

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Кафедра автомобильного транспорта, строительных и
дорожных машин (103)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №1 от 09 февраля 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ КТС»

Направление: 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Техническая эксплуатация автомобилей

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Кривцова Татьяна Игоревна Дата подписания: 28.04.2026

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил и согласовал: Кривцов Сергей Николаевич Дата подписания: 28.04.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Основы программирования мехатронных систем КТС» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК-5 Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов	ОПК-5.3
ПК-2 Способность разрабатывать физические и математические (в том числе компьютерные) модели явлений и объектов применительно к колесным транспортным средствам с применением современных технологий	ПК-2.4

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК-5.3	Умеет программировать и настраивать датчики и исполнительные механизмы мехатронных систем	<p>Знать архитектуру и принципы работы современных микроконтроллеров, применяемых в мехатронике; типы интерфейсов связи с датчиками и исполнительными механизмами; методы преобразования сигналов (АЦП/ЦАП) и протоколы обмена данными; синтаксис и библиотеки языков программирования для управления периферией.</p> <p>Уметь разрабатывать алгоритмы управления мехатронной системой в соответствии с техническим заданием; конфигурировать порты ввода-вывода и настраивать параметры опроса датчиков; реализовывать программные алгоритмы фильтрации сигналов и управления приводами ; проводить отладку кода и калибровку датчиков в составе системы</p> <p>Владеть навыками работы в средах разработки ПО для мехатронных</p>

		<p>систем Arduino IDE; методиками поиска и устранения ошибок в связке «программа– аппаратная часть»; приемами программирования логических условий для обеспечения безопасной работы механизмов</p>
ПК-2.4	<p>Производит настройку и отладку программ управления мехатронными системами</p>	<p>Знать методы и средства отладки программного обеспечения (точки останова, трассировка, мониторинг переменных); способы идентификации и классификации ошибок (синтаксические, логические, аппаратные конфликты); параметры настройки регуляторов и алгоритмов управления (например, коэффициенты ПИД-регулятора); стандарты и протоколы тестирования работоспособности мехатронных модулей. Уметь использовать программно-аппаратные средства отладки (внутрисхемные эмуляторы, логические анализаторы, осциллографы); анализировать логику работы программы в реальном времени и выявлять причины некорректного поведения механизмов; производить «тонкую» настройку параметров управления для достижения требуемой точности и быстродействия системы; тестировать систему в критических и граничных режимах работы. Владеть навыками работы с инструментами мониторинга последовательных портов и отладочными консолями; методиками экспериментальной настройки (юстировки) мехатронных систем; опытом документирования процесса отладки и ведения журналов ошибок</p>

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Основы программирования мехатронных систем КТС» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Иностранный язык для магистрантов», «Прикладное программирование»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Компьютерные технологии в науке и производстве», «Беспилотные транспортные средства»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 2 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	72	72
Аудиторные занятия, в том числе:	24	24
лекции	12	12
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	12	12
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	48	48
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Основы устройства и функционирования микроконтроллеров	1	2			1, 6	4	1, 2	18	Устный опрос
2	Работа с цифровыми входами-выходами	2	2			2	2	3	6	Устный опрос
3	Опрос аналоговых датчиков	3	2			3	2	3	6	Устный опрос
4	Управление исполнительными механизмами с помощью микроконтроллер	4	2			4	2	3	6	Устный опрос

	ов									
5	Взаимодействие с устройствами вывода информации	5	2			5	2	3	6	Устный опрос
6	Сопряжение микроконтроллеров с датчиками расстояния, акселерометрами и GPS/ГЛОНАСС	6	2					3	6	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		12				12		48	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Основы устройства и функционирования микроