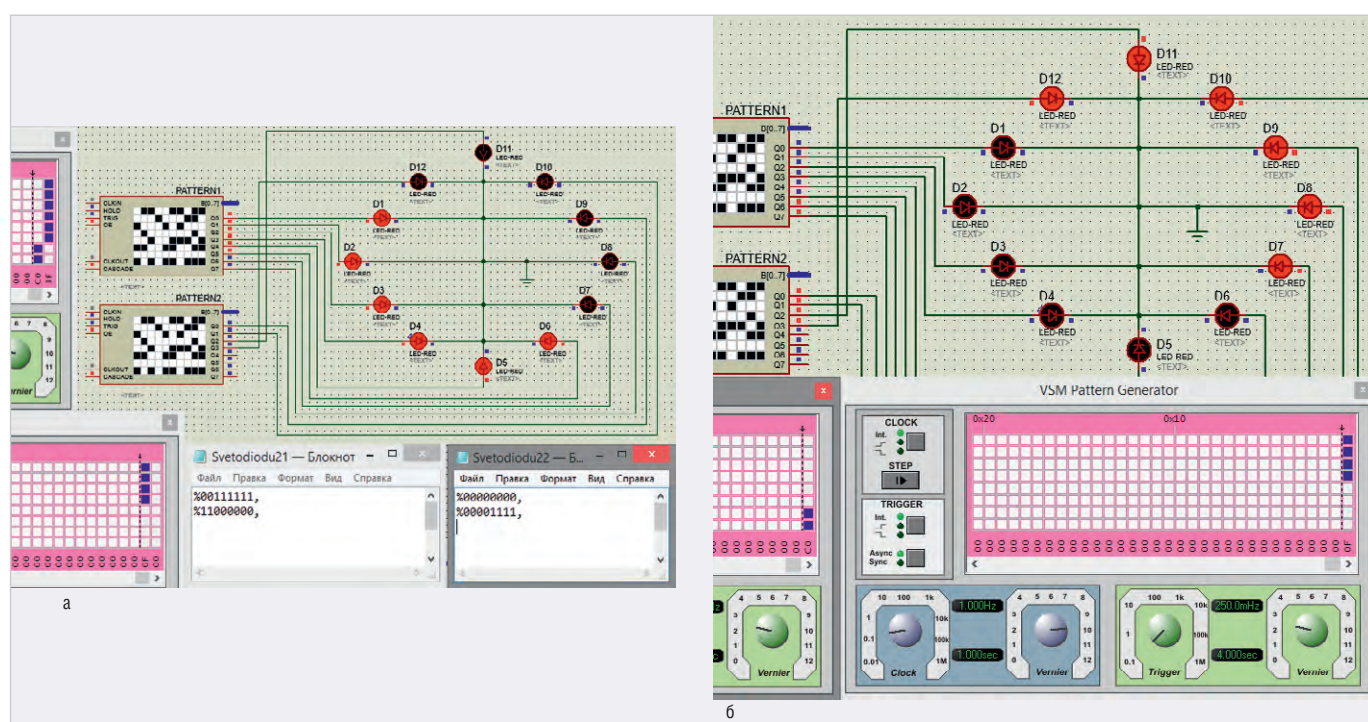


Рис. 30. Создание эффекта поочерёдного свечения шести светодиодов: (а) D1–D6, (б) D7–D12

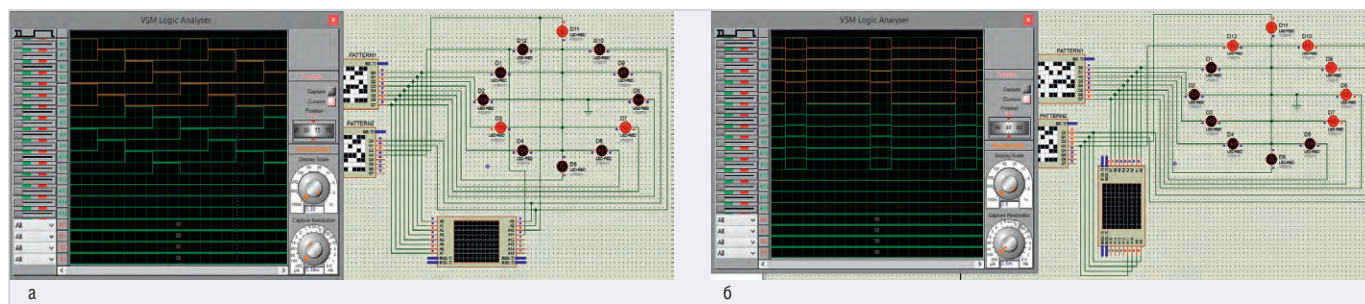


Рис. 31. Настройка параметров логического анализатора, его подключение к схеме управления матрицей светодиодов и диаграммы двоичного кодирования световых эффектов: (а) бегущих огней, (б) поочерёдного свечения шести светодиодов D1–D6 и D7–D12

двоичного слова (00000001) шаблона из файла Svetodiody2.ptn. После поступления на выходы генераторов PATTERN1 и PATTERN2 значений (00100010 и 00000010) второго двоичного слова шаблона из файлов Svetodiody1.ptn и Svetodiody2.ptn подсвечиваются 2, 6 и 10 светодиоды (рис. 25б). Далее на выходы генераторов шаблона поступает третье (01000100 и 00000100) – рис. 25в, четвертое (10001000 и 00001000) – рис. 25г и снова первое (00010001 и 00000001) значения шаблона, тем самым обеспечивая непрерывное поочерёдное подсвечивание светодиодов в цикле со сдвигом подсветки влево. При этом одновременно засвечиваются три светодиода из 12 имеющихся в схеме.

Управляя значениями разрядов двоичных слов в файлах шаблона, код формирования световых эффектов можно изменить. Например, запрограммировать одновременное свечение сразу шести светодиодов D1–D6 (в то время как светодиоды D7–D12 будут погашены) – рис. 30а, записав в файле шаблона генератора PATTERN1 в младшие разряды первого двоичного управляющего слова шесть 1 (код 00111111), а затем с помощью кода 11000000 (вторая строка в файле шаблона генератора PATTERN1) и 00001111 (вторая строка в файле шаблона генератора PATTERN2) погасить светодиоды D1–D6 и зажечь светодиоды D7–D12 (рис. 30б).

Диаграммы двоичного кода управления свечением светодиодов показаны на рис. 31. Для их формирования применим ещё один виртуальный прибор программы Proteus – логический анализатор (рис. 32), который добавляют в схему выбором левой кнопкой мыши строки с его названием (LOGIC ANALYSER) на панели INSTRUMENTS (панель открывают нажатием кнопки Virtual Instruments Mode на левой панели инструментов схемного редактора).

Логический анализатор после запуска симуляции схемы снимает входные зна-

чения со своих выводов и отображает полученные данные в виде прямоугольных импульсов на диаграмме во временной области лицевой панели. Для съёма сигналов с исследуемой схемы логический анализатор имеет 16 выводов и 4 шины разрядностью в 8 бит каждая.

Добавим прибор в проект и соединим со схемой формирования световых эффектов так, как показано на рис. 31. Лицевая панель прибора открывается вследствие запуска симуляции схемы. Рассмотрим её более подробно. Шестнадцать переключателей в левой части панели соответствуют шестнадцати каналам съёма сигналов A0–A15. В следующей колонке отображены имена входов логического анализатора. В нижней части временной области отображаются сигналы, полученные со входов B0[0..7]–B3[0..7]. Также прибор оснащён курсорами, предназначенными для проведения измерений во временной области, которые при необходимости можно перемещать при помощи левой кнопки мыши.

В правой части лицевой панели рассматриваемого прибора расположена панель управления, на которой находятся два окна:

- Trigger (Синхронизация);
- Horizontal (Развертка).

Управление курсорами производится в окне Trigger. Для этого предназначена кнопка Cursors, при помощи которой можно активизировать или отключить курсоры.

Логический анализатор оперирует последовательно записанными в буфер захвата входными цифровыми данными. Процесс захвата данных запускается кнопкой Capture окна Trigger. Спустя некоторое время после выполнения условий переключения этот процесс останавливается, а кнопка меняет свой цвет при записи и после её завершения. Результат – содержимое буфера захвата отображается на дисплее.

В окне Horizontal расположены две ручки: Display Scale и Capture Resolution.

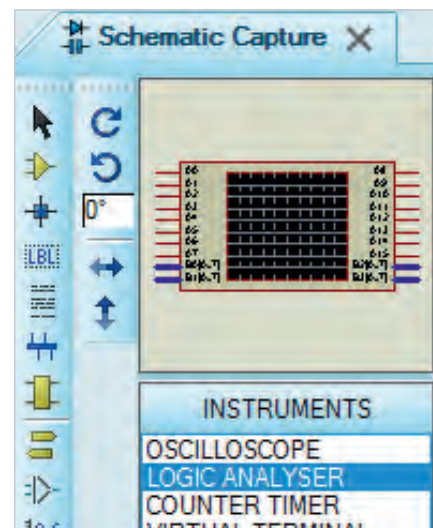


Рис. 32. Открытие при помощи кнопки Virtual Instruments Mode панели INSTRUMENTS и выбор прибора LOGIC ANALYSER

При помощи первой производится масштабирование отображения диаграммы, при помощи второй выполняется подстройка разрешения. В нашем примере (рис. 31) воспользуемся ручками управления Display Scale и Capture Resolution окна Horizontal и отрегулируем отображение диаграмм на панели VSM Logic Analyser. Установим маленькую ручку Display Scale в позицию 1x, большую ручку Display Scale в позицию 1000x. Установим маленькую и большую ручки Capture Resolution в позицию 200. Результаты работы логического анализатора отображаются на экране графического дисплея в виде диаграмм, которые представляют сигналы, полученные с его входов (рис. 31).

Литература

1. Колесникова Т. Проектирование устройств вывода информации с использованием цифрового генератора шаблона в Proteus 8.11 // Современная электроника. 2022. № 3.
2. Proteus VSM Help, Labcenter Electronics, 2020.
3. ISIS Help, Labcenter Electronics, 2014. ©

Разработка модуля выдачи и контроля исполнения производственного задания информационно-управляющей системы класса MES

Мария Бахметьева (РТУ МИРЭА)

В статье рассмотрены основные возможности MES-систем. Кроме того, на примере разработки модуля для системы, отвечающей за выдачу производственного задания, приведены особенности их использования в промышленности.

Введение

В настоящее время в производственных процессах всё большее значение приобретает MES-система. В самых различных отраслях промышленности требуется данная система, отвечающая за выдачу производственного задания. Процесс создания MES-системы включает в себя множество достаточно сложных этапов, требующих целого комплекса оборудования.

Основная часть

MES-системы – системы, представляющие собой ПО, обеспечивающее синхронизацию, координацию, анализ и оптимизацию процессов выпуска продукции на предприятии. Функционирование MES-систем основывается на данных, получаемых в режиме реального времени. Одной из особенностей MES-систем является их применение на уровне не всего предприятия, но отдельно взятой структурной единицы (цех, участок или подразделение). MES-системы являются частью экосистемы предприятия по автоматизации систем управления процессами (рис. 1).

Перед формированием производственного задания для слесаря-сборщика система должна проанализировать, какие заказы есть на предприятии от заказчика (например, представитель-

ство АвтоВАЗ желает получить 12 000 машин модели Lada Vesta).

Далее система обращается к базе данных склада уже произведённых деталей, откуда получает информацию, что сейчас произведено 50 силовых агрегатов, и для дальнейшей установки их на шасси производимых автомобилей их нужно скомпоновать с коробкой переключения передач (в дальнейшем КПП).

MES-система пытается скомпилировать задание для механика, но получает отказ от склада (например, отсутствует требуемое количество готовых КПП). После получения данной информации MES начинает просчитывать наличие ресурсов для производства нужного количества КПП (наличие валов, манжет, сальников, масла, пружин и т.д.). Если чего-то не хватает, то система отправляет сигнал главному механику, а тот, в свою очередь, связывается с

отделом закупки запчастей и просит их поставить недостающие детали.

После получения данной информации от цеха сборки специалист по закупкам деталей проверяет наличие недостающих элементов у поставщиков. Когда ответ получен, отдел закупок отправляет запрос в бухгалтерию, не выходят ли они за рамки сметы, если всё в порядке, то завод покупает необходимое количество запчастей.

После получения сигнала от службы закупок главный механик убирает в системе ошибку об отсутствии необходимых запчастей, и завод может продолжить свою работу на этой стадии производства.

