



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Электронные и микропроцессорные устройства мехатронных систем

(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	3
Общее количество часов	108
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	76
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.....	6
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	7
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	22

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Электронные и микропроцессорные устройства мехатронных систем» входит в «Часть, формируемая 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)):

ПК-2 Способен осуществлять организационно-методическое сопровождение эксплуатации гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий

Дескрипторы компетенции:

ПК-2.1 Способен осуществлять организационно-методическое обеспечение технического обслуживания и планового ремонта гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий;

ПК-2.2 Способен обеспечивать организацию непланового ремонта гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий.

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)
Профстандарт: 40.148 Специалист по эксплуатации гибких производственных систем в машиностроении	ПК-2.1 Способен осуществлять организационно-методическое обеспечение технического обслуживания и планового ремонта гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий;	Знает: ИД 1 ПК.2.1 Принцип работы, технические характеристики, конструктивные особенности гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий, требования к структуре, содержанию и оформлению технической документации по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий, принципы и порядок разработки планов технического обслуживания и ремонта гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий ПС 40.148 В/01.6; ИД 2 ПК.2.2 Методические, нормативно-технические и руководящие материалы по организации ремонта гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий 40.148 В/02.6. Умеет: ИД 3 ПК.2.1 Составлять план
	ПК-2.2 Способен обеспечивать организацию непланового ремонта гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий.	

		мероприятий по совершенствованию системы обслуживания и ремонта гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий, составлять планы технического обслуживания, ремонта и определительных испытаний гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий 40.148 В/01.6; ИД 4 ПК.2.2 Составлять акты о повреждениях и отчеты о внеплановых простоях гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий, устанавливать причины возникновения дефектов, просматривать запланированные работы, контролировать сроки выполнения работ, определять назначенные ресурсы, очередность выполнения работ, подавать заявки на внесение изменений в очередность работ, отмечать выполнение работ, готовить отчеты о выполненных работах с использованием прикладных программ управления проектами 40.148 В/02.6. Имеет навыки: ИД 5 ПК.2.1 Составления планов мероприятий по совершенствованию системы обслуживания и ремонта гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий, составления планов технического обслуживания, ремонта и определительных испытаний гибких производственных роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий 40.148 В/01.6; ИД 6 ПК.2.2 Составления актов о повреждениях и отчетов о внеплановых простоях гибких производственных
--	--	---

		роботизированных систем, робототехнических комплексов и изделий, установления причин возникновения дефектов, контроля хода выполнения запланированных работ, сроков их выполнения, определения назначенных ресурсов, очередности выполнения работ, подачи заявок на внесение изменений в очередность работ, учету фактического выполнения работ, подготовки отчетов о выполненных работах с использованием прикладных программ управления проектами 40.148 В/02.6.
--	--	--

**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.	Физика	Помехоустойчивость мехатронных и робототехнических систем

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				
		Вс его	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Введение в электронику мехатронных систем.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
2	Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи и драйверы.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
3	Тема 3. Элементы оптоэлектроники и датчики положения.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
4	Тема 4. Аналоговая обработка сенсорных сигналов.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
5	Тема 5. Цифровая схемотехника и микроконтроллеры STM32.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
6	Тема 6. Микропроцессорное управление АЦП и ЦАП.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
7	Тема 7. Интерфейсы передачи данных в робототехнике.	12	2	2	8	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
8	Тема 8. Программируемая логика (FPGA/CPLD) в реальном времени.	12	2	2	8	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)		+				
Итого		108	16	16	76	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в электронику мехатронных систем. Классификация электронных модулей робота (силовые, информационные, управляющие). Структура типового контроллера.

Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи и драйверы. Схемотехника драйверов затворов IGBT/MOSFET. Гальваническая развязка сигналов управления (*optocouplers*, изолированные драйвера).

Тема 3. Элементы оптоэлектроники и датчики положения. Применение оптопар для защиты цепей управления. Энкодеры (инкрементальные/абсолютные) и датчики Холла.

Тема 4. Аналоговая обработка сенсорных сигналов. Усилители заряда для пьезодатчиков, инструментальные усилители *INA* для шунтов измерения тока моторов.

Тема 5. Цифровая схемотехника и микроконтроллеры STM32. Архитектура ARM Cortex-M. Периферия: таймеры расширенного управления (*TIM*) для генерации ШИМ приводов.

Тема 6. Микропроцессорное управление АЦП и ЦАП. Опрос датчиков прикосновения («искусственной кожи») и формирование аналоговых заданий скорости через цифро-аналоговые преобразователи.

Тема 7. Интерфейсы передачи данных в робототехнике. Реализация протоколов *UART*, *SPI*, *I2C*, *CAN-FD* и промышленного *Ethernet* на уровне программирования регистров.

Тема 8. Программируемая логика (FPGA/CPLD) в реальном времени. Аппаратная реализация алгоритмов обработки видео с камер технического зрения и высокоскоростного захвата энкодеров.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение в электронику мехатронных систем.
ПЗ 2	Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи и драйверы.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Элементы оптоэлектроники и датчики положения.
ПЗ 5	Тема 4. Аналоговая обработка сенсорных сигналов.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Цифровая схемотехника и микроконтроллеры STM32.
ПЗ 8	Тема 6. Микропроцессорное управление АЦП и ЦАП.

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. Введение в электронику мехатронных систем.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи и драйверы.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Элементы оптоэлектроники и датчики положения.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Аналоговая обработка сенсорных сигналов.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Цифровая схемотехника и микроконтроллеры STM32.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Микропроцессорное управление АЦП и ЦАП.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Интерфейсы передачи данных в робототехнике.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Программируемая логика (FPGA/CPLD) в реальном времени.	ПЗ	Деловая игра	75
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. Введение в электронику мехатронных систем.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи и драйверы.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Элементы оптоэлектроники и датчики положения.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Аналоговая обработка сенсорных сигналов.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Цифровая схемотехника и микроконтроллеры STM32.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Микропроцессорное управление АЦП и ЦАП.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Интерфейсы передачи данных в робототехнике.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Программируемая логика (<i>FPGA/CPLD</i>) в реальном времени.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

- Схемотехника драйверов затворов (Gate Drivers) для IGBT и SiC-модулей.** Методы активного управления dv/dt и защита от ложных срабатываний (*Miller clamp*) в высоковольтных сервоприводах.
- Гальваническая развязка сигналов управления в промышленных роботах.** Сравнение быстродействия оптопар, трансформаторных изоляторов (*Digital Isolators*) и датчиков эффекта Кельвина (*Giant Magnetoresistance*).
- Измерение тока в звене постоянного тока (*DC-link*) инвертора.** Применение микросхем на основе эффекта Холла против прецизионных шунтов с инструментальными усилителями (*INA*, нулевой дрейф).
- Проектирование входного каскада АЦП микроконтроллера STM32 для энкодеров типа Sin/Cos.** Расчет антиалиазинговых фильтров и согласование дифференциальных линий $1V_{pp}$.
- Архитектура периферийных таймеров расширенного управления (*TIM1/8*) контроллеров STM32G4/H7.** Настройка комплементарных ШИМ-каналов с «мертвым временем» для управления трехфазным мостом BLDC-двигателя.
- Прямой доступ к памяти (*DMA*) в системах реального времени мехатроники.** Организация циклического буфера данных АЦП без участия ядра процессора для снижения джиттера опроса сенсоров.
- Реализация протоколов промышленной связи CAN-FD и EtherCAT на уровне железа.** Использование внешних контроллеров SJA1000 или встроенных MAC-PHY модулей для работы в распределенных системах манипуляторов.
- Микросхемы интеллектуальных силовых модулей (*IPM — Intelligent Power Modules*).** Интеграция драйвера, защиты по току (*DESAT*) и температурного мониторинга в одном корпусе для компактных суставов коллаборативных роботов.
- Цифровая обработка сигналов ПЗС/КМОП-матриц технического зрения на борту робота.** Применение аппаратных ускорителей *DCMI/DVP* микроконтроллеров для захвата видеопотока без нагрузки на ядро.

10. **Программируемая логика (FPGA) как сопроцессор для кинематических вычислений.** Аппаратная реализация алгоритмов обратной задачи кинематики для шестиосевых роботов на базе шин *AXI*.

11. **Элементы оптоэлектроники в цепях безопасности (SIL/PLe).** Применение твердотельных реле и специализированных оптронов для реализации функции безопасного снятия момента (*STO — Safe Torque Off*).

12. **Аналоговые интерфейсы для резистивных и емкостных тактильных матриц («искусственной кожи»).** Использование мультиплексоров и дельта-сигма АЦП высокого разрешения для сканирования тысяч точек касания.

13. **Сверхнизкопотребляющие режимы (STOP/STANDBY) ARM Cortex-M** в автономных мобильных платформах. Пробуждение системы по событиям GPIO или RTC при обнаружении препятствий лидаром.

14. **Синхронные DC/DC-преобразователи Point-of-Load (POL) для питания цифровой части приводов.** Влияние переходных процессов конвертера на шумы АЦП и методы синхронизации частоты преобразования с ШИМ привода.

