



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Цифровая техника и электроника

(Наименование дисциплины)

15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	2
Общее количество часов	72
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	40
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	9
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	11
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	15
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	18
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	19
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	20

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Цифровая техника и электроника» входит в «Часть, формируемую участниками образовательных отношений» подготовки обучающихся по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-11. Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем

Дескрипторы компетенции:

ОПК-11.1. Способен разрабатывать алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем.

ОПК-11.2. Способен применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, применять цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем.

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ОПК-11.1. Способен разрабатывать алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем. ОПК-11.2. Способен	Знает: ИД 1 ОПК-11.1 Основные типы стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики и измерительной техники, их элементов и способы их применения в рамках гибких производственных систем (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 2 ОПК-11.2 Методы алгоритмизации и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет: ИД 3 ОПК-11.1 Применять в рамках

	применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, применять цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем.	гибких производственных систем и робототехнических изделий основные типы стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики и измерительной техники, их элементов (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 4 ОПК-11.2 Применять методы алгоритмизации и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки: ИД 5 ОПК-11.1 Применения в рамках гибких производственных систем и робототехнических изделий основные типы стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики и измерительной техники, их элементов (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 6 ОПК-11.2 Применения методов алгоритмизации и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	--

1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Информационные технологии	Цифровые системы управления в мехатронике
2.		Цифровая обработка сенсорной информации

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**;
- Учебного плана направления подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план
Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Основы цифровой схемотехники: алгебра логики, системы счисления и минимизация функций.	10	2	2	6	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
2	Тема 2. Комбинационные логические устройства: шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры и сумматоры для обработки сигналов датчиков.	10	2	2	6	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
3	Тема 3. Последовательностные схемы: триггеры, регистры хранения данных и счетчики импульсов энкодеров. .	10	2	2	6	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
4	Тема 4. Арифметико-логическое устройство (АЛУ) и базовые принципы построения микропроцессоров контроллеров роботов.	10	2	2	6	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
5	Тема 5. Полупроводниковые ключи и силовая электроника: MOSFET, IGBT-транзисторы и драйверы управления двигателями постоянного тока..	10	2	2	6	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
6	Тема 6. Цифро-аналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи сенсорных систем мехатроники.	10	2	2	6	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
7	Тема 7. Программируемая логика (FPGA/CPLD) и микроконтроллеры (STM32, Arduino): архитектура периферии реального времени.	6	2	2	2	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
8	Тема 8. Помехоустойчивость цифровых линий связи (RS-485, CAN, SPI, I2C) и обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) роботизированных комплексов.	6	2	2	2	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)		+				
Итого		72	16	16	40	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Строение металлов и сплавов: кристаллизация, дефекты решетки и Тема 1. Основы цифровой схемотехники: алгебра логики, системы счисления и минимизация функций Базовые операции булевой алгебры (И, ИЛИ, НЕ) и законы де Моргана. Позиционные системы счисления: двоичная, восьмеричная, шестнадцатеричная и алгоритмы перевода между ними для настройки регистров контроллера. Формы представления логических функций (СДНФ, СКНФ). Минимизация с помощью карт Карно (*K-maps*) для упрощения логики управления светодиодной индикацией состояния робота.

Тема 2. Комбинационные логические устройства: шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры и сумматоры для обработки сигналов датчиков Принцип работы и таблицы истинности комбинационных схем, где выходной сигнал зависит только от текущего набора входов. Приоритетные шифраторы для определения сработавшего датчика касания в матрице бамперов. Мультиплексоры как селекторы данных с различных сенсоров (температуры, тока) на один канал АЦП. Двоичные сумматоры и полусумматоры для инкремента показаний счетчиков пройденного пути.