MES формирует задание для слесаря-сборщика, которое звучит так: «Необходимо произвести сборку КПП в количестве 50 штук, детали находятся на складе 4Г, технологическая карта представлена ниже. После выполнения всех пунктов необходимо добавить масло в количестве 4 л 880 мл и отправить готовый агрегат на тестовый стенд, после успешного прохождения тестовых испытаний проинформировать о готовности первой партии КПП главного механика, чтобы он, в свою очередь, добавил в систему информацию



Рис. 1. Архитектура отдельно взятой структурной единицы

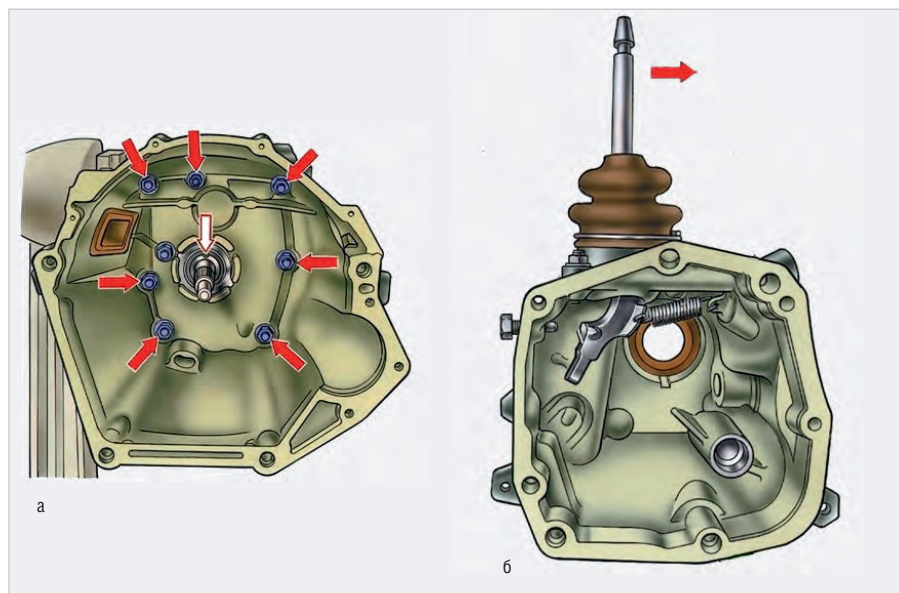


Рис. 2. Внутренний вид картера сцепления

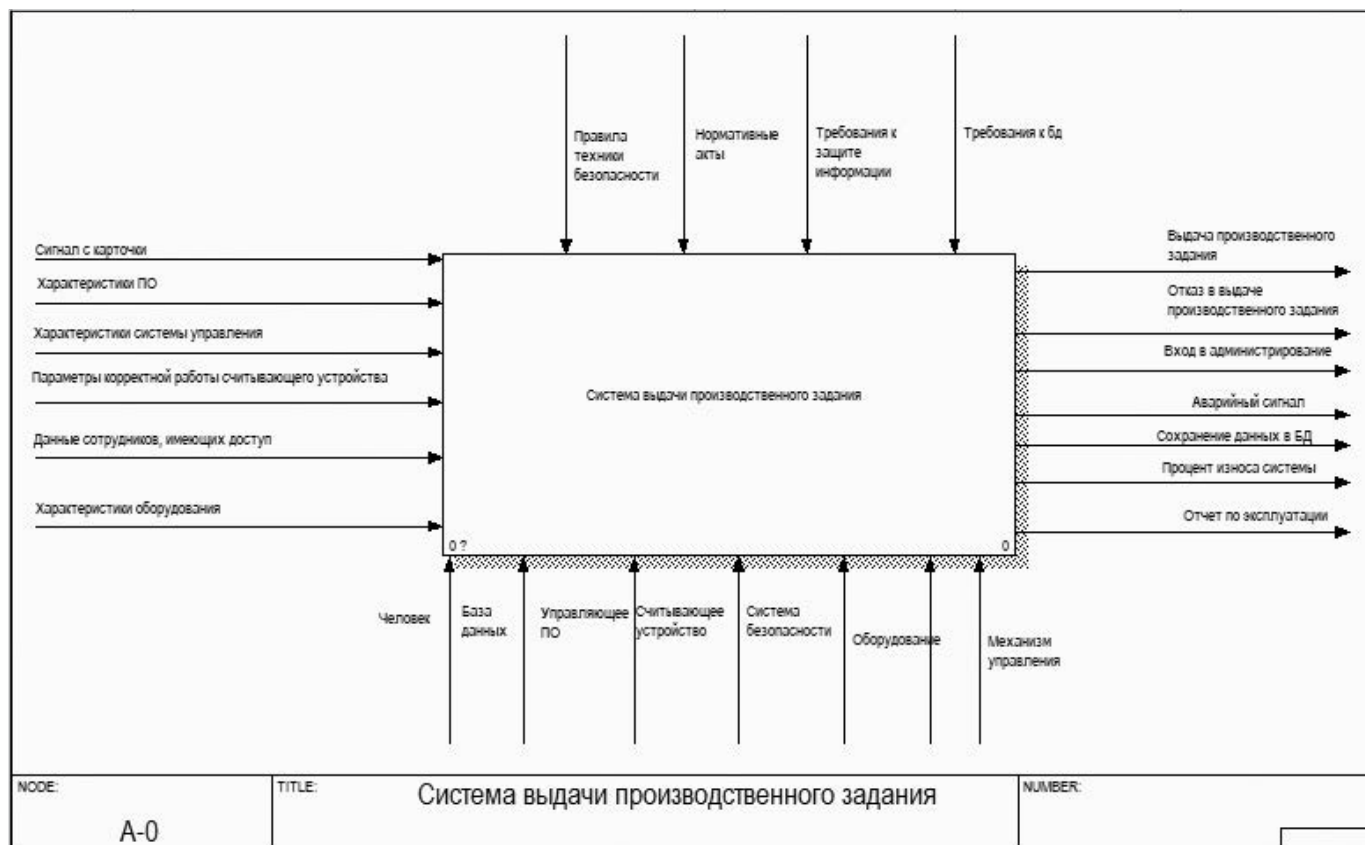


Рис. 3. Функциональная диаграмма системы выдачи производственного задания

о том, что можно переходить к следующему этапу производства авто: соединение ДВС с КПП».

Технологическая карта для слесаря-механика по сборке/разборке КПП представлена на рис. 2.

Красными стрелками (рис. 2.а) указаны гайки крепления картера сцепления к коробке передач. Белой стрелкой указано отверстие в передней крышке для выпуска масла из картера коробки передач, чтобы не происходило замасливание дисков сцепления. На внутреннем виде задней крышки коробки передач (рис. 2.б) стрелкой указано направление, в котором нужно переместить рычаг, чтобы вывести его из зацепления с головками штоков переключения передач и снять заднюю крышку коробки передач.

В IDEF0 система представляется в виде комплекса взаимодействующих работ или интерактивных функций, которые анализируются автономно от объектов, которыми они оперируют, для моделирования логики и взаимодействия процессов. Для того чтобы создать IDEF0, необходимо четко определить, что входит в систему, а что находится вне её как внешнее влияние. Основой для построения модели является описание области системы в целом и её компонентов.

На рис. 3 представлен снимок рабочего экрана Egwin с разработанной моделью IDEF0.

В основе информационной модели лежит выдача производственного задания. На вход (стрелки, входящие в левый край прямоугольника) поступают характеристики и параметры оборудования, используемые ресурсы и описание технологии. Управляющие элементы системы располагаются в верхней части экрана. Среди них различные требования и правила для успешного функционирования системы, а также программное обеспечение. К нижней грани прямоугольника проведены стрелки, демонстрирующие применяемые механизмы, к ним относятся человек, оборудование, программы и механизм управления. На выходе мы получаем результат анализа базы данных, её изменение и отчёты о состоянии системы.

Для удобства восприятия модели существует возможность декомпозиции (разбиения) главной функции на несколько подфункций. В данном случае происходит разбиение на 3 части, что продемонстрировано на рис. 4. Система выдачи производственного задания включает в себя управление оборудованием, управление системой, управление базой данных. Соответственно элементы системы пере-

распределяются между имеющимися подфункциями, которые связаны между собой с помощью стрелок вызова.

Диаграммы потоков данных (DFD) являются неотъемлемой частью моделирования функциональных требований к проектируемой системе, которые представляются в виде иерархии функциональных компонентов (процессов), связанных потоками данных. Основная цель данной диаграммы — показать, как каждый процесс преобразовывает свои входные данные в выходные, и определить взаимосвязь между этими процессами.

Основным процессом в данной системе является мониторинг MES-системы, с которым взаимодействуют такие внешние сущности, как система управления, оборудование взаимодействия с сотрудником, считывание карт, видеонаблюдение и карта. Накопителями данных являются: сведения о сотрудниках, данные о доступе, данные об отработанных часах (рис. 5).

Декомпозиция позволила разбить основной процесс мониторинга на три: управление доступом, считывание карт и видеоконтроль (рис. 6). Соответственно, сведения о доступе и сведения о сотруднике поступают в управление доступом для дальнейшей передачи информации на пропускное оборудо-

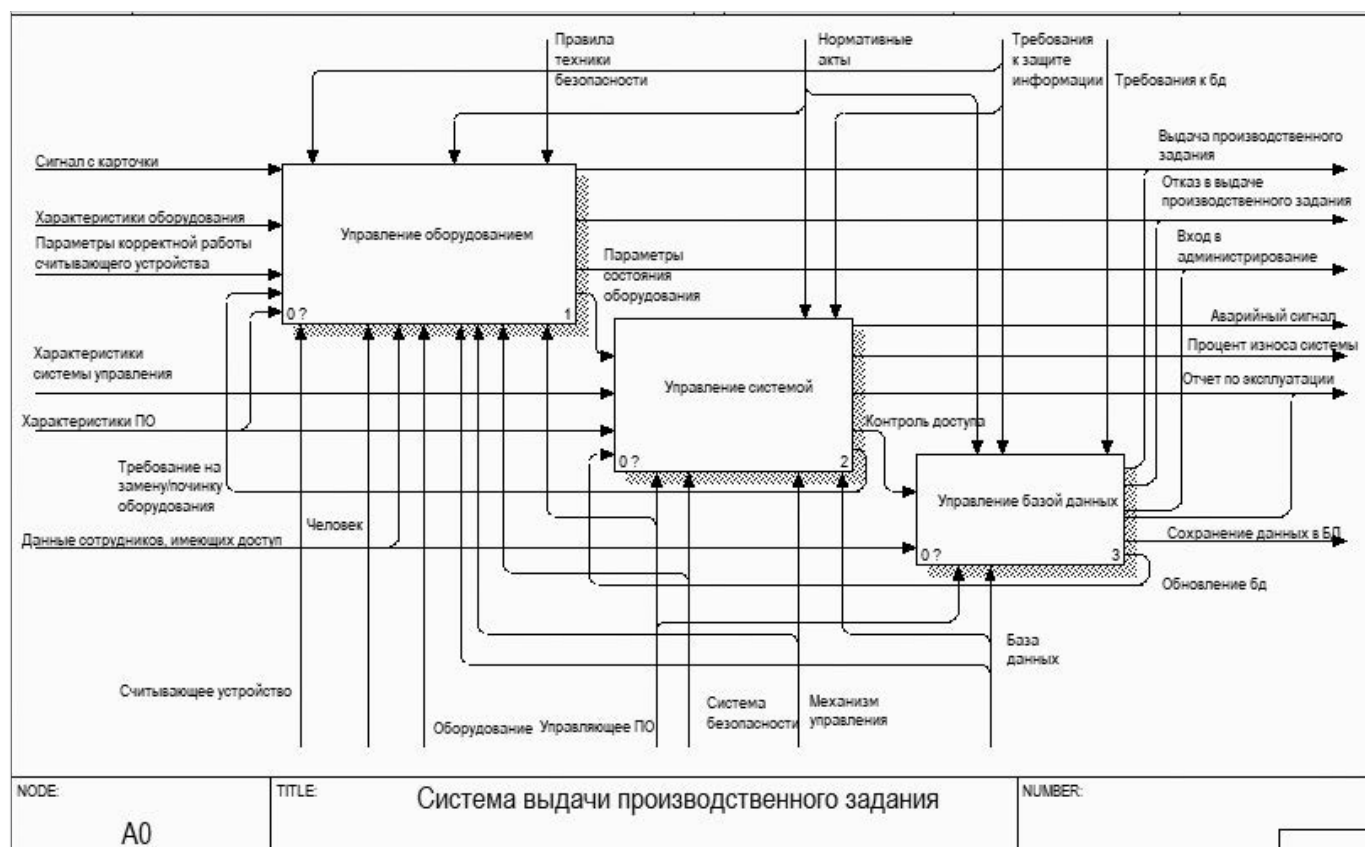


Рис. 4. Декомпозиция функциональной диаграммы системы выдачи производственного задания