15. **Электронные блоки управления пьезоэлектрическими актюаторами.** Генераторы высоковольтного напряжения (до 150В) на базе топологии *Flyback* и схемы линейной стабилизации сверхмалых шумов для нанопозиционирования.

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. Введение в электронику мехатронных систем.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
2	Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи и драйверы.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
3	Тема 3. Элементы оптоэлектроники и датчики положения.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
4	Тема 4. Аналоговая обработка сенсорных сигналов.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
5	Тема 5. Цифровая схемотехника и микроконтроллеры STM32.	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
6	Тема 6. Микропроцессорное управление АЦП и ЦАП.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
7	Тема 7. Интерфейсы передачи данных в робототехнике.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2

8	Тема 8. Программируемая логика (FPGA/CPLD) в реальном времени.	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ПК.2.1 ИД 2 ПК.2.2 ИД 3 ПК.2.1 ИД 4 ПК.2.2 ИД 5 ПК.2.1 ИД 6 ПК.2.2
---	--	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий Задачи

1. **Расчет и сборка драйвера затвора IGBT-модуля.** Проектирование схемы на базе HCPL-3120: расчет сопротивления затвора (R_{gR_gRg}) для обеспечения времени переключения 500 нс и установка снабберной цепи *DESAT*.

2. **Программная генерация трехфазной ШИМ на STM32.** Использование таймера в режиме центрированной PWM (*Center-aligned*) с комплементарными выходами; настройка «мертвого времени» (*dead-time*) через регистры *BDTR*.

3. **Снятие вольт-амперной характеристики (BAX) оптопары.** Сборка макета, измерение коэффициента передачи тока (*CTR*) и определение максимальной скорости нарастания сигнала при работе на длинную линию.

4. **Измерение тока шунтом с помощью инструментального усилителя INA826.** Расчет коэффициента усиления под диапазон $\pm 20A$, калибровка смещения нуля и проверка подавления синфазной помехи 50 Гц.

5. **Настройка прямого доступа к памяти (DMA) для АЦП микроконтроллера.** Организация циклического буфера (*Circular Mode*) опроса трех датчиков Холла без использования прерываний ядра процессора.

6. **Реализация протокола SPI между STM32 и внешним АЦП ADS1115.** Написание кода инициализации, передача команды запуска преобразования и чтение данных по прерываниям от ножки */DRDY*.

7. **Аппаратный захват частоты энкодера (Input Capture).** Измерение периода импульсов канала А высокоскоростного инкрементального энкодера (до 1 МГц) с использованием таймера в режиме регистра захвата.

8. **Сборка RC-фильтра антиалайзинга для входа АЦП.** Расчет номиналов резистора и конденсатора для ограничения полосы частот датчика ускорения до половины частоты дискретизации Найквиста.

9. **Интерфейс подключения абсолютного энкодера SSI или BiSS-C.** Программная эмуляция мастер-устройства на GPIO (*bit-banging*) или использование MCO/SPI для синхронного приема позиции вала.

10. **Проектирование обратноходового (Flyback) преобразователя питания логики.** Подбор микросхемы контроллера (например, LNK304), расчет трансформатора и RCD-снаббера для получения 5В/2А из сети 24В DC.

11. **Использование аппаратного ускорителя CRC микропроцессора.** Проверка целостности кадра данных интерфейса CAN-FD перед его передачей в трансивер TJA1051.

12. **Подключение матричной клавиатуры 4x4 через сдвиговый регистр 74HC165.** Считывание состояния кнопок методом поллинга и реализация антидребезга программным счетчиком.
13. **Настройка режима STALL DETECTION (пропуск шагов) драйвера шагового двигателя TMC2209.** Конфигурация порога чувствительности через интерфейс UART и получение флага остановки оси.
14. **Осциллографический анализ фронтов сигналов RS-485 на длинных линиях.** Наблюдение эффекта отражений в линии связи робота-манипулятора и подбор оконечных согласующих резисторов (120120120 Ом).
15. *Реализация безопасного снятия момента (STO — Safe Torque Off) на плате управления.* Разрыв цепи питания драйверов верхних ключей инвертора через дублированные твердотельные реле, управляемые цепью безопасности ПЛК.

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. **Архитектура высокопроизводительных микроконтроллеров STM32H7 в сервоприводах.** Сравнение архитектуры Harvard и M7, использование ART Accelerator и кэширования ITCM/DTCM для минимизации задержек контура тока.
2. **Схемотехника изолированных драйверов затворов (Gate Drivers) для SiC-транзисторов.** Особенности управления широкозонными полупроводниками: отрицательное запирающее напряжение и компенсация эффекта Миллера на частотах свыше 100 кГц.
3. **Методы высокоточного измерения тока в мехатронике.** Прецизионные шунты против датчиков Холла и TMR-датчиков (Tunnelling Magnetoresistance): температурный дрейф, полоса пропускания и гальваническая развязка.
4. **Аппаратная реализация протоколов реального времени (EtherCAT, PROFINET IRT) во встраиваемых системах.** Использование внешних контроллеров связи или FPGA-ускорителей для достижения циклов менее 250 мкс.
5. **Микросхемы интеллектуальных силовых модулей (IPM — Intelligent Power Modules).** Интеграция драйвера, защиты от короткого замыкания (DESAT) и мониторинга температуры кристалла в одном корпусе для компактных суставов роботов.
6. **Прямой доступ к памяти (DMA) как инструмент обеспечения детерминизма в реальном времени.** Организация «нулевого копирования» данных с АЦП сенсорной подсистемы в ОЗУ без участия ядра Cortex-M.
7. **Обработка сигналов резистивных и емкостных тактильных матриц («искусственной кожи»).** Применение специализированных микросхем захвата заряда (QTouch) и мультиплексоров высокого напряжения.
8. **Программируемая логика (FPGA/CPLD) как сопроцессор кинематики.** Аппаратное ускорение вычисления тригонометрических функций и умножения матриц Денавита — Хартенберга для многоосевых манипуляторов.
9. **Цифровая фильтрация шумов квантования энкодеров высокого разрешения.** Реализация наблюдателей состояния (Luenberger observer) на базе DSP-инструкций микропроцессора для оценки скорости вала.
10. **Организация питания Point-of-Load (POL) в роботизированных ячейках.** Влияние синхронных DC/DC-конвертеров на спектр электромагнитных помех чувствительных аналоговых трактов (АЦП гироскопов).
11. **Интерфейсы подключения абсолютных многооборотных энкодеров (BiSS, EnDat).* Анализ временных диаграмм последовательного кода, контроль целостности CRC и синхронизация по сигналу CLOCK мастера.
12. **Безопасность функциональная (Functional Safety SIL/PLe) в электронных блоках управления.** Принципы избыточности (Dual-Core Lockstep), диагностика «бабушкиных ошибок» (Built-In Self Test) и безопасное снятие момента (STO).

13. **Электронные схемы управления пьезоэлектрическими актюаторами.** Генераторы высоковольтного сигнала (до 150В) с ультранизким уровнем шума для систем нанопозиционирования оптических элементов.

14. **Эволюция элементной базы силовой электроники: GaN против кремния.** Предельные частоты коммутации, тепловые режимы и особенности топологии печатных плат при использовании нитрид-галлиевых транзисторов в приводах.

15. **Реализация алгоритмов Sensorless Field-Oriented Control (FOC) на бюджетных МК.** Оценка положения ротора BLDC-двигателя методом анализа противо-ЭДС через встроенный АЦП общего назначения без аппаратных делителей фазы.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. **Архитектура микроконтроллеров STM32.** Семейства *F*, *G*, *H* и *L*. Особенности ядра ARM Cortex-M7 (конвейер, кэш ITCM/DTCM) для задач реального времени.

2. **Периферийные таймеры расширенного управления (TIM1/TIM8).** Генерация центрированной ШИМ (*Center-aligned PWM*) с комплементарными выходами для трехфазных инверторов.

3. **Настройка «мертвого времени» (Dead-time) в драйвере затвора.** Физический смысл защиты от сквозного тока (*shoot-through*) в полумостовой схеме при переключении IGBT/MOSFET.

4. **Прямой доступ к памяти (DMA) в системах сбора данных.** Режимы нормального и циклического буфера (*Circular mode*) при опросе АЦП датчиков мехатронного модуля без участия CPU.

5. **Аналого-цифровое преобразование (ADC) во встраиваемых системах.** Время преобразования, частота дискретизации и теорема Котельникова применительно к сигналам энкодеров.

6. **Инструментальные усилители (INA) для измерения тока шунтом.** Подавление синпомехи шины питания драйвера и расчет коэффициента усиления для диапазона токов $\pm 50\text{A}$.

7. **Датчики тока на эффекте Холла (линейные vs switch-type).** Применение микросхем ACS/DRV в разрыв цепи двигателя и их гальваническая развязка от логики контроллера.

8. **Гальваническая развязка сигналов управления.** Сравнение быстродействия оптронов (*optocouplers*) и цифровых изоляторов на основе трансформаторов (*Si86xx*, *ADuM*).