Тема 3. Последовательностные схемы: триггеры, регистры хранения данных и счетчики импульсов энкодеров Элементы памяти: RS-, D-, T- и JK-триггеры. Синхронизация процессов в мехатронных системах. Регистры сдвига для реализации протоколов SPI и временного хранения данных захвата. Асинхронные и синхронные счетчики (делители частоты), их применение для подсчета импульсов квадратурных энкодеров колес мобильной платформы и вычисления скорости перемещения.

Тема 4. Арифметико-логическое устройство (АЛУ) и базовые принципы построения микропроцессоров контроллеров роботов Структура процессора: блок выборки инструкций (*IF*), декодирования (*ID*), исполнения (*EX*) и записи результата (*WB*). Принципы архитектуры фон Неймана и Гарвардской архитектуры (разделение шин данных и программ), характерные для микроконтроллеров *STM32*. Система команд (*RISC/CISC*) и организация стека при обработке прерываний от датчиков столкновений.

Тема 5. Полупроводниковые ключи и силовая электроника: MOSFET, IGBT-транзисторы и драйверы управления двигателями постоянного тока Характеристики полевых транзисторов с изолированным затвором (*MOSFET*) и биполярных транзисторов с изолированным затвором (*IGBT*). Понятие крутизны, порогового напряжения и сопротивления канала в открытом состоянии. Схемы включения верхнего и нижнего плеча (*High-side/Low-side*). Использование драйвера полумоста для формирования ШИМ-сигнала управления скоростью коллекторных двигателей шасси.

Тема 6. Цифро-аналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи сенсорных систем мехатроники Методы преобразования: параллельные, последовательного приближения (*SAR*), сигма-дельта ($\Sigma\Delta$ \Sigma\Delta). Основные параметры: разрешающая способность (битность), время преобразования, интегральная и дифференциальная нелинейность (*INL*, *DNL*). Применение АЦП встроенного в микроконтроллер для оцифровки сигнала с потенциометрического датчика угла поворота звена манипулятора или тензодатчика усилия схвата.

Тема 7. Программируемая логика (FPGA/CPLD) и микроконтроллеры (STM32, Arduino): архитектура периферии реального времени Различия между жесткой логикой микроконтроллера и реконфигурируемой логикой *FPGA*. Языки описания аппаратуры (*HDL* — *VHDL*, *Verilog*) для создания кастомных высокоскоростных контроллеров шага двигателя. Периферия микроконтроллеров: таймеры с захватом/сравнением для точного измерения длительности импульсов, модули широтно-импульсной модуляции (*ШИМ*) и контроллеры прямого доступа к памяти (*DMA*) для разгрузки ядра при передаче видеопотока.

Тема 8. Помехоустойчивость цифровых линий связи (RS-485, CAN, SPI, I2C) и обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) роботизированных комплексов Физический уровень интерфейсов: дифференциальная передача сигналов (*RS-485*, *CAN*) для работы в условиях заводских помех длиной в десятки метров. Синхронные протоколы ближнего действия (*SPI*, *I2C*) для обмена данными с гироскопами и акселерометрами на плате. Методы защиты: гальваническая развязка (оптроны, цифровые изоляторы), терминаторы линий согласующими резисторами,

фильтрация питаний дросселями и конденсаторами (LC-фильтры) для предотвращения сбоев сервоприводов.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Основы цифровой схемотехники: алгебра логики, системы счисления и минимизация функций.
ПЗ 2	Тема 2. Комбинационные логические устройства: шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры и сумматоры для обработки сигналов датчиков.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Последовательностные схемы: триггеры, регистры хранения данных и счетчики импульсов энкодеров. .
ПЗ 5	Тема 4. Арифметико-логическое устройство (АЛУ) и базовые принципы построения микропроцессоров контроллеров роботов.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Полупроводниковые ключи и силовая электроника: <i>MOSFET</i> , <i>IGBT</i> -транзисторы и драйверы управления двигателями постоянного тока..
ПЗ 8	Тема 6. Цифро-аналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи сенсорных систем мехатроники.