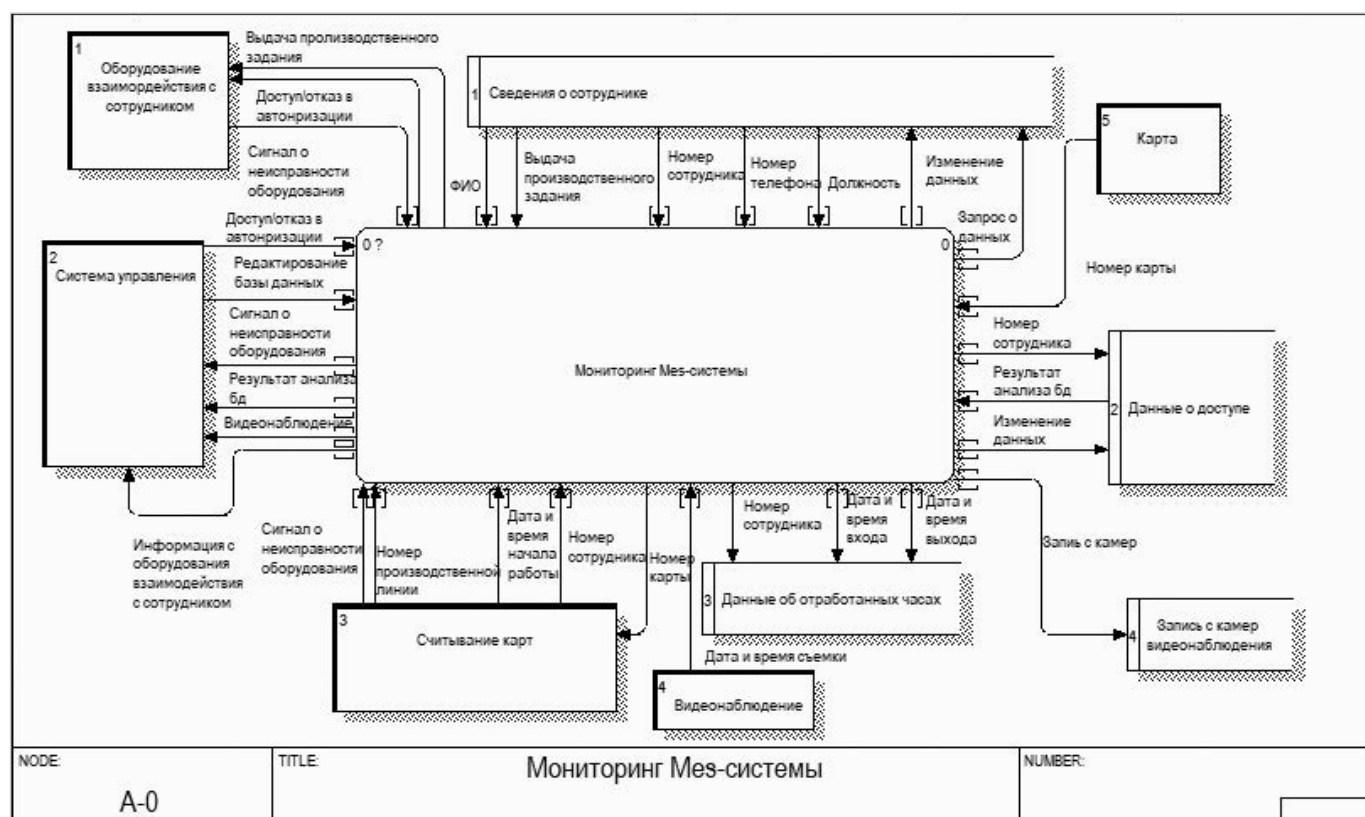


Рис. 5. Диаграмма потоков данных мониторинга MES-системы (DFD)

вание. Информация с карты и с устройства считывания поступает в процесс считывания карт. В видеоконтроль поступает информация о дате и времени съёмки.

На рис. 7 приведена архитектура MES-системы на предприятии. Это структура, включающая набор элементов, взаимодействий и их интерфейсов, с помощью которых создается система.

На данной схеме представлены элементы: четыре ПК, ЛВС, отдел закупок, планшет, сервер с БД, сотрудник.

После того как сотрудник вводит
УИН (уникальный идентификацион-

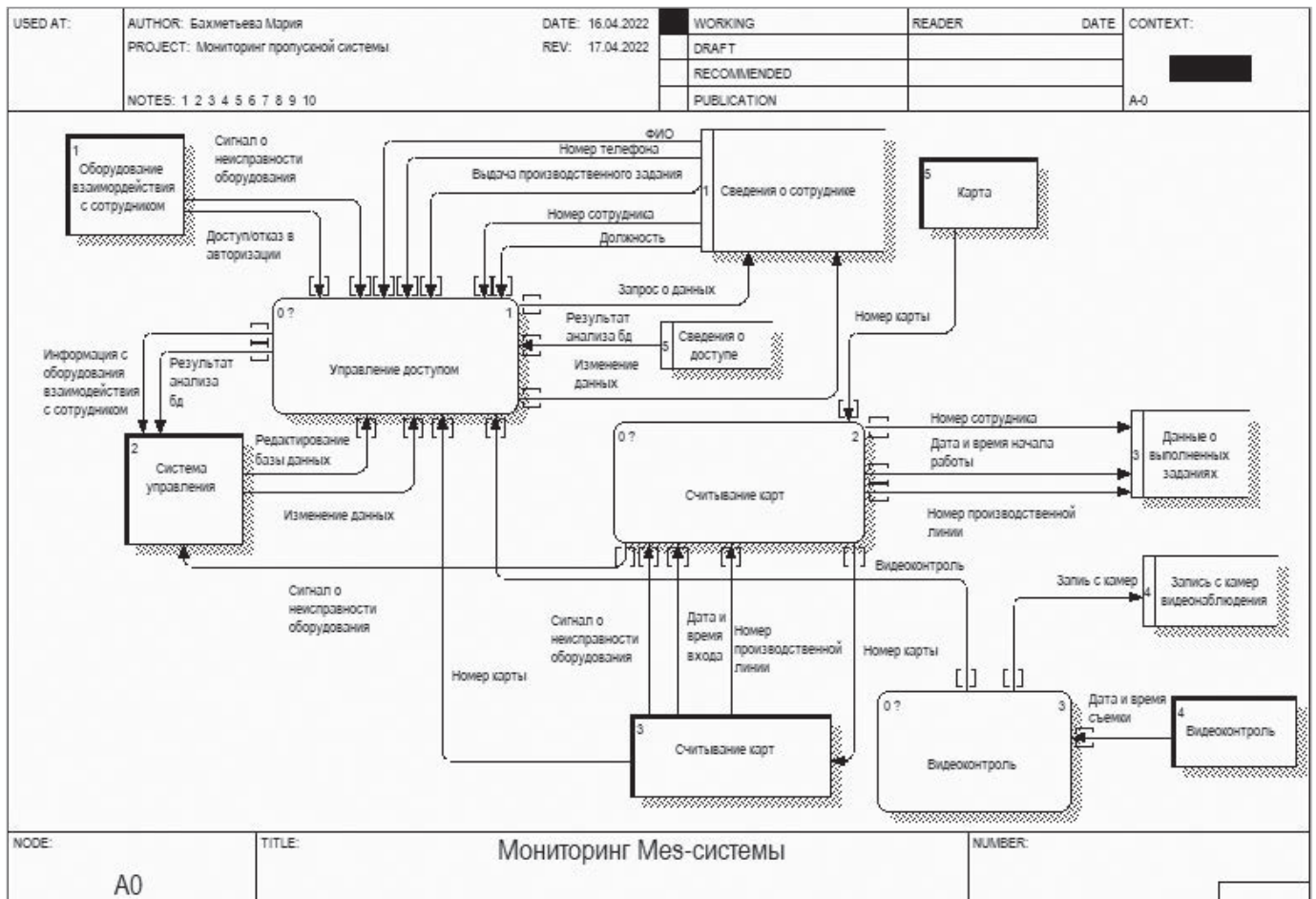


Рис. 6. Декомпозиция контекстной диаграммы

ный номер) в приложении на планшете, он получает доступ к своему производственному заданию на текущий день. Данные об авторизации и получении задания сохраняются в БД.

Администратор для контроля MES-системы изменяет и добавляет личные данные о сотрудниках, УИН и производственное задание.

Вся актуальная информация поступает на ПК начальника смены, ПК бухгалтерии и ПК технолога из базы данных.

После того как сотрудник выполнит производственное задание, отдел закупок может получить информацию о наличии деталей, что позволит им своевременно сделать заказ недостающих элементов.

Литература

1. Российские MES-системы // URL: <https://sapr.ru/article/14614> (дата обращения: 13.11.2021).
2. Коробка передач // URL: <https://pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/korobka-peredach/> (дата обращения: 16.03.2022).
3. Устройство коробки переключения передач // URL: <https://wikers.ru/articles/ustrojstvo-kpp.html> (дата обращения: 16.03.2022).

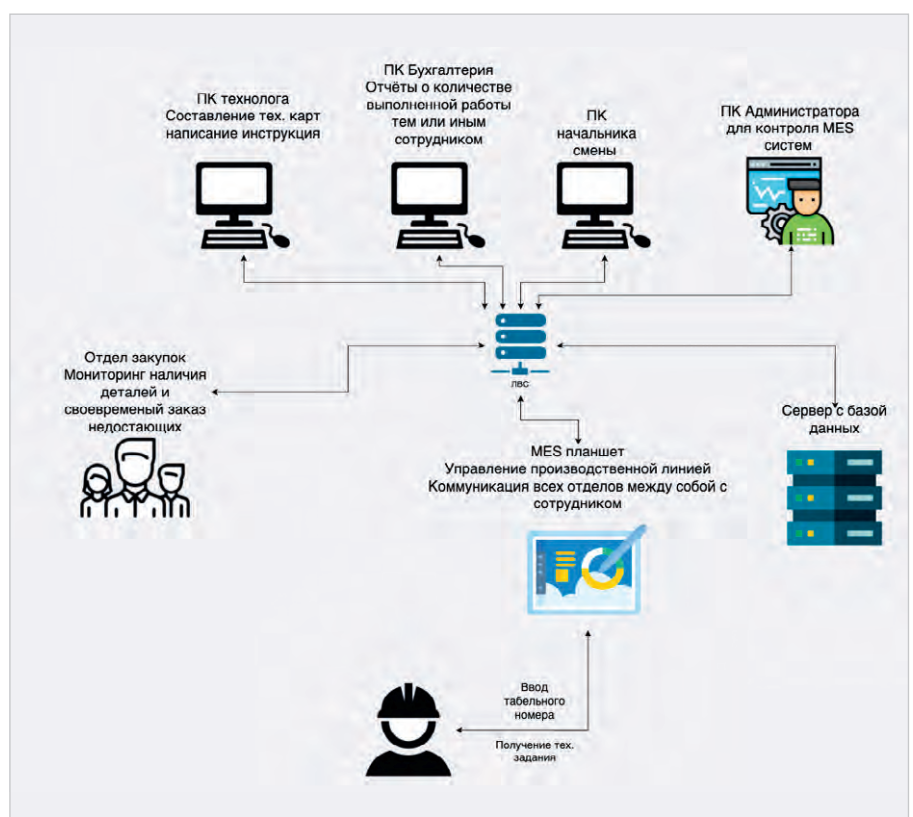


Рис. 7. Архитектура работы MES-системы

4. Гартавич А. Планирование закупок, производства и продаж в 1С: Предприятие 8

// URL: <https://coollib.com/b/196384/read> (дата обращения: 18.03.2022).

Ионизирующие излучения и их воздействие на полупроводниковые материалы (по данным литературных источников).

Часть 2

к.т.н. Сергей Кравчук, д.т.н. Владимир Соколов, к.т.н. Михаил Марченко, к.т.н. Оксана Вовк
МОКБ «Марс» – филиал ФГУП «ВНИИА», государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»

В связи с возрастающими требованиями к точности прогнозирования работоспособности космических аппаратов, срокам их функционирования и бесспорной работе целесообразно ещё раз рассмотреть современную точку зрения на воздействие дестабилизирующих факторов космического пространства на радиоэлектронную аппаратуру.

Для правильного понимания существа проблемы необходимо учитывать следующие факты.

Во-первых, в реальных условиях эксплуатации космические аппараты функционируют продолжительное время, подвергаясь воздействию ионизирующих излучений космического пространства [1], иногда при сопутствующем влиянии пониженных или повышенных температур. То есть доза ионизирующих излучений, соответствующая группам стойкости, регламентируемым государственными стандартами, в реальных условиях функционирования аппаратуры набирается в течение всего срока функционирования космического аппарата. А на моделирующих установ-

ках эти дозы набираются за непродолжительное время.

Плотность галактического излучения ($1-2 \text{ част/см}^2 \times \text{с}$) при энергии частиц $10^8 \dots 10^{20} \text{ эВ}$, плотность потока частиц солнечного излучения составляет до $10^6 \text{ част/см}^2 \times \text{с}$ при их энергии до 10^7 эВ [1].

Так как вся совокупность ионизирующих излучений космического пространства (ИИ КП) не может быть воспроизведена в земных условиях, при исследовании радиационной стойкости приборов используется метод моделирования, состоящий в замене всего спектра космических излучений излучениями с плотностью потока $10^6 \dots 10^9 \text{ част/см}^2 \times \text{с}$ [2].

Протекающие на орбите в реальных условиях процессы постепенного набора дозы радиоэлектронной аппаратуры при различных температурных условиях до сих пор однозначно не систематизированы. Процессы, протекающие при этом в аппаратуре, проанализированы лишь в некоторых литературных источниках.

В реальных условиях материалы и приборы космических аппаратов под-

вергаются, как правило, воздействию нескольких типов излучений, содержащих частицы различных энергий. Поэтому для прогнозирования радиационных изменений параметров приборов необходимо изучение этих изменений в зависимости от энергии частиц определённого типа.

В нормативных документах эти факты не отражены.

Во-вторых, в настоящее время основная часть радиоэлектронной аппаратуры космического пространства состоит из полупроводников. Как известно, полупроводники более чувствительны к воздействию дестабилизирующих факторов, чем остальные компоненты РЭА (стёкла и другие диэлектрики, металл) [2].

Если проанализировать основополагающие принципы воздействия ионизирующих излучений на РЭА, то эти вопросы достаточно подробно изучены. Однако некоторые аспекты воздействия дестабилизирующих факторов космического пространства на РЭА в настоящее время заслуживают более внимательного рассмотрения для обеспечения правильной практики применения результатов испытаний и прогнозирования стойкости и вероятности отказов аппаратуры.

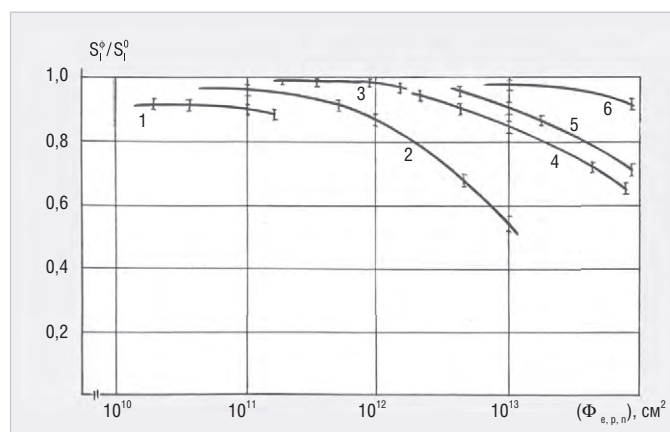


Рис. 1. Изменение относительной интегральной чувствительности фотодиодов (S_i^0 / S_i^1) после облучения различными флюенсами Φ : протонов ($E_p = 6 \text{ МэВ}$ – кр. 1, $E_p = 21 \text{ МэВ}$ – кр. 2, $E_p = 64 \text{ МэВ}$ – кр. 3), электронов ($E_e = 4,2 \text{ МэВ}$ – кр. 6), реакторных нейтронов (кр. 5), протонами и электронами ($E_p = 21 \text{ МэВ} + E_e = 4,2 \text{ МэВ}$ – кр. 4)

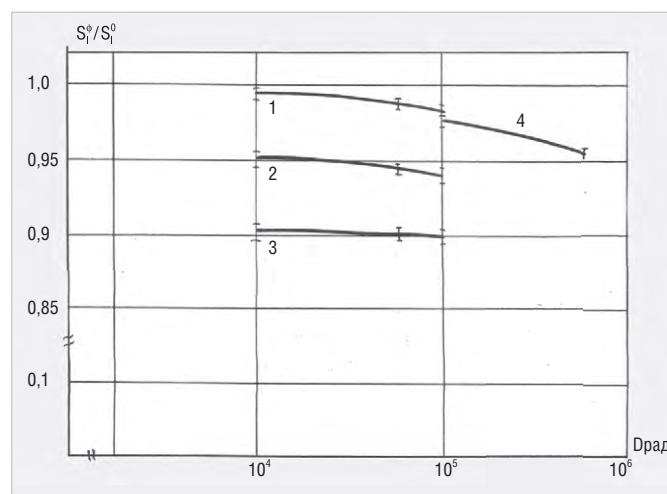


Рис. 2. Изменение относительной интегральной чувствительности фотодиодов от дозы протонов ($E_p = 6 \text{ МэВ}$ – кр. 1, $E_p = 21 \text{ МэВ}$ – кр. 2, $E_p = 64 \text{ МэВ}$ – кр. 3), электронов ($E_e = 4,2 \text{ МэВ}$ – кр. 4)

Таблица деградации параметров полупроводниковых приборов

Классы изделий	Классы изделий	Электрические параметры и причины их изменений при воздействии			
		потоков протонов, электронов, нейтронов и гамма-квантов	импульса электронов гамма-излучения		
		Характер остаточных изменений параметров	Причина изменения параметров	Характер изменения в момент воздействия импульса	Причина изменения параметров
Полупроводниковые приборы	Импульсные и выпрямительные диоды	Увеличение обратного тока у германиевых диодов и связанное с этим изменение обратной ветви вольтамперной характеристики. Увеличение приёмного падения напряжения на переходе и связанная с этим трансформация прямой ветви у кремниевых диодов	Уменьшение времени жизни неосновных носителей заряда и концентрации в зоне проводимости основных носителей	Рост тока через обратно смещённые переходы	Генерация носителей заряда в областях кристалла, прилегающих к р-п-переходу, приводит к росту тока от п-области к р-области за счёт сбора неосновных носителей
Полупроводниковые приборы	Стабилитроны	Увеличение напряжения стабилизации и динамического сопротивления	Изменение формы обратной ветви вольтамперной характеристики в связи с ростом сопротивления материала кристалла	Уменьшение напряжения стабилизации и увеличение динамического сопротивления	Увеличение обратного тока диода за счёт генерации дополнительных неосновных носителей заряда
Полупроводниковые приборы	Туннельные диоды	Изменение формы вольтамперной характеристики (увеличение тока минимума и модуля отрицательного сопротивления)	Увеличение количества ловушек в запрещённой зоне приводит к увеличению туннельных переходов и росту тока в области минимума, изменению высоты барьера в связи с изменением уровня Ферми	Увеличение прямого тока	Увеличение количества носителей заряда, способных преодолеть потенциальный барьер
Полупроводниковые приборы	Тиристоры	Увеличение начального падения напряжения на области объёмного заряда, изменение токов утечки, увеличение напряжения включения, изменение импульсного напряжения запуска	Уменьшение времени жизни носителей заряда	Ложное срабатывание (переключение тиристоры в открытое состояние)	Накопление зарядов в базах тиристора за счёт инерции неосновных носителей
Полупроводниковые приборы	Фотодиоды и фототранзисторы	Снижение световой чувствительности, увеличение темнового тока	Накопление центров окраски входного окна, уменьшение времени жизни носителей в активной области кристалла полупроводника, уменьшение коэффициента передачи транзисторов	Увеличение тока в обратно смещённых переходах фотодиодов и фототранзисторов	Генерация носителей заряда в объёме кристалла
Полупроводниковые приборы	Транзисторы	Уменьшение статического и динамического коэффициентов передачи тока, увеличение обратных токов коллекторного и эмиттерного переходов, увеличение начального тока коллектора, уменьшение входного сопротивления транзистора в схеме с ОЗ	Накопление структурных дефектов в кристаллической решетке полупроводника приводит к изменению положения уровня Ферми и уменьшению времени жизни неосновных носителей заряда	Увеличение токов через обратно смещённые переходы	Ионизация кристалла полупроводника и связанный с этим рост концентрации носителей заряда
Радиокомпоненты и радиодетали	Резисторы	Изменение сопротивления	Структурные изменения резистивного слоя	Уменьшение сопротивления резистора	Образование шунтирующих каналов утечки, вызываемое ионизацией среды, окружающей резистивный слой
Радиокомпоненты и радиодетали	Конденсаторы	Изменение ёмкости, уменьшение напряжения пробоя, увеличение проводимости	Изменение структуры диэлектрика	Увеличение тока утечки	Ионизация диэлектрика и окружающей среды
Радиокомпоненты и радиодетали	Трансформаторы индуктивности, дроссели	Уменьшение сопротивления изоляции	Накопление структурных повреждений в изоляционных материалах	Уменьшение сопротивления изоляции	Ионизация материала изоляции и наполнителей
Радиокомпоненты и радиодетали	Электрические соединители	Уменьшение сопротивления изоляции между контактами и корпусом, механическое повреждение опоры штырей у гнезд держателей	Структурные изменения в изоляционных материалах, радиационно-химические изменения органических материалов	Уменьшение сопротивления изоляции	Формирование каналов проводимости в результате ионизации окружающей среды и диэлектриков

Воздействие ионизирующих излучений на параметры полупроводниковых приборов

Чувствительность полупроводниковых приборов к воздействию различных типов радиационных воздействий зависит от того, по какому принципу работает прибор.

Приборы, которые работают на основе объёмных эффектов, такие как биполярные транзисторы, фотодиоды и дру-

гие, главным образом деградируют за счёт объёмных радиационных дефектов, создаваемых при смещении атомов из кристаллической решётки. Эти приборы испытывают значительную деградацию при облучении высокими уровнями потоков нейтронов (более 10^{13} см^{-2}) и протонов (более 10^{12} см^{-2}), что наглядно показано на рис. 1. Излучения, вызывающие в основном ионизационные эффекты, не приводят к значительной дегра-

дации параметров этих приборов. На рис. 2 показано, что уменьшение чувствительности фотодиодов при облучении ионизирующими излучениями дозой $10^4 \dots 10^6 \text{ рад}$ – всего около 10% [3].

В таблице описана деградация параметров полупроводниковых приборов при воздействии ионизирующих излучений и причины их возникновения [4].

На работу приборов с зарядовой связью (ПЗС) и КМОП влияют как объём-

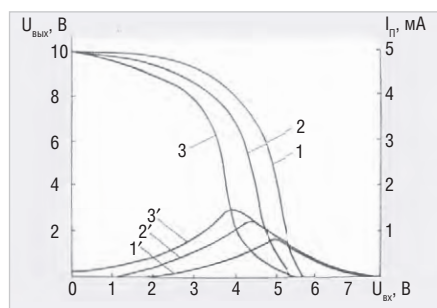


Рис. 3. Влияние излучения на передаточные характеристики (1–3) и ток потребления (1'–3') КМОП-инверторов: кр. 1, 1' – до облучения, кр. 2, 2' – после облучения 10^5 рад, кр. 3, 3' – после облучения 10^6 рад

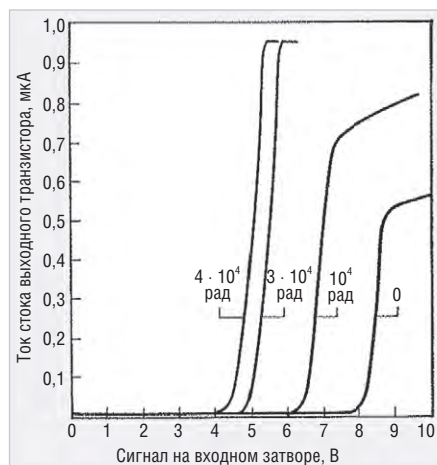


Рис. 4. Передаточные характеристики ПЗС при различных дозах облучения

ные, так и поверхностные дефекты. Работу этих приборов в значительной степени определяют поверхностные эффекты. В деградации этих приборов, характеристики которых определяются свойствами границы раздела полупроводник-диэлектрик, существенную роль играют процессы ионизации, изменяющие величину встроенного заряда в диэлектрике и увеличивающие плотность поверхностных дефектов, что продемонстрировано на рис. 3 и 4, а также 5а и 5б.