9. **Схемотехника драйверов верхнего ключа (High-side driver).** Использование бутстрепной схемы (*bootstrap circuit*) для питания плавающего потенциала затвора транзистора.

10. **Интерфейс подключения инкрементальных энкодеров (A/B/Z).** Аппаратный захват (*Input Capture*) фронтов сигнала и подавление дребезга через цифровые фильтры GPIO.

11. **Абсолютные энкодеры: протоколы SSI и BiSS-C.** Временные диаграммы синхронной последовательной передачи позиции вала и контроль ошибок по CRC.

12. **Интерфейсы промышленной связи CAN-FD.** Структура кадра данных, арбитраж доступа к шине и реализация на базе встроенного контроллера или внешнего чипа (*SJA1000*).

13. **Ethernet-контроллеры с поддержкой EtherCAT.** Требования к MAC-уровню для аппаратной обработки телеграмм в режиме Hardware-in-the-loop без задержек ОС.

14. **Последовательные интерфейсы SPI и QSPI.** Полнодуплексная передача данных между МК и внешней Flash-памятью или ЦАП для задания аналоговых уставок приводам.

15. **Цифро-аналоговое преобразование (DAC) в контурах управления.** Формирование синусоидального напряжения задания скорости в схемах прямого управления моментом.

16. **Аппаратные ускорители вычислений (CORDIC/FPU).** Расчет тригонометрических функций для кинематики робота за один такт процессора вместо программной библиотеки.

17. ***Программируемая логика (FPGA/CPLD) как сопроцессор.** Преимущества жесткой логики перед MCU при обработке видео потока камеры технического зрения 60 FPS.

18. **Микросхемы интеллектуальных силовых модулей (IPM).** Интеграция драйвера, защиты *DESAT* и термистора температуры кристалла в одном корпусе для компактных сервоприводов.
19. **Безопасное снятие момента (STO — Safe Torque Off).** Принципы дублирования цепей безопасности и использование твердотельных реле в силовой электронике согласно SIL/PLe.
20. **Элементы оптоэлектроники: Solid State Relays (SSR) против электромеханических.** Время срабатывания, отсутствие искрения и применение в цепях блокировки дверей роботизированных ячеек.
21. **Обработка сигналов резистивных сенсорных матриц («искусственной кожи»).** Методы сканирования строк и столбцов мультиплексорами (*CD74HC4067*) и защита от ложных касаний.
22. **Организация питания Point-of-Load (POL).* Влияние переходных процессов DC/DC-конвертеров на шумы входа АЦП и методы синхронизации частоты коммутации с ШИМ привода.
23. **Режимы сверхнизкого потребления (STOP/STANDBY) ARM Cortex-M.** Пробуждение системы по событиям внешних прерываний (*EXTI*) от датчиков приближения мобильного робота.
24. **Электронная защита входов микроконтроллера от статического электричества (ESD).** TVS-диоды малой емкости и ограничительные сборки (*ESD-arrays*) на линиях USB и Ethernet.
25. **Топология печатных плат высокоскоростных устройств.** Контроль импеданса дифференциальных пар (*USB HS, RGMII*) и разделение аналогового земляного полигона (*AGND*) от цифрового (*DGND*).

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

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

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой периферийный модуль микроконтроллера STM32 аппаратно генерирует комплементарные ШИМ-сигналы с настраиваемым «мертвым временем» для управления трехфазным мостом инвертора? а) Базовый таймер (*Basic Timer*); б) Универсальный таймер (*General Purpose Timer*); в) Таймер расширенного управления (*Advanced-control Timer*); г) Независимый сторожевой таймер (*IWDG*). **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какое устройство обеспечивает гальваническую развязку между низковольтной логикой контроллера и высоковольтной цепью затвора IGBT-модуля, предотвращая пробой по напряжению? а) Резистор затвора (*RgR_gRg*); б) Оптопара или цифровой изолятор; в) Токоизмерительный шунт; г) Линейный стабилизатор напряжения (*LDO*). **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В каком режиме работы прямого доступа к памяти (*DMA*) буфер данных АЦП заполняется циклически, перезаписывая старые значения при отсутствии чтения ядром процессора? а) Режим однократного блока (*Normal Mode*); б) Циклический режим (*Circular Mode*); в) Режим передачи по запросу потока; г) Пошаговый режим. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой тип датчика тока позволяет измерять постоянный и переменный ток в разрыв силовой цепи без гальванической связи с землей контроллера? а) Токовый шунт; б) Датчик Холла компенсационного типа; в) Термистор; г) Фоторезистор. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Для чего предназначен аппаратный блок *FPU (Floating Point Unit)* в ядре ARM Cortex-M7 при реализации алгоритмов управления роботом? а) Для ускорения целочисленного деления; б) Для аппаратного вычисления тригонометрических функций и корней кинематики; в) Для хранения констант во флеш-памяти; г) Для генерации тактовых частот. **Правильный ответ: б)**

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

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие интерфейсы передачи данных поддерживают аппаратную проверку целостности кадра с помощью CRC на уровне контроллера STM32? а) 1-Wire; б) CAN-FD; в) USB Full Speed; г) Простой параллельный порт GPIO. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Выберите компоненты, предназначенные для защиты входа микроконтроллера от электростатического разряда (ESD) напряжением до 15–30 кВ: а) Обычный выпрямительный диод общего назначения; б) TVS-диод (супрессор) малой емкости; в) Сборка защитных диодов (Array) в корпусе SOT-23; г) Электролитический конденсатор большой емкости. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. При программной настройке модуля АЦП какие параметры напрямую определяют время захвата одного отсчета сигнала энкодера? а) Разрядность преобразования (12/16 бит); б) Время выборки (Sampling Time); в) Частота тактового ядра (APB clock); г) Цвет корпуса микросхемы. **Правильный ответ: а), б)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие методы используются для подавления дребезга контактов механических кнопок ввода в микропроцессорных устройствах? а) Аппаратная фильтрация через настройки GPIO (фильтр помех); б) Программный счетчик-стабилизатор (задержка подтверждения нажатия); в) Увеличение сопротивления подтягивающего резистора; г) Отключение питания кнопки. **Правильный ответ: а), б)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Укажите функции, которые выполняет микросхема интеллектуального силового модуля (IPM) помимо коммутации тока: а) Мониторинг температуры кристалла (OT); б) Защита от короткого замыкания (DESAT); в) Преобразование аналогового видео в цифровое; г) Хранение программы пользователя во внутренней Flash. **Правильный ответ: а), б)**

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность этапов инициализации DMA для циклического опроса АЦП в STM32:

1. Запуск регулярных преобразований АЦП;
2. Настройка адреса источника (регистр данных АЦП) и адреса назначения (буфер RAM);
3. Включение прерываний или флага завершения цикла;
4. Активация канала DMA и установка циклического режима. **Правильный ответ: 2-**

4-3-1

Укажите правильную последовательность обработки внешнего прерывания от датчика касания в реальном времени:

1. Выполнение кода обработчика (ISR);
2. Срабатывание физического сенсора и изменение уровня на ножке GPIO;
3. Установка флага запроса прерывания в регистре EXTI_PR;
4. Переход процессора по вектору таблицы прерываний. **Правильный ответ: 2-3-4-1**

Укажите правильную последовательность действий драйвера верхнего ключа полумоста при выключении транзистора:

1. Рассасывание носителей заряда в базе/снятие заряда затвора;
2. Подача низкого уровня на выход драйвера;
3. Рост напряжения коллектор-эмиттер (V_{ce});
4. Падение тока коллектора до нуля. **Правильный ответ: 2-4-3-1**

Укажите правильную последовательность шагов обмена данными по протоколу SPI (режим CPOL=0, CPHA=0):

1. Ведущее устройство переводит линию CLK из 0 в 1 (фронт);
2. Данные защелкиваются входным регистром ведомого устройства;
3. Ведущее устройство выставляет бит данных на линии MOSI;
4. Ведущее устройство возвращает CLK в 0 (спад). **Правильный ответ: 3-1-2-4**

Укажите правильную последовательность процессов при аппаратном захвате периода импульса энкодера (Input Capture):

1. Сохранение значения регистра CNT в регистр CCRx;
2. Генерация события обновления (Update Event) или прерывания;
3. Переключение фронта сигнала на входе Tix;

4. Обнуление регистра таймера CNT для следующего измерения. **Правильный ответ: 3-1-2-4**

4. На установление соответствия (4 вопроса)

Установите соответствие между типом периферии МК и её назначением в мехатронной системе:

A) TIM (PWM)	1) Захват мгновенного значения напряжения с датчика нагрузки
Б) ADC	2) Формирование сигналов управления затворами силовых ключей
В) USART/CAN	3) Прием команд от главного компьютера и передача телеметрии

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

Установите соответствие между семейством STM32 и его ключевой особенностью:

A) F0/L0	1) Высочайшая производительность (до 480 МГц) и объем ОЗУ для ИИ
Б) G4/H7	2) Бюджетное решение со сверхнизким потреблением для батарейных устройств
В) H7 (Dual Core)	3) Наличие двух ядер асинхронной работы для изоляции задач безопасности

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

Установите соответствие между методом защиты силового каскада и физическим принципом:

A) DESAT	1) Измерение падения напряжения на открытом ключе для детекции КЗ
Б) OCP (Шунт)	2) Использование предохранителя или электронного ограничения тока
В) Тепловая защита	3) Остановка ШИМ при перегреве радиатора NTC-термистором

Правильный ответ: А – 1, Б – 2, В – 3

Установите соответствие между стандартом проводного интерфейса и максимальной скоростью в контексте робототехники:

A) UART	1) До 10–40 Мбит/с (высокоскоростной обмен с памятью QSPI)
Б) CAN-FD	2) Обычно до 1–5 Мбит/с (консоль, низкоскоростные датчики)
В) QSPI	3) До 8–12 Мбит/с (промышленная сеть распределенного управления)

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1

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

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Специальный участок оперативной памяти, доступ к которому осуществляется за один такт процессора без задержек шины, предназначенный для критического кода ISR, называется _____. **Правильный ответ: itcm (или tcm ram)**

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Аппаратный механизм синхронизации частоты переключения DC/DC-конвертера с частотой ШИМ привода для снижения пульсаций на АЦП называется _____. **Правильный ответ: синхронный выпрямитель (или clk sync)**

6. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ) (2 вопроса)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию «аппаратный ускоритель cordic» — это ... **Правильный ответ:** вычислительный блок микроконтроллера, позволяющий рассчитывать тригонометрические функции, гиперболические функции и квадратные корни исключительно сдвиговыми операциями и сложением за фиксированное число тактов без использования ресурсоемких библиотек с плавающей точкой.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: опишите назначение и физический принцип работы схемы «бутстреп» (bootstrap circuit) в драйвере верхнего плеча полумоста. **Правильный ответ:** схема предназначена для питания плавающего потенциала управления затвором верхнего мосфета/игбт относительно его истока. принцип основан на зарядке бутстрепного конденсатора через диод от низковольтной земли в момент открытия нижнего ключа; когда верхний ключ открывается, этот заряд используется внутренним повышающим преобразователем драйвера для формирования напряжения +15в выше истока.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Акимова, Е. В. Электроника, электронные устройства и микропроцессорные системы : учеб. пособие. — М. : Лань, 2024. — 216 с. — ISBN 978-5-507-47524-7.
2. Игнатъев, А. А. Мехатронные системы: структура и применение : учеб. пособие / А. А. Игнатъев [и др.]. — Саратов : СГТУ, 2024. — 176 с. — ISBN 978-5-7433-3591-6.

7.2. Дополнительная литература

3. Иванов, В. К. Управление, моделирование и датчики мехатронных систем : учеб. пособие. — М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 212 с. — ISBN 978-5-9729-2590-2.
4. Сажнев, А. М. Микропроцессорные системы, цифровые устройства и микропроцессоры : учеб. пособие для СПО. — 3-е изд. — М. : Юрайт, 2024. — 141 с. — ISBN 978-5-534-18601-7.
5. Кангин, В. В. Контроллеры Arduino в мобильных роботах и дронах : учеб. пособие / В. В. Кангин, Е. М. Кангин. — М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 324 с. — ISBN 978-5-9729-2451-6.

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
- Компьютер для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся
- Симулятор БПЛА «AgroTechSim»

на 10 рабочих мест

- Симулятор БПЛА «DJI Simulator» на 20 рабочих мест

- Симулятор «FlightGear»

на 20 рабочих мест

- Симулятор «AirSim» на 20 рабочих мест

- Пульт дистанционного управления «RadioMaster TX12 MK2 ELRS» – 10 шт.

- Пульт дистанционного управления «DJI MR1SD25» – 10 шт.

- Пульт дистанционного управления «FLYSKY SM001» - 2 шт.

- Пульт дистанционного управления «BETAFPV» - 13 шт.

- Пульт дистанционного управления «DJI RC-N1 от DJI MAVIC MINI 2» - 1 шт.

- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 2 от DJI AVATA» - 1 шт.

- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC

3 от DJI NEO» - 1 шт.

- Пульт дистанционного управления «DJI RC1B от DJI MAVIC 2 PRO» - 1 шт.

- Пульт дистанционного управления «DJI GL300L от DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL» -

1 шт.

- VR FPV шлем «LS008D 5,8G» – 5 шт.

- VR FPV шлем «DMKR 008D PRO 5,8G» – 5 шт.

- Очки VR FPV DJI Googles N3 - 1 шт.

- Очки VR FPV DJI Googles 2 - 1 шт.

- Шлем VR BETA FPV - 10 шт.