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Основы цифровой схемотехники: алгебра логики, системы счисления и минимизация функций.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Комбинационные логические устройства: шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры и сумматоры для обработки сигналов датчиков.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Последовательностные схемы: триггеры, регистры хранения данных и счетчики импульсов энкодеров. .	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Арифметико-логическое устройство (АЛУ) и базовые принципы построения микропроцессоров контроллеров роботов.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Полупроводниковые ключи и силовая электроника: <i>MOSFET</i> , <i>IGBT</i> -транзисторы и драйверы управления двигателями постоянного тока..	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Цифро-аналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи сенсорных систем мехатроники.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Программируемая логика (<i>FPGA/CPLD</i>) и микроконтроллеры (<i>STM32, Arduino</i>): архитектура периферии реального времени.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Помехоустойчивость цифровых линий связи (<i>RS-485, CAN, SPI, I2C</i>) и	ПЗ	Деловая игра	75

	обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) роботизированных комплексов.			
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Основы цифровой схемотехники: алгебра логики, системы счисления и минимизация функций.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Комбинационные логические устройства: шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры и сумматоры для обработки сигналов датчиков.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Последовательностные схемы: триггеры, регистры хранения данных и счетчики импульсов энкодеров. .	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Арифметико-логическое устройство (АЛУ) и базовые принципы построения микропроцессоров контроллеров роботов.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Полупроводниковые ключи и силовая электроника: MOSFET, IGBT-транзисторы и драйверы управления двигателями постоянного тока..	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Цифро-аналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи сенсорных систем мехатроники.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Программируемая логика (FPGA/CPLD) и микроконтроллеры (STM32, Arduino): архитектура периферии реального времени.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Помехоустойчивость цифровых линий связи (RS-485, CAN, SPI, I2C) и обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) роботизированных комплексов.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Сравнительный анализ архитектур RISC и CISC на примере микроконтроллеров семейств STM32 (ARM Cortex-M) и ATmega (AVR) для задач управления приводами роботов.
2. Методы аппаратной реализации цифровой фильтрации зашумленных сигналов датчиков тока (например, с помощью скользящего среднего или фильтра Калмана) на базе программируемой логики FPGA в реальном времени.
3. Анализ целостности сигнала (Signal Integrity) и перекрестных помех (Crosstalk) при трассировке высокоскоростных дифференциальных пар интерфейса USB 2.0/3.0 в мобильных роботах.
4. Применение нейроморфных процессоров и специализированных цифровых интегральных схем (ASIC) для ускорения алгоритмов машинного зрения и распознавания объектов на борту дрона.
5. Эволюция энергонезависимой памяти: сравнительные характеристики Flash, MRAM (Magnetoresistive RAM) и FRAM для хранения калибровочных коэффициентов манипуляторов при отключении питания.
6. Особенности проектирования гальванически изолированных интерфейсов передачи данных между силовой частью драйвера двигателя и низковольтным контуром управления на базе цифрового изолятора ISO7xxx.
7. Реализация протоколов точного времени (PTP - Precision Time Protocol) и распределенных тактовых сетей в многоконтроллерных мехатронных системах для синхронизации работы группы роботов.
8. Диагностика неисправностей цифровых устройств методом граничного сканирования (JTAG / IEEE 1149.1) при производстве печатных плат контроллеров мобильной платформы.

9. Проектирование отказоустойчивых систем на основе мажоритарного резервирования «два из трех» (*Triple Modular Redundancy - TMR*) для полетных контроллеров беспилотных авиационных систем.

10. Исследование влияния космического излучения (эффект одиночных сбоев — *SEU*) на работу оперативной памяти космических роботов и методы программно-аппаратной коррекции ошибок (*ECC*).

11. Оптимизация энергопотребления встраиваемых систем: использование режимов глубокого сна (*Deep Sleep*), динамическое изменение частоты ядра (*DVFS*) и периферии в автономных датчиках Интернета вещей.