В [5] обосновывается, что, поскольку ПЗС представляют собой приборы со структурой МОП, на их характеристики оказывают существенное влияние, обусловленное ионизирующей радиацией, «встраивание» положительного заряда в затворный окисел и увеличение плотности поверхностных состояний, захватывающих подвижный заряд.

Обусловленный радиацией отрицательный сдвиг напряжения плоских зон изменяет режим работы ПЗС, а увеличение плотности поверхностных состояний ухудшает эффективность переноса заряда в приборах с поверхностным каналом и увеличивает темновые токи в при-

борах со встроенным каналом. Поэтому обычные ПЗС нельзя использовать в тех случаях, когда требуется радиационная стойкость, превышающая 5×10^4 рад (Si).

В [6] исследовано облучение электронами 1.1 МэВ кремниевых окислов Si/SiO₂ и установлено, что образование радиационных дефектов на границе раздела Si/SiO₂ зависит от толщины окисла. Для образцов с толщиной окисла 8 нм установлено образование дефектов вакансия-кислород, или дивакансия. Для образцов с толщиной окисла 23 нм установлено образование большого количества различных видов дефектов и их большая концентрация. То же электронное облучение образцов с более толстым окислом, помимо обоих видов дефектов, создаёт два дополнительных более глубоких энергетических уровня в запрещённой зоне. То есть общая концентрация дефектов на границе раздела Si/SiO₂ образцов сильно зависит от толщины их окисла. Согласно [6], помимо меньшего числа дефектов в тонком окисле, в нём не наблюдалось образования положительного заряда в окисле после облучения.

Надо отметить, что более высокая радиационная стойкость тонких окислов, дополнительно легированных алюминием, использовалась при создании радиационно-стойких полупроводниковых приборов задолго до публикации [6]. Таким образом, необходимо иметь в виду, что основным способом обеспечения радиационной стойкости изделий является применение комплектующих, изготовленных по специальным технологиям. Такие технологии достаточно давно разработаны и апробированы.

Для описания полной картины радиационных воздействий на современные приборы необходимо отметить следующее.

В связи с тенденцией к повышению степени интеграции электронных приборов, сопровождаемой миниатюризацией активного объёма отдельных компонентов интегральных схем, возможно произвольное искажение информации и появление ошибок при её обработке без устойчивого повреждения интегральных схем, которые возникают под действием ионизирующих излучений с чрезвычайно низкими интегральными потоками, вплоть до воздействия отдельных частиц [1]. Как оказалось, перемежающиеся отказы могут быть вызваны фоном естественной радиации, например, радиоактивными изотопами урана и тория, содержащимися в ничтожных концентрациях в корпусах приборов.

В [7] представлены результаты анализа причин сбоев в работе бортовой аппаратуры (БА) космических аппаратов при функционировании на геостационарной орбите за период с 2011 по 2018 год. В [7] также показано, что одной из причин наблюдаемых сбоев являются эффекты одиночных событий при действии тяжёлых заряженных частиц космического пространства. Кроме того, в [7] проанализировано влияние на частоту сбоев импульсных электрических наводок, вызываемых электростатическими разрядами при объёмном заряджении диэлектрических материалов.

Способы повышения радиационной стойкости полупроводниковых приборов

Из вышеизложенного следует, что основной и весьма хорошо апробированный способ повышения радиационной стойкости полупроводниковых приборов – технологический. То есть производится, в частности, легирование соответствующими примесями. Для создания рабочих областей приборов используются эпитаксиальные слои с удельным сопротивлением и толщиной, обеспечивающей оптимальное функционирование в полях ионизирующих излучений и пр. Для повышения уровня радиационной стойкости полупроводниковых приборов производится оптимизация конструкции и технологического процесса его изготовления с учётом режима работы прибора, его рабочих областей [8]. Эти вопросы подробно исследованы и внедрены в производство.

Следует обратить внимание, что речь идёт не о полной устойчивости к воздействию ионизирующих излучений, а только о повышении радиационной стойкости.

Согласно классическому определению [9], полупроводники – это такие материалы, которые при комнатной температуре имеют удельную проводимость в интервале от 10^{-10} до 10^4 Ом⁻¹·см⁻¹, зависящую в сильной степени от структуры вещества, вида и количества примеси и от внешних условий: температуры, освещения, облучения ядерными частицами, электрического и магнитных полей.

Поэтому создать прибор на основе полупроводниковых материалов, не чувствительных к воздействию ядерных частиц, значило бы пытаться создать что-то, противоречащее определению полупроводника.

Но повысить устойчивость полупроводникового прибора к воздействию

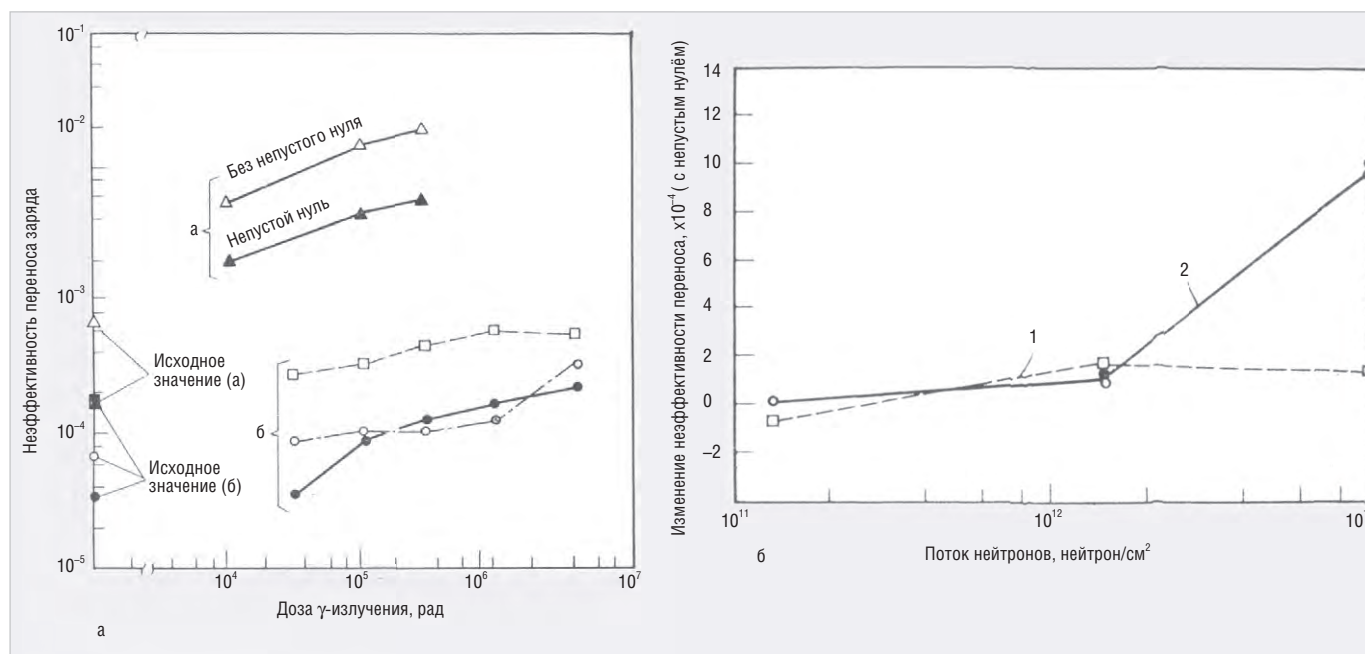


Рис. 5. Зависимость неэффективности переноса заряда для ПЗС с поверхностным каналом (а) и встроенным каналом (б) от интегрального потока нейтронов с энергией 1 МэВ

ионизирующих излучений указанными способами вполне возможно. При этом необходимо провести комплекс испытаний, подтверждающих достигнутый результат. Поэтому полупроводниковые приборы с гарантированным уровнем радиационной стойкости являются весьма дорогостоящими.

Кроме того, в настоящее время подробно исследован вопрос влияния малых доз ионизирующих излучений на стабилизацию полупроводниковых структур и, как следствие, повышение их стойкости и надёжности.

Например, в [10] описана методика режимов радиационных технологических процессов (РПТ) для повышения стойкости и срока службы в космических условиях.

Исследование [11] посвящено влиянию малых доз излучения на различные материалы. Помимо упорядочения структуры кристаллов при облучении малыми дозами γ -квантов, электронами, приводящего к увеличению времени жизни и подвижности носителей заряда в кремнии, арсениде галлия, антимониде индия, детально проанализирован процесс влияния этих излучений на дефектные структуры. Предложена модель своеобразной цепной реакции перестройки дефектов.

Если вопросы технологического изготовления радиационно-стойких изделий были разработаны и внедрены в своё время в производство, то применение малых доз облучения на производственной стадии пока не получило широкого использования.

В [12] сделана очень интересная и многообещающая попытка на основе обобщения результатов экспериментальных и теоретических исследований воздействия различных видов концентрированных потоков энергии (электронной, лазерной, ионной, плазменной, ультразвуковой) на процессы, происходящие в твёрдом теле, разработать технологические процессы улучшения характеристик изделий. В работе обосновано, что перечисленные воздействия малых уровней приводят к упорядочению структуры твёрдых тел, что обуславливает улучшение эксплуатационных свойств изделий на их основе.

Помимо технологического процесса повышения радиационной стойкости приборов к воздействию ионизирующих излучений, на практике применяется аппаратный метод повышения радиационной стойкости. Этот метод позволяет дезавуировать последствия влияния ионизирующих излучений на аппаратуру. Например, в [13] представлен способ повышения надёжности, защиты от сбоев и отказов электронного блока космического аппарата, функционирующего в полях ионизирующих излучений. Суть его заключается в том, что производят сбор информации о состоянии каналов трёхканального резервированного блока, определяют максимально возможный ток, который может потреблять каждый канал, а также допустимое количество повторных включений электронного блока, при котором он сохраняет работоспособность, задают пороговое значение

тока одного канала, измеряют токи потребления каждым каналом, отключают канал, ток потребления которого превышает пороговое значение тока.

Методы испытаний стойкости электронной аппаратуры к ионизирующим воздействиям

В настоящее время достаточно полно разработаны методы оценки стойкости ЭРИ и РЭА к воздействию ионизирующих излучений космического пространства, которые заключаются в проведении ускоренных испытаний на моделирующих установках протонного и электронного излучений при высоких интенсивностях.

Правомерность такого подхода подтверждена в [6]. В этой работе исследовано облучение электронами 11 МэВ кремниевых окислов Si/SiO₂ в течение 30 с, 45 с, 60 с и 120 с и установлено, что количество радиационных дефектов возрастает с увеличением времени облучения, т.е. с увеличением дозы облучения.

Однако в процессе функционирования космической аппаратуры приборы не только эксплуатируются постоянно или периодически в течение определённого времени, но и могут находиться в условиях воздействия повышенных или пониженных температур, глубокого вакуума и т.д.

Кроме того, в любой момент функционирования космические аппараты могут подвергнуться воздействию поражающих факторов ядерного взрыва.

Для современных космических аппаратов при отсутствии средств защиты радиус зоны функционального поражения ядерным боеприпасом мегатонного класса может превышать несколько тысяч километров. При этом подрыв одного ядерного боеприпаса в космосе может вызвать одновременное поражение нескольких космических аппаратов [14].

В [15] конкретно рассчитано, что после взрыва боеприпаса мощностью 1 Мт на высоте 200 км мощность дозы осколочного гамма-излучения составляет 0,1 Р/с, а на расстоянии 8,1 км в течение нескольких минут будет превышать фон наведённой активности типовых конструкций. Также указано, что на таком расстоянии от центра взрыва реализуется $P_\gamma = 10^{11}$ Р/с и $\Phi_n = 10^{13}$ н/см².