- Видеоадаптер HDMI to AV, HDMI кабель (для подключения очков к симулятору) – 10 шт.

- Квадрокоптер DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт

- Квадрокоптер DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

- Квадрокоптер DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

- БПЛА смешанного типа «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.

- БПЛА смешанного типа «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.

- БПЛА самолетного типа «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.

- БПЛА самолетного типа «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.

- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.

- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.

- Учебный Квадрокоптер ручного управления Happy Model Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.

- Учебный Квадрокоптер BETAFPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного

типа) – 3 шт.

- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного

типа) – 3 шт.:

1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»

2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»

3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»

4. FPV камера «Caddx Ratel 2»

5. Радиоприемник «Bauck ELRS 2.4»

6. Складной пропеллер «DALPROP 7inch»

7. Комплект электромоторов (4шт.) «iFlight XING 2806.5 1800KV»

- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 2 шт.:

1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»;

2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»;

3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»;

4. FPV камера «Caddx Ratel 2»;

5. Радиоприемник «Bauck ELRS 2.4»;

6. Комплект Складных пропеллеров (4шт.) «DALPROP 7inch»;

7. Комплект электромоторов (4шт.) «Brotherhobby 2806.5 1920KV»

- Комплект средств и инструментов для технического обслуживания БАС - (10 шт.):

1. Термостойкий коврик для пайки и ремонта электроники

2. Паяльный набор инструментов (паяльник, набор наконечников, губка для чистки жала, проволока для пайки, пинцет, нож для снятия изоляции, припой, экстрактор припоя, подставка под паяльник, гель флюс, мультиметр, средство сухой очистки жала, средство влажной очистки жала, кусачки)

3. Набор инструментов для ремонта электроники (набор лопаток 8 шт., нож, набор магнитных отверток 8 шт., пинцет, присоска, медиатор 5 шт.)

4. Лампа настольная

5. Вентилятор настольный

6. Очки защитные

-Комплект запасных частей для - DJI PHANTOM

4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт

-Комплект запасных частей для DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.

-Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.

-Комплект запасных частей для управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа)

– 8 шт.

-Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

-Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа)

– 10 шт.

-Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.

- Комплект запасных частей для самосборного FPV 7-дюймового квадрокоптера – 5 шт.

- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) –

1 шт.

- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.

- Комплект запасных частей для «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.

- Программное обеспечение для обработки полётной информации):

1. DJI FLY на 20 рабочих мест

2. DJI GO4 на 20 рабочих мест

3. DJI PILOT на 20 рабочих мест
4. DJI GS PRO на 20 рабочих мест
5. DJI TERRA на 20 рабочих мест
6. DJI LIGHTCUT

на 20 рабочих мест

- IMAGE COMPOSITE EDITOR на 20 рабочих мест
- WEB OPEN DRONE MAP на 20 рабочих мест
- ARDUPILOT MISSION PLANNER на 20 рабочих мест
- PIX4D CAPTURE на 20 рабочих мест
- PIX4DMATIC на 20 рабочих мест
- INAV на 20 рабочих мест
- BETAFLIGHT на 20 рабочих мест
- АВИАТОР+ на 20 рабочих мест
- СППИ на 20 рабочих мест
- НЕБОСВОД на 20 рабочих мест

- Набор круглых подвесных колец (ворот) (50см) «LDARC» для тренировок и соревнований на FPV квадрокоптерах - 10 шт.

- Аккумулятор GNB 1S LiPo 380 Mah - 30 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 850 Mah - 5 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 650 Mah - 2 шт.
- Аккумулятор Lipo 6S 6500Mah 60C XT60 «Youme» - 5 шт.
- Аккумулятор BETA FPV 1S LiPo 450 Mah - 12 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiHv 660 Mah - 10 шт.
- Зарядное устройство (67W, Type C - 2 выхода, USB-A- 2 выхода) - 10 шт.
- Зарядное устройство для 1S LiPo «ViFLY WHOOPSTAR v3» - 5 шт.
- Зарядное устройство для 2S-6S литиевых аккумуляторов «HTRC C240» - 1 шт.
- Полезная нагрузка (система сброса) для DJI MAVIC 2 PRO -1 шт.
- Смартфон SAMSUNG GALAXY A7 - 1 шт.
- Планшет IPAD MINI 7 - 1 шт.
- Монитор FPV MONITOR 5.8G - 1 шт.
- Взлётно-посадочная площадка – 2шт.

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 «**Электронные и микропроцессорные устройства мехатронных систем**» 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

**Электронные и микропроцессорные устройства
мехатронных систем**

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Николаев Юрий Николаевич

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)