12. Аппаратная реализация криптографической защиты канала связи (*AES-128/256, TLS*) между пультом оператора и наземной станцией управления роем дронов.

13. Технология внутрисхемного программирования (*ISP/IAP*) и удаленного обновления прошивки по воздуху (*OTA Update*) для парка сервисных роботов без физического подключения к каждому устройству.

14. Использование сигма-дельта ($\Sigma\Delta$ /Sigma\Delta) АЦП сверхвысокого разрешения (24 бита) для прямого подключения тензодатчиков веса в логистических роботах без внешних усилителей инструментального типа (*INA*).

15. Моделирование переходных процессов и температурного дрейфа параметров операционных усилителей в аналоговом тракте перед АЦП с использованием симуляторов типа SPICE для обеспечения метрологической точности измерений.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролируемых материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Основы цифровой схемотехники: алгебра логики, системы счисления и минимизация функций.	УО		ПРВ	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
2	Тема 2. Комбинационные логические устройства: шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры и сумматоры для обработки сигналов датчиков.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
3	Тема 3. Последовательностные схемы: триггеры, регистры хранения данных и счетчики импульсов энкодеров. .	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
4	Тема 4. Арифметико-логическое устройство (АЛУ) и базовые принципы построения микропроцессоров контроллеров роботов.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
5	Тема 5. Полупроводниковые ключи и силовая электроника: MOSFET, IGBT-транзисторы и драйверы управления двигателями постоянного тока..	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
6	Тема 6. Цифро-аналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи сенсорных систем мехатроники.	УО		ПРВ	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1 ИД 6 ОПК-11.2
7	Тема 7. Программируемая логика (FPGA/CPLD) и микроконтроллеры (STM32, Arduino): архитектура периферии реального времени.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-11.1 ИД 2 ОПК-11.2 ИД 3 ОПК-11.1 ИД 4 ОПК-11.2 ИД 5 ОПК-11.1

11. **Цифро-аналоговое преобразование через ШИМ.** Используя фильтрующую RC-цепь, превратить высокочастотный ШИМ-сигнал микроконтроллера в постоянное управляющее напряжение от 0 до 3,3 В для регулировки громкости зуммера тревоги мобильного робота.
12. **Работа с энергонезависимой памятью EEPROM.** Написать подпрограмму сохранения критически важных калибровочных данных (смещение нуля гироскопа) во внутреннюю флеш-память (*Flash/EEPROM*) микроконтроллера перед аварийным отключением питания.
13. **Дифференциальная передача данных RS-485.** Изобразить временную диаграмму сигналов линий А и В физического уровня интерфейса RS-485 при передаче байта 0xA5 (10100101). Указать состояние «MARK» и «SPACE».
14. **Использование ПЛИС для аппаратного счетчика.** На языке описания аппаратуры VHDL описать 4-битный суммирующий счетчик с асинхронным сбросом. Провести симуляцию работы модуля в среде ModelSim/Quartus.
15. **Обеспечение ЭМС печатной платы.** Предложить топологию размещения элементов на плате драйвера мощного мотора: расположение силовых транзисторов, микросхемы управления и кварцевого резонатора, минимизирующее влияние импульсных помех на аналоговые датчики тока.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. Эволюция микропроцессорной техники: от 4-битных калькуляторных чипов к многоядерным системам на кристалле (SoC) для бортового искусственного интеллекта автономных автомобилей.
2. Сравнительный анализ архитектур *ARM Cortex-M* и *RISC-V* применительно к задачам сверхнизкопотребляющего Интернета вещей (*IoT*) в распределенных сенсорных сетях роботизированного склада.
3. Аппаратная реализация быстрого преобразования Фурье (*БПФ/FFT*) на программируемых логических интегральных схемах (*FPGA*) для анализа вибраций шпинделей станков с ЧПУ в реальном времени.
4. Методы обеспечения функциональной безопасности встраиваемых систем: стандарт *IEC 61508*, концепция «критической секции» и сторожевые таймеры (*Watchdog*) с независимым управлением в полетных контроллерах дронов.
5. Технология внутрисхемной отладки и граничного сканирования (*JTAG / IEEE 1149.1*): принципы работы, архитектура TAP-контроллера и автоматизация тестирования собранных печатных плат мобильных роботов.
6. Проблемы целостности сигнала (*Signal Integrity*) при передаче данных на гигагерцовых частотах: перекрестные помехи, джиттер и методы терминирования линий связи в высокоскоростных интерфейсах камер машинного зрения (*MIPI CSI*).
7. Эволюция энергонезависимой памяти: физические принципы работы магниторезистивной памяти (*MRAM*) и ферроэлектрической RAM (*FRAM*) как замена традиционной Flash-памяти в устройствах промышленной автоматики.
8. Гальваническая развязка в мехатронных системах: сравнительный анализ оптопар (*optocouplers*) и кремниевых цифровых изоляторов (*SiO₂-based digital isolators*) для защиты микроконтроллеров управления приводами.
9. Реализация протоколов реального времени (*Real-Time Ethernet*): детерминированность передачи пакетов в протоколах EtherCAT и PROFINET IO для синхронизации движения звеньев тяжелых промышленных манипуляторов.
10. Асимметричная криптография во встраиваемых устройствах: оптимизация алгоритмов ECC (эллиптические кривые) для аутентификации сервисных роботов в облачных сервисах при ограниченных вычислительных ресурсах.
11. Нейроморфные вычисления: архитектура специализированных цифровых процессоров (*TrueNorth, Loihi*) и их применение для распознавания образов напрямую в пиксельном слое видеокamer беспилотников.