Поэтому в проблеме проектирования космических аппаратов актуальным вопросом является обеспечение стойкости бортовой аппаратуры к действию поражающих факторов ядерного взрыва с учётом факторов естественного и искусственного радиационных поясов Земли (ЕРПЗ и ИРПЗ).

В литературных источниках немного данных о проведении подобных комплексных испытаний. В литературе чаще встречаются данные о комплексном воздействии одного какого-либо поражающего фактора и повышенных температур или о комплексном воздействии нескольких поражающих факторов.

В [16] показано, что при эксплуатации приборы (исследования проводились на биполярных транзисторах), подвергнутые радиационным воздействиям, проявляют тенденцию к восстановлению параметров.

Для структур, облучённых дозой $D = 5 \times 10^6$ рад, тепловой отжиг осуществляется за короткий промежуток ($t = 20$ мин), после чего эффект достигает насыщения. Последующий эксплуатационный отжиг в течение 48 ч полностью восстанавливает усиленные свойства транзисторов. Первый этап отжига обусловлен релаксацией облучённой системы в более равновесное состояние, когда квазистабильные комплексы, существующие в кристалле при температуре облучения, переходят в более равновесные конфигурации.

В [17, 18] описан механизм захвата горячих дырок, генерированных ионизацией, напряжёнными связями, что, по мнению авторов, должно приводить к

разрыву этих связей и образованию новой равновесной структуры.

В [19] приведены результаты эксперимента по исследованию изделий электронной техники, работающих в течение 1,5 лет на внешней поверхности КА. Здесь учтено, что, помимо ИИ ЕРПЗ, на объекты испытаний действуют ещё и повышенные температуры и глубокий вакуум. Коэффициент передачи тока оптронов возрос с 4 до 8% после 105 суток полета ($5,2 \times 10^3$ рад), после чего постепенно уменьшился. После набора дозы $3 \cdot 10^4$ рад (625 суток) это изменение стало существенным.

Результаты исследования температурных эффектов в процессе как кратковременного, так и долговременного отжига радиационных дефектов в кремниевых pin-детекторах приведены в [20].

Облучение проводилось протонами с $E_p = 650$ МэВ потоком 10^{14} частиц/см². Постоянная времени быстрой и медленной стадий отжига дефектов соответственно 1–5 дней и более 68 дней.

Кремниевые pin-детекторы, облучённые быстрыми нейтронами реактора, отожджены циклами в течение 24 ч при температурах плюс 50; 60; 70 и 80°C. Отжиг при комнатной температуре незначителен. Отожжённая при повышенных температурах составляющая тока утечки достигает 2/3 начального значения [21].

Изменение времени жизни и холловской подвижности в облучённых электронами с $E_e = 8$ МэВ монокристаллах кремния типа КДБ12, легированных гафнием и без него, рассмотрено в [22]. После выдержки облучённых образцов, легированных гафнием, при комнатной температуре в течение 30 месяцев время жизни, значительно снизившееся после облучения, восстанавливается, достигая уровня, наблюдаемого в необлучённых образцах. Этот эффект объясняется перестройкой введённых в кристаллы при облучении активных центров, приводящих к уменьшению рекомбинационных свойств.

После облучения потоками электронов ($E_e = 1,5$ МэВ) уровня $2,8 \times 10^{14}$ см⁻² кремниевых диодов, изготовленных на основе структур p^+np^+ с удельным сопротивлением n-области 35 Ом·см, дефект с уровнем $E_c - 0,41$ эВ определяет время жизни при комнатной температуре. Однако после отжига этого дефекта вторичный дефект с уровнем $E_c - 0,36$ эВ становится преоб-

ладающим рекомбинационным центром [23].

В облучённом электронами или ионно-имплантированным кремнии на первом этапе образуются группы точечных дефектов в незаконченные конфигурации. Они становятся энергетически нестабильными. Затем они преобразуются во вторичное, законченное состояние. Эта концепция двухшагового формирования может объяснить временной отжиг дефектов [24].

Отмечено в [25], что применение обработки γ -излучением в технологии изготовления ряда серийных кремниевых диодов привело к возможности регулирования времени восстановления обратного сопротивления диодов. При этом изохронный отжиг радиационных дефектов в рассматриваемых структурах происходит в интервале температур 60...65°C. Нехарактерным является отсутствие низкотемпературных стадий отжига, обусловленных перестройкой конфигурации дефектов. Энергия активации процесса высокотемпературного отжига составляет 11,6±0,2 эВ. Оценка срока службы облучённых приборов, проведённая в [25] на основании расчёта энергии активации при изменении параметров на 20%, даёт примерно 10^5 ч при $T = 150^\circ\text{C}$, что на порядок превышает срок службы, гарантированный техническими условиями.

В качестве конкретного механизма, объясняющего подобные явления, можно предположить известные эффекты «внутреннего» геттерирования поверхностями кислородных преципитатов и дислокациями. Эти эффекты проявляются наиболее ярко при термообработках [25]. Такие явления используются для разработки метода повышения радиационной стойкости полупроводниковых приборов, который заключается, в частности, в том, что исходный материал подвергают воздействию ионизирующими излучениями дозами, достаточными для формирования равновесных вакансий [26].

В [27] представлена кривая восстановления прямого падения напряжения при изохронном отжиге диодной структуры, подвергшейся нейтронному облучению. Кривая восстановления падения прямого напряжения в полулогарифмическом масштабе состоит из прямолинейных участков с различным наклоном. То есть кинетика восстановления падения прямого напряжения на этих участ-

ках следует экспоненциальной зависимости вида:

$$U_D(T)/U_D(\Phi) = K_1 \times \exp(-E_a/(kT)),$$

где $U_D(T)$ – прямое падение напряжения диода после отжига при температуре T ,

$U_D(\Phi)$ – прямое падение напряжения диода после облучения,

K_1 – константа кинетики,

E_a – энергия активации отжига дефектов в диапазоне температур.

С ростом температуры отжига энергия активации возрастает, что свидетельствует об отжиге более крупных дефектов.

Однако ломаный ход кривой восстановления свидетельствует о том, что в процессе отжига дефекты перестраиваются.

Активационный характер зависимости изменения параметров униполярных и биполярных ИМС, выдержанных при повышенных температурах, обеспечивающих ускорение выработки изделиями параметрического ресурса, отмечен в [28].

В [29] подчёркивается, что тепловое старение ИЭТ не отражает всего многообразия картины физической деградации. Деградация изделий является постоянным процессом, который доминирует над другими процессами, сопровождающими длительную эксплуатацию изделий. Особую роль играет процесс теплового старения в случаях эксплуатации ИЭТ на борту КА, например, в атмосфере сухого азота или вакууме, когда процессы гидратации и коррозии практически исключены.

В качестве критерия совместной количественной оценки надёжности и радиационной стойкости изделий принимается величина вероятности параметрических отказов из-за необратимости дрейфа исследуемого параметра критерия – годности изделия, найденная как результат теплового старения и при экспериментальной оценке их радиационной стойкости [29]. При этом используется известный принцип аддитивности расхода параметрического ресурса ИЭТ, т.е. считается, что совместное и раздельное воздействие повышенных температур и ИИ в разной их последовательности приводят к сокращению величины параметрического ресурса, но значение оставшегося ресурса не зависит от предыстории воздействия температуры и ИИ.

В [30] утверждается, что к дефектам и несовершенствам, внесённым в прибор

при их изготовлении, добавились радиационные дефекты, вследствие чего термодинамическая неустойчивость прибора возросла. Радиационные дефекты, взаимодействуя между собой и имеющимися в приборах несовершенствами, способствуют возникновению неблагоприятных ситуаций, приводящих к отказам.

Однако такой подход при испытаниях любых полупроводниковых приборов, разумеется, является спорным.

Подобная ситуация возможна, например, при эксплуатации приборов, изготовленных на МОП-структурах после облучения дозой, при которой прибор является исправным. Так, в интегральных микросхемах памяти большой ёмкости было обнаружено явление, названное «мягкой ошибкой», или сбоем, которое заключается в изменении элементов памяти без образования устойчивых дефектов в структуре [31, 32].

Флуктуации в режимах применения именно таких структур могут вызвать перестройку дефектов и наступление отказов значительно раньше, чем это могло быть в приборах, не подвергавшихся облучению.

Однако применение ряда конструктивно-технологических решений, благодаря которым происходит быстрое уменьшение ионизационных токов, приводит к резкому снижению вероятности возникновения мягкой ошибки [33].

С другой стороны, в [34] говорится о том, что при облучении полупроводников возможно образование нестабильных пар вакансия – междоузельный атом, которые могут либо аннигилировать и участвовать в геттерировании, либо образовывать стабильные дефекты. Все эти процессы, которые конкурируют между собой в деструкции пары Френкеля, имеют различные энергии активации.

Преобладание одного из этих процессов при последующей эксплуатации приборов может приводить либо к стабилизации структуры, либо к эффекту «скрытого старения».

Обратимся к математической модели [35], предполагающей расчёт коэффициента стойкости к воздействию дестабилизирующих факторов:

$$L_i = (q_0 - (q_0 - q_i)) / q_0,$$

где i – воздействующий дестабилизирующий фактор;

L_i – коэффициент стойкости к дестабилизирующему фактору;

q_i – критерий стойкости после воздействия дестабилизирующего фактора;

q_0 – критерий стойкости при отсутствии воздействия дестабилизирующего фактора.

Таким образом, в многочисленных моделях прогнозирования стойкости к воздействию факторов космического пространства нет единого подхода, они противоречивы и не дают однозначных результатов.

Принцип оценки стойкости по отдельному воздействию разных излучений на разные партии изделий не всегда позволяет учесть ряд весьма важных эффектов, свойственных их комплексному воздействию, таких как взаимное влияние факторов на их повреждающую способность, так называемые «отжиговые» эффекты. Решить эту проблему чисто экспериментальным путем предложено в [36], где описана испытательная установка, которая обеспечивает одновременное (комплексное) воздействие шести факторов: повышенной (пониженной) температуры среды, давления, линейного ускорения, вибрации, ударов и агрессивных сред.

Однако эта установка не введена в действие на уровне нормативных документов.

Общность в закономерностях явлений, происходящих в полупроводниковых приборах при воздействии ряда внешних факторов, позволила в [37] сформулировать методологический подход для отбора имитационных нерадиационных методов, помогающих осуществить оценку соответствия изделий требованиям по радиационной стойкости.

В литературе отмечается [38] аналогия между критерием безотказности, определяющим надёжность работы изделия, и критерием радиационной стойкости. Оба эти понятия подразумевают отсутствие отказов при работе аппаратуры. Поэтому для описания работы КА целесообразно анализировать эти задачи в комплексе.

При этом следует заметить, что радиационная стойкость и надёжность не только описываются в терминологии «отказ / безотказная работа», но и обусловлены идентичными физико-химическими процессами.

Это даёт основание для распространения на описание процессов, обусловленных воздействием ионизирующих излучений, подробно и широко опи-

Перечень принятых сокращений

БА	бортовая аппаратура
ВВФ	внешние воздействующие факторы
ГКИ	галактическое космическое излучение
ЕРПЗ	естественные радиационные пояса Земли
ИИ	ионизирующее излучение
ИРПЗ	искусственные радиационные пояса Земли
ИМС	интегральные микросхемы
ИЭТ	изделия электронной техники
КА	космический аппарат
КД	конструкторская документация
КИ	комплектующее изделие
КМОП	комплементарные структуры металл-окисел-полупроводник
КП	космическое пространство
МКС	международная космическая станция
МОП	структуры металл-окисел-полупроводник
МУ	моделирующая установка
НИОКР	научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
НТД	нормативно-технический документ
ОЗУ	оперативное запоминающее устройство
ОКР	опытно-конструкторская работа
ПЗС	прибор с зарядовой связью
ПФ	поражающие факторы
РД	радиационные дефекты
РКД	рабочая конструкторская документация
РЭА	радиоэлектронная аппаратура
СКИ	солнечное космическое излучение
ФКП	фактор космического пространства
ЭРИ	электрорадиоизделия
ЯВ	ядерный взрыв

санного математического аппарата теории надёжности.

В одном из немногих источников [39] подробно проанализированы и всесторонне описаны процессы естественного старения и вынужденной деградации электронных приборов, рассмотрено использование ионизирующих излучений с целью моделирования естественного старения приборов. Основной тезис, разработанный в [39], состоит в том, что подпороговые механизмы радиационного дефектообразования в полупроводниках представляют собой класс структурных изменений, которые вызываются электронными возбуждениями. Общность этих механизмов и механизмов естественного старения открывает возможность радиационного моделирования естественного старения.

Как отмечалось ранее, E_d – пороговая энергия смещения (энергия, необходимая для необратимого смещения атома из узла кристаллической решетки). Как подробно систематизировано в [12], под действием ионизирующих излучений первично смещённый атом вызывает смещение соседних атомов по атомной цепочке. Если ионизи-

Термины и определения

Время жизни неосновных носителей заряда	среднее время, которое требуется избыточному неосновному носителю для рекомбинации
Диффузионная длина неосновных носителей заряда	расстояние, на котором диффузионный (в отсутствие электрического поля) поток неосновных носителей заряда уменьшается в e раз
Экспозиционная доза излучения	заряд вторичных частиц, образующихся в массе вещества при полном торможении всех заряженных частиц; единица измерения Р (рентген)
Поглощённая доза излучения	величина энергии ионизирующего излучения, поглощённой в элементарном объёме вещества, отнесённая к массе вещества в этом объёме (поглощённая доза); единица поглощённой дозы грэй (Гр). Поглощённая доза равна 1 Гр, если в результате поглощения ионизирующего излучения вещество получило 1 Дж энергии на 1 кг массы. 1 Гр = 100 рад.
Запрещённая зона	область значений энергии, которыми не может обладать электрон в идеальном (бездефектном) кристалле
Область пространственного заряда	электрически заряженный слой, который находится на границе n и p – областей полупроводника (область истощения)
Реакторные нейтроны	нейтроны, образующиеся в реакторе в результате деления урана-235 и плутония-239 со средним спектром энергий 1 МэВ и максимумом при 0,1 МэВ
Рекомбинация	исчезновение пары свободных носителей противоположного заряда в среде с выделением энергии
Токи утечки	ток, протекающий через область истощения в диоде с обратным смещением
Точечные дефекты	атомы посторонней примеси, расположенные в узлах или в междоузлиях решётки (матрицы) кристалла полупроводника; вакансии, то есть пустые узлы матрицы; междоузельные собственные атомы матрицы; посторонние атомы, адсорбированные на поверхности кристалла
Темновой ток фотодиода	электрический ток, который протекает через фоточувствительный детектор при отсутствии поглощённых фотонов
Шумы полупроводниковых приборов	тепловой шум, дробовой шум и низкочастотный шум
Уровень Ферми	уровень, определяющий среднюю энергию электронов (или носителей вообще), способных принять участие в проводимости
Флюенс частиц	отношение числа частиц dN , пересёкших перпендикулярную пучку элементарную площадку dS за данный промежуток времени, к площади этой площадки. Единицы измерения – m^{-2} (СИ), cm^{-2} (СГС). 1 m^{-2} – такой флюенс, при котором в объём сферы с площадью поперечного сечения 1 m^2 попадает одна частица
Френкелевские пары (дефект Френкеля)	дефект кристаллической структуры, состоящий из собственно междоузельного атома и вакансии. Возникают в кристалле при нагреве или облучении потоком ядерных частиц
Полупроводник n -типа	полупроводник, в котором основные носители заряда – электроны проводимости
Полупроводник p -типа	полупроводник, в котором основные носители заряда – «дырки»
P_{in} -структура	структура, состоящая из сильнолегированных p^+ и n^+ областей и разделяющего их слаболегированного i слоя собственной проводимости

рующие частицы не передают атому энергию, достаточную для смещения, то происходит неупругое рассеяние, приводящее к возбуждению электронной подсистемы твёрдого тела. В [39] этот процесс назван «электронным возбуждением», приводящим к изменению в электронной подсистеме и деформации потенциального рельефа для атомных переходов. При наличии в отдельных областях кристаллов градиентов механических напряжений возникают направленные потоки точечных дефектов, вызывающие перераспределение легирующей примеси и перемещение дислокаций. Одновременно происходят различные процессы трансформирования точечных дефектов: возникновение и распад комплексов из междоузельных атомов и вакансий, образование и распад мелких преципитатов. Эти процессы являются основанием для отжига дефектов или естественного старения.

Согласно [39] использование жёстких электромагнитных и реакторных

излучений в ускоренных испытаниях является методом, пригодным для обнаружения технологических дефектов и слабых звеньев в полупроводниковой структуре, требующих конструкторско-технологических доработок. Но такие процессы не воспроизводят реальные процессы естественной деградации. Высокоэнергичное ионизирующее излучение приводит к возникновению больших скоплений дефектов, образующих дислокации, области пространственного заряда, что вызывает существенную деградацию приборов.

Несмотря на классические научные факты, изложенные в [11] и [12], и строгие выводы и обширный экспериментальный материал, приведённый в [39] с классической академической трактовкой полученных результатов, ни в одном из этих источников не приведены конкретные рекомендации по характеристикам, уровням радиационных воздействий, способным имитировать естественное старение в течение определённого времени.

Поэтому применение аппарата теории надёжности к описанию процессов и прогнозированию радиационной стойкости не разработано и не зафиксировано в нормативных документах.

Таким образом, вопросы комплексного воздействия дестабилизирующих факторов космического пространства в настоящее время в нормативных документах отражаются весьма схематично, что требует от разработчиков аппаратуры учитывать наличие этих проблем самостоятельно.

Литература

1. *Заитов Ф.А., Литвинова Н.Н., Савицкий В.Г. и др.* Радиационная стойкость в оптоэлектронике. М.: Воениздат, 1987. 166 с.
2. *Артемьев А.Д., Данилин Ю.И., Курьяшев А.В. и др.* Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2019, вып. 4. С. 50–56.
3. *Вовк О.В.* Комплексное воздействие различных частиц и длительных повышенных температур на параметры кремневых фотодиодов // Вопросы оборонной техники, серия 11. М.: НТЦ «Информтехника», 1993, вып. 4 (139), 52 с.
4. *Зи С.* Физика полупроводниковых приборов. Т. 1, 2. М.: Мир, 1984.
5. *Killiany J.M., Baker W.D.* Limitations of a Threshold-Insensitive CCD Input Technique in a Total Dose Radiation Environment, in 1995 Intern. Conf. Applic. CCDs Proc. P. 369–374.
6. *Kaschieva S.* Materials Science and Engineering B100 (2003) 23/26. Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences. An advantage of MOS structures with ultra thin oxide during irradiation.
7. *Булгаков Н.Н., Зинченко В.Ф.* Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2020, вып. 1. С. 39–44.
8. *Коптонюк Н.Ф., Сальников Е.Н.* Фоточувствительные МДП-приборы для преобразования изображений. М.: Радио и связь, 1990. 160 с.
9. *Шалимова К.В.* Физика полупроводников: учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1985. 392 с.
10. *Ладыгин Е.А.* Радиационная технология твердотельных электронных приборов // Отраслевая технологическая конференция, 2007.
11. *Мамонтов А.П., Чернов И.П.* Эффект малых доз ионизирующих излучений. Томск: Дельтаплан, 2009. 288 с.
12. *Клименов В.А., Лидер А.М., Мамонтов А.М. и др.* Физические основы современных технологических процессов. Томск: Дельтаплан, 2012, 176 с.
13. *Сыров А.С., Смирнов В.В., Гордийко С.В. и др.* RU 2693296. Способ от сбоев и отказов электронного блока космического аппарата, вызываемых внешними воздействующими факторами и устройство для его осуществления, приоритет 28.11.2018. ФГУП МОКБ «Марс».
14. *Лукьяненко В.И., Литвак А.К., Мураховский Е.В. и др.* Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2019, вып. 2. С. 80–84.
15. *Верхотуров В.И., Денисенко В.А., Литвак А.К.* Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 1991, вып. 3. С. 56–63.
16. *Вавилов В.С., Горин Б.М., Данилин Н.С. и др.* Радиационные методы в твердотельной электронике. М.: Радио и связь, 1990.
17. *Weber H.W., Bock H., Unfried E., Gnecenwood O.P.* Neutron disimerry and damage calculations for the TRIGA MARK-ID reactor in Vienna. J. of nucl. mater. 1986, № 37. P. 236–240.
18. *Итальянцев А.Г., Мордкович В.Н., Темпер Е.М.* О роли атермических процессов в импульсном отжиге ионно-легированных слоев кремния // Физика и техника полупроводников. 2003. Т. 19, вып. 5. P. 928–930.
19. *Коваленко А.К., Королева Е.А., Галеев А.П. и др.* Вопросы атомной науки и техники, 2015, вып. 9. С. 11–13.
20. *Ziob H.J. and all.* Temprature dependence of radiation damage and its annealing in silicon detectors // IEEE Trans. Nucl. Sci., 2021, vol. 68, № 8, pt. 1. P. 1694–1700.
21. *Stein H.J.* Thermodynamic and morphological analysis of large silicon self-interstitial clusters using atomic simulations. J. of Applied Phys., 117 (2015), issued 3, April 07.
22. *Гарнык В.С.* Влияние характера рассеяния на время жизни неосновных носителей заряда в кремнии, легированном гафнием // Физика и техника полупроводников. 1994. Т. 28, вып. 2. С. 228–231.
23. *Yang K.H., Kappert H.F., Schwutko G.H.* Physical and Electrochemical characterization of crystalline silicon surfaces modulated by aluminum. Phys. St. Sol.(a), № 2 (8st.), vol. 215(2018), 1700543.
24. *Watkins G.D.* In Lattice Defect in Semicond. Conf. Ser. № 231, Inst. Of Phys. London-Bristol, 2019.
25. *Кориунов Ф.П., Богатырев Ю.В., Носов Ю.П.* Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2019. Вып. 3. С. 5–8.
26. *Абрамочкин А.И., Карпов И.М., Окунь П.И. и др.* Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2018. Вып. 3. С. 19–21.
27. *Сирота Н.Н., Чернышев А.А., Кориунов Ф.П.* Отжиг радиационных дефектов в кремниевых диодах, облучённых быстрыми нейтронами // Труды института тв. тела и полупроводников. 2012. С. 33–39.
28. *Шуришев Л.Г.* Ионизирующие излучения и электроника. М.: Советское радио, 1979, 191 с.
29. *Wik M.W.* Hardening of telecommunication Networks against Electromagnetic Pulses. Ericsson Reviev, 1984, vol. 61, № 4. Pp. 59–68.
30. *Чернышев А.А.* Основы надёжности полупроводниковых, приборов и интегральных схем. М.: Радио и связь, 1988.
31. *May T.C., Woods M.H.* Alpha-Particle Induced Soft Errors in Dynamic Memories // IEEE Transactions on Electron Devices, 2021, vol. 68, № 4. P. 1454–1460.
32. *Tojable T., Shinoda T., Aoki M. and all.* A Soft Ensor Rate Model for MOS Dynamic RAMs // IEEE Trans. on Electron Devices, 2020, vol. 67, № 4. P. 1680–1685.
33. *Iwai H., Otsuka H., Matsumoto Y. and all.* Comparisons of Intrinsic Guttering and Epitaxial Wafer in Terms of Soft Error Endurance and Other Characteristics of 64K Bit Dynamic RaM // IEEE Transductions on Electron Devices, 2021, vol. 68, № 4. P. 1649–1653.
34. *Мамонтов А.П., Еремина А.А.* Влияние интенсивности электронного облучения на характеристики GaAs-приборов // Электронная техника. 1987, сер. (вып.) 6 (191). P. 6–11.
35. *Miller P.R.* Engineering to counter the EMP theat // Radio and Electron Eng., 1993, vol. 53, № 11, № 12. P. 387–392.
36. *Борковский Я.И., Постников В.Н., Таранцев В.А. и др.* Вопросы атомной науки и техники, 2001, вып. 1. С. 9–12.
37. *Борисов Ю.А., Герасимов В.Ф., Никифоров Н.Ю. и др.* Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2013, вып. 1–3. С. 174–176.
38. *Мырова Л.О., Четиженко А.З.* Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. М.: Радио и связь. 297 с.
39. *Вавилов В.С., Горин Б.М., Данилин Н.С. и др.* Радиационные методы в твердотельной электронике. М.: Радио и связь, 1990. 184 с.



К 100-летию со дня рождения М.И. Кривошеева – патриарха отечественного и мирового радио- и телевидения

Владимир Бартенев (bartvg@rambler.ru)

В июле этого года Кривошееву Марку Иосифовичу исполнилось бы 100 лет. К сожалению, он ушёл из жизни за четыре года до своего столетия в октябре 2018 года. Последний его проект состоялся в мае того же года. Тогда в одном из съёмочных павильонов Останкино открылась выставка, посвящённая профессиональному пути этого известного советского и российского ученого. Его имя известно на весь мир, в телевизионной среде он пользуется огромным уважением.