12. Особенности проектирования электроники для экстремальных условий: радиационно-стойкие микросхемы, механизмы возникновения сбоев от тяжелых заряженных частиц (*SEU*) и методы коррекции ошибок (*ECC*) в памяти космических аппаратов.

13. Силовая микроэлектроника на основе карбида кремния (*SiC*) и нитрида галлия (*GaN*): преимущества перед традиционным кремнием (*Si*) в драйверах тяговых двигателей электромобилей и тяжелых колесных роботов.

14. Протоколы беспроводной связи малого радиуса действия с низким энергопотреблением: физический уровень и топологии сетей Bluetooth Mesh против Thread и Zigbee для умных сенсоров коллаборативных роботов.

15. Моделирование переходных процессов в импульсных источниках питания (*SMPS*) цифровых устройств: анализ устойчивости петли обратной связи по критериям Боде и проектирование компенсаторов типа II или III.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Аксиомы и законы алгебры логики (булевой алгебры). Двойственность формул. Преобразование функции к базису И-НЕ.

2. Позиционные системы счисления: двоичная, восьмеричная, шестнадцатеричная. Правила перевода чисел между системами и форматы представления знаковых чисел (прямой, обратный, дополнительный код).

3. Минимизация булевых функций с помощью карт Карно для 2, 3 и 4 переменных. Понятие существенных импликант.

4. Комбинационные устройства: шифраторы (*Encoders*) и дешифраторы (*Decoders*). Принцип работы, таблицы истинности и применение в системах выбора периферии робота.

5. Мультиплексоры (*MUX*) и демультиплексоры (*DEMUX*) как универсальные логические блоки. Реализация произвольной логической функции на мультиплексоре.

6. Полусумматор и полный сумматор. Многоразрядные параллельные сумматоры с последовательным и параллельным переносом.

7. Последовательностные схемы. Отличие от комбинационных. Асинхронный и синхронный входы RS-триггера. Таблица переходов и характеристическое уравнение.

8. D-триггеры, T-триггеры и JK-триггеры. Назначение, принцип работы и области применения в схемотехнике контроллеров.

9. Регистры памяти и регистры сдвига. Параллельная и последовательная загрузка данных. Применение регистров в протоколах SPI и UART.

10. Двоичные счетчики: асинхронные (*ripple-carry*) и синхронные. Синтез счетчика по заданному модулю счета (например, mod-10 или mod-6).

11. Полупроводниковые диоды: вольт-амперная характеристика (*VAX*), параметры. Выпрямительные мосты и стабилитроны в источниках питания датчиков.

12. Биполярные транзисторы (*BJT*): схема включения с общим эмиттером, статические характеристики, режимы отсечки, насыщения и усиления.

13. Полевые транзисторы (*MOSFET/IGBT*): устройство, затворный эффект, ключевые режимы работы. Сравнение с биполярными транзисторами в драйверах двигателей.

14. Операционные усилители (*OU*): параметры идеального ОУ. Инвертирующий и неинвертирующий усилители. Использование ОУ в качестве компаратора для обработки сигналов энкодеров.

15. Цифро-аналоговые преобразователи (*ЦАП*): принципы построения (*R-2R* лестница, весовые резисторы). Характеристики: разрешающая способность, время установления, погрешность смещения.

16. Аналого-цифровые преобразователи (*АЦП*): последовательного приближения (*SAR*) и сигма-дельта ($\Sigma\Delta$ *SigmaDelta* $\Sigma\Delta$). Шумы квантования и выбор частоты дискретизации (теорема Котельникова).

17. Архитектура микроконтроллера: процессорное ядро, память программ (*Flash*) и данных (*RAM/SRAM*), гарвардская и принстонская архитектуры.

18. Система тактирования (*Clock System*) встраиваемых систем. Внешние кварцевые резонаторы, внутренние RC-генераторы и PLL-множители частоты.

19. Порты ввода-вывода общего назначения (GPIO). Режимы работы пина: Push-Pull, Open-Drain, Pull-up/Pull-down резисторы.
20. Таймеры-счетчики микроконтроллеров: режим таймера (счет внутренних тактов) и режим счетчика (подсчет внешних событий). Формирование задержек.
21. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ/PWM). Физический смысл коэффициента заполнения (Duty Cycle). Аппаратная генерация ШИМ для управления яркостью светодиодов или скоростью моторов.
22. Универсальный асинхронный приемопередатчик (UART/USART). Структура кадра данных (старт-бит, данные, четность, стоп-бит). Скорость передачи (Baud Rate).
23. Синхронный последовательный интерфейс SPI. Понятия Master/Slave, сигналы MOSI/MISO/SCK/CS. Полнодуплексный обмен данными с гироскопами и памятью.
24. Интерфейс I2C (TWI). Двухпроводная шина, механизмы арбитража и синхронизации. Адресация ведомых устройств (7-битная и 10-битная).
25. Помехозащищенность цифровых линий связи. Дифференциальные интерфейсы (RS-485, CAN) и гальваническая развязка (оптроны, цифровые изоляторы) в робототехнических комплексах.

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какая логическая операция описывается функцией $F = A \cdot BF = A \cdot BF = A \cdot B$ (конъюнкция)? а) Логическое сложение (ИЛИ); б) Логическое умножение (И); в) Логическое отрицание (НЕ); г) Исключающее ИЛИ (XOR).

Правильный ответ: б)

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой элемент представляет собой простейшую ячейку памяти, способную хранить 1 бит информации? а) Сумматор; б) Мультиплексор; в) Триггер; г) Дешифратор. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В какой архитектуре шины данных и команд разделены физически, позволяя одновременно считывать инструкцию и работать с данными? а) Архитектура фон Неймана; б) Гарвардская архитектура; в) RISC-архитектура; г) CISC-архитектура. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой режим работы порта GPIO микроконтроллера необходим для подключения кнопки без внешнего подтягивающего резистора, используя внутреннюю подтяжку к питанию? а) Input Floating; б) Output Push-Pull; в) Input Pull-up; г) Analog In. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой силовой полупроводниковый прибор обладает изолированным затвором и наиболее широко применяется в современных драйверах управления бесщеточными двигателями (BLDC)? а) Биполярный транзистор (BJT); б) Тиристор (SCR); в) Полевой транзистор (MOSFET); г) Диод Шоттки. **Правильный ответ: в)**

2. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие из перечисленных систем счисления являются позиционными? а) Римская; б) Десятичная; в) Двоичная; г) Унарная. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Выберите базовые логические элементы, составляющие функционально полный базис (позволяющие реализовать любую функцию): а) И-НЕ (Шеффера); б) ИЛИ (Дизъюнкция); в) ИЛИ-НЕ (Пирса); г) Исключающее ИЛИ. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие типы триггеров имеют информационный вход «Т» (Toggle — переключение состояния)? а) RS-триггер; б) D-триггер; в) Т-триггер; г) JK-триггер (при соединении $J=K=1$). **Правильный ответ: в), г)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие интерфейсы относятся к синхронным последовательным протоколам обмена данными? а) UART; б) SPI; в) I2C; г) LIN. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие параметры характеризуют качество АЦП последовательного приближения (SAR)? а) Разрядность (количество бит); б) Коэффициент усиления по напряжению; в) Время преобразования; г) Выходное сопротивление источника сигнала. **Правильный ответ: а), в)**

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность этапов выполнения команды чтения данных по шине I2C мастером:

1. Формирование условия СТАРТ (StartStartStart);
2. Передача адреса ведомого устройства с битом записи/чтения;
3. Получение байта данных от ведомого;
4. Отправка подтверждения приема (ACKACKACK) или отказа (NACKNACKNACK);
5. Формирование условия СТОП (StopStopStop). **Правильный ответ: 1-2-3-4-5**

Укажите правильную последовательность смены состояний при счете импульсов 3-битным синхронным суммирующим счетчиком (начиная с 0):

1. 010;
2. 000;
3. 011;
- 4.
- 1.

Правильный ответ: 2-4-1-3

Укажите правильную последовательность сигналов на линиях SPI при передаче одного байта от Master к Slave (режим CPOL=0, CPHA=0):

1. Стабилизация данных на линии MOSI перед фронтом SCK;
2. Установка активного уровня на линии SS (выбор чипа);
3. Переход тактового сигнала SCK из 0 в 1 (первый фронт);
4. Перезапись данных с MOSI во внутренний сдвиговый регистр Slave по фронту SCK.

Правильный ответ: 2-1-3-4

Укажите правильную последовательность операций в АЦП последовательного приближения (SAR) при преобразовании напряжения:

1. Загрузка старшего разряда (MSBMSBMSB) значением 1;
2. Захват аналогового сигнала выборкой-хранением (Sample and Hold);
3. Сравнение выхода внутреннего ЦАП с входным сигналом компаратором;
4. Выдача итогового цифрового кода на выходной регистр. **Правильный ответ: 2-1-3-**

4

Укажите правильную последовательность шагов минимизации функции трех переменных с помощью карты Карно:

1. Заполнение клеток карты значениями 0 и 1 согласно таблице истинности;
2. Склеивание единиц в группы по 2, 4 или 8 элементов;
3. Чертеж пустой сетки карты Карно;
4. Запись минимальной дизъюнктивной нормальной формы (МДНФ) по группам.

Правильный ответ: 3-1-2-4

4. На установление соответствия (5 вопросов)

Установите соответствие между типом триггера и его характеристическим уравнением:

А) D-триггер	1) $Q_{next} = T \oplus Q_{current}$
Б) Т-триггер	2) $Q_{next} = D$
В) RS-триггер	3) $Q_{next} = S + R' \cdot Q_{current}$
Г) JK-триггер	4) $Q_{next} = JQ' + K'Q$

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3, Г – 4

Установите соответствие между периферийным устройством МК и его основной функцией:

А) USART	1) Генерация сигнала с изменяемой скважностью для моторов
Б) ADC	2) Преобразование уровня аналогового напряжения в число
В) PWM	3) Прием и передача асинхронных байтов по радиосвязи или проводу
Г) DMA	4) Копирование данных между памятью и периферией без участия ядра процессора

Правильный ответ: А – 3, Б – 2, В – 1, Г – 4

Установите соответствие между цифровым кодом и его десятичным значением в системе дополнительного кода (Two's Complement, 8 бит):

А) 11111111	1) 127
Б) 01111111	2) -1
В) 10000000	3) 0
Г) 00000000	4) -128

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 4, Г – 3

Установите соответствие между семейством логики и типичным напряжением питания:

А) TTL	1) 1.8 В / 3.3 В
Б) CMOS (серия 74НС)	2) 5.0 В
В) LVTTL	3) 3.3 В
Г) ECL	4) Отрицательное напряжение (-5.2 В)

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 3, Г – 4

5. Открытого типа с одним-двумя словами (2 вопроса)

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Устройство, преобразующее непрерывный аналоговый сигнал в дискретный цифровой код, называется **аналого-цифровой преобразователь**. **Правильный ответ:** аналого-цифровой преобразователь

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Аппаратный блок микроконтроллера, предназначенный для подсчета внешних событий или формирования точных временных интервалов, называется **таймер**. **Правильный ответ:** таймер

6. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ) (3 вопроса)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию широтно-импульсная модуляция — это ... **Правильный ответ:** метод управления средним значением напряжения на нагрузке путем изменения длительности импульсов при постоянной частоте их следования; отношение времени включенного состояния к периоду называется коэффициентом заполнения.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию машинный цикл — это ... **Правильный ответ:** минимальный промежуток времени, необходимый процессорному ядру для выполнения одной элементарной операции (например, выборки инструкции из памяти или пересылки регистра); обычно состоит из нескольких тактов генератора тактовой частоты.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию uart — это ... **Правильный ответ:** универсальный асинхронный приемопередатчик — узел микроконтроллера, осуществляющий преобразование параллельных данных из внутренней шины в последовательный поток битов для передачи по одному проводу и обратное восстановление при приеме, использующий стартовые и стоповые биты для синхронизации.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Михеева, Е. В. Цифровая схемотехника : учебник / Е. В. Михеева, А. В. Гордеев. — Москва : Академия, 2024. — 222 с. — ISBN 978-5-0054-0000-0.
2. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 2 : учебник для вузов / О. П. Новожилов. — Москва : Юрайт, 2024. — 421 с. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт.

7.2. Дополнительная литература

3. Миленина, С. А. Электроника и схемотехника : учебник и практикум для вузов / С. А. Миленина ; под редакцией Н. К. Миленина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2025. — 277 с. — URL: Образовательная платформа Юрайт (дата обращения: 07.08.2026).
4. Добдин, С. Ю. Основы цифровой электроники и микропроцессорных систем: от теории к практике : учебное пособие / С. Ю. Добдин, А. В. Скрипаль. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 340 с. — ISBN 978-5-507-53863-8 — URL: Электронно-библиотечная система Лань (дата обращения: 07.08.2026).
5. Перепелкин, Д. А. Электроника и схемотехника: практический курс : учебное пособие для вузов / Д. А. Перепелкин. — Рязань : РГРТУ, 2024. — 276 с. — ISBN 978-5-9912-1104-8.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Пробковая доска
- Моноблок для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся с выходом в интернет
- Виртуальный лабораторный стенд «Электрические цепи» на 20 рабочих мест;
- Виртуальный лабораторный стенд «Электротехника и основы электроники» ТС-ЭТиОЭ2-ЛС на 16 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого реле» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого контроллера» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Цифровая и микропроцессорная техника» на 20 рабочих мест
- Набор учебно-методических материалов к разделу «Электротехника и электроника» (плакаты, презентации).

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Цифровая техника и электроника**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Цифровая техника и электроника

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Скоробогатченко Дмитрий Анатольевич

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)