Марк Иосифович Кривошеев (род. 30 июля 1922) – советский и российский учёный, входит в плеяду создателей современного мирового телевидения, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

Учёный всю свою жизнь занимался организацией телевидения и стал одним из тех, кто и привёл его к нынешнему единому стандарту – «цифре».

Но вернёмся в 2018 год, когда в строительстве павильона, где открылась в марте 2018 года выставка, Кривошеев участвовал сам (рис. 1). В экспозиции выставки показан весь его путь. Это и первый телевизионный эфир после войны, и – спустя 26 лет – телевизионный репортаж о встрече после полёта первого человека в космос. Телевидение Олимпиады-1980 – тоже его заслуга. Эту выставку можно было назвать «лебединой песней» великого учёного. Начало выставки – это рассказ о его увлечении телевидением ещё в детстве.



Рис. 1. Выступление М.И. Кривошеева на выставке в Останкино в мае 2018 года

Будучи школьником, Марк Кривошеев, познакомившись с журналом «Радио-фронт», уже в 11 лет вместе со своими друзьями сделал механический телевизор с диском Нипкова.

Картинка была размером со спичечный коробок, но изображение всё равно было видно. Так началась его блестящая карьера протяжённостью в 73 года. В 2015 году он получил высшую награду Международного союза электросвязи «За улучшение жизни людей на планете». Среди награждённых также были основатель Microsoft Билл Гейтс, отец Интернета Роберт Кан, создатель мобильного телефона Мартин Купер. «Наша страна является лидером технологии телевидения. Причём это доказано не словами, а документами», – таково было весомое мнение М.И. Кривошеева.

В 2017 году на открытии Международной научно-технической конференции, посвящённой Дню радио, в Конгресс-центре МТУСИ (Московский технический университет связи и информатики) на пленарном заседании выступил Кривошеев М.И. с докладом «К 70-летию международной стандартизации в области телевизионного вещания». В докладе было сказано, что в 1865 году был основан Международный Телеграфный Союз, с 1932 года – Международный Союз Электросвязи (МСЭ). Длительное время Советский Союз, а затем и Россию представлял в МСЭ Марк Иосифович Кривошеев.

На протяжении многих лет он возглавлял 11-ю комиссию (SG11) Международного союза электросвязи (МСЭ), став почётным её членом. Хочу пояснить, что МСЭ (ITU) является специализированным учреждением Организации Объединённых Наций в области

информационно-коммуникационных технологий – ИКТ. Именно там распределяются спутниковые орбиты и радиочастотный спектр в глобальном масштабе, разрабатываются технические стандарты, обеспечивающие возможность эффективного присоединения сетей и технологий во всём мире. МСЭ в настоящее время насчитывает в своём составе 193 страны и почти 800 академических организаций и представительств из разных стран. Штаб-квартира МСЭ находится в Женеве, Швейцария.

Трудно пересказать чрезвычайно интересный и содержательный доклад профессора Кривошеева М.И. Скажу лишь, что в нём было приведено много новых документов МСЭ в части уже принятых международных стандартов в области цифрового телевидения высокой точности. Для меня, например, в новинку прозвучали такие понятия, как виртуальное телевидение с глубоким аудиопогружением, или так называемое интерактивное телевидение, телевизионное 3D-вещание с индивидуализацией контента и интеграцией технологий телевизионного вещания и Интернета.

Признаюсь, меня больше интересовало цифровое радиовещание, которому в докладе не было уделено внимания. Поэтому я задал профессору М.И. Кривошееву после его выступления такой вопрос: «Почему явный прогресс наблюдается в цифровом телевидении, в то время как в цифровом радиовещании – полный застой?» Был получен предельно простой ответ. Оказывается, вот уже на протяжении десятков лет представители разных стран, входящих в комиссию МСЭ, не могут договориться о стандарте на цифровое радиовещание. А ведь там всё происходит следующим образом: стоит хоть одному представителю из какой-нибудь страны отказаться подписать протокол соглашения, и стандарт не будет принят. Затем Марку Иосифовичу последовал мой второй вопрос: «Раз с цифровым радиовещанием такие проблемы, то чем объяснить разрушение сети тра-

диционного вещания на средних и коротких волнах в нашей стране?» И вот тут неожиданно вмешался председательствующий на пленарном заседании член-корреспондент Юрий Борисович Зубарев, предложив ответить на мой вопрос присутствующему на заседании д.т.н., проф. Сергею Львовичу Мишенкову, советнику министра связи и массовых коммуникаций. И что вы думаете? Он ответил так, цитирую: «То, что произошло с нашим радиовещанием, иначе как преступлением не назовешь». После такого ответа комментарии были излишни.

Так получилось, что на этом пленарном заседании конференции после доклада Марка Иосифовича следовал мой доклад, посвящённый первопроходцу в области радиоприёмных устройств, создателю первого супергетеродина с кварцевым фильтром «Дозор» и уникального приёмника с первым синтезатором частоты «Берилл» А.И. Деркачу. По окончании моего выступления Марк Иосифович подошел ко мне, пожал руку и сказал, что мой доклад ему понравился. При этом он вручил мне свою последнюю книгу о телевидении с дарственной надписью (рис. 2). Для меня это событие стало незабываемым.

М.И. Кривошеев – автор и соавтор более 90 авторских свидетельств на изобретения и отечественных, и зарубежных патентов, многих печатных трудов, в том числе более 30 книг.

Деятельность М.И. Кривошеева получила высокую оценку. Он награждён орденами Трудового Красного Знамени, Дружбы и «За заслуги перед Отечеством» III и IV степени, является лауреатом Государственных премий СССР и Российской Федерации, кавалером Национального ордена Франции «За заслуги», Золотого ордена Польши «За

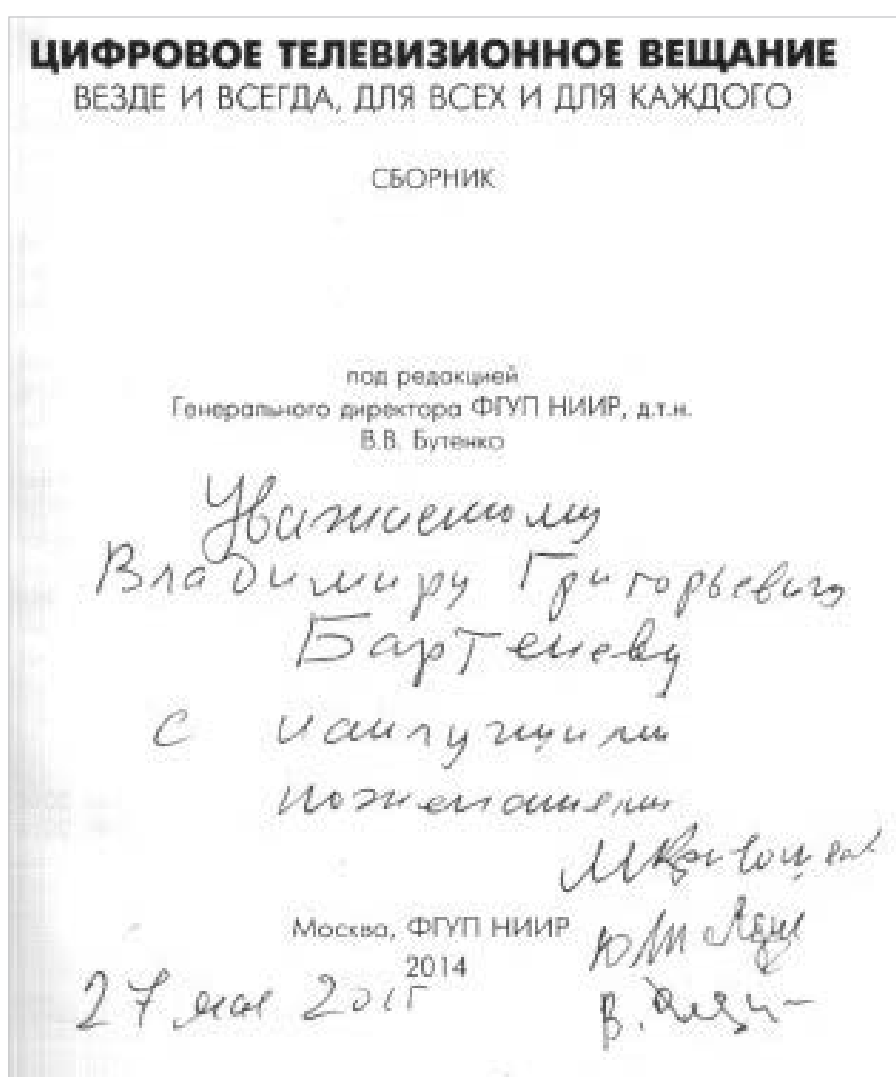


Рис. 2. Дарственная надпись на книге Кривошеева М.И., Шовдия Ю.Д. и Федунина В.Г. в мой адрес

заслуги», академиком Международных академий информатизации и связи, Академии телевидения высокой чёткости США. Приказом Федерального агентства связи от 23.07.2019 № 147 Институт радио и телевидения обрёл новое наименование – Федеральное государственное унитарное предприятие «Ордена Трудового Красного Знамени Российский научно-

исследовательский институт радио имени М.И. Кривошеева» (ФГУП НИИР). В год столетия со дня рождения патриарха радио и телевидения можно утверждать, что весь жизненный путь Марка Иосифовича Кривошеева характеризуется серьёзным и бесценным вкладом в развитие отечественного и мирового радио- и телевидения. ©

НОВОСТИ МИРА

В США готовят новые санкции против производителей микросхем из Китая

Администрация президента США рассматривает возможность введения новых точечных санкций против полупроводниковой промышленности Китая. Новые меры могут быть направлены на сдерживание прогресса крупнейшего китайского производителя микросхем в лице компании SMIC, но при этом не

должны замедлить приток микросхем в мировую экономику. Об этом пишет Reuters со ссылкой на собственные источники.

Когда Министерство торговли США (DOC) ограничило доступ крупнейшего китайского контрактного производителя микросхем Semiconductor Manufacturing International Corp. (SMIC) к производственному оборудованию, используемому для производства 10 нм микросхем, это было сочтено жёстким, но не слишком серьёзным шагом. Теперь правительство

США рассматривает возможность запрета Китаю производить логические микросхемы с использованием 14 нм техпроцесса.

В 2020 году компания SMIC была добавлена в «чёрный список» министерства торговли США из-за предполагаемых связей с вооружёнными силами Китая. Тогда компания лишилась возможности импорта из США некоторого оборудования для производства чипов.

kod.ru



**ПЕРЕДОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
АВТОМАТИЗАЦИИ**

28 сентября

ПТА - Уфа

Nesterov Plaza Hotel

26 октября

ПТА - Новосибирск

Гранд Автограф Новосибирск Отель

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ 2022

**Специализированные
конференции**

- Промышленная автоматизация
- Цифровизация производства
- Искусственный интеллект
- Интернет вещей и большие данные
- Информационная безопасность
- Автоматизация зданий и инженерных систем



КУРС НА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ



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

РАЗРАБОТАНО И СДЕЛАНО В РОССИИ

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





ИСПЫТАНИЯ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЛЕЙ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Испытательная лаборатория ЭМС
АО «ТЕСТПРИБОР» начала проводить
испытания на воздействие
электромагнитных полей высокой
интенсивности (HIRF) с применением
реверберационной камеры

График зависимости напряженности поля
от угла поворота «туннера» на частоте 1 ГГц
при подводимой мощности 35 dBm



Испытания проводятся в соответствии с требованиями раздела
20.0 КТ-160G/14G в частотном диапазоне от 400 МГц до 18 ГГц

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ ОТ УГЛА ПОВОРОТА «ТЮННЕРА»

УГОЛ ПОВОРОТА	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
НАПРЯЖЕННОСТЬ, В/М	53	62	65	75	72	75	79	152	112	83	86	85	84	88	108	241	188	174	188
УГОЛ ПОВОРОТА	190°	200°	210°	220°	230°	240°	250°	260°	270°	280°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°	360°	
НАПРЯЖЕННОСТЬ, В/М	288	336	525	650	540	365	261	118	196	185	250	101	70	87	72	69	58	53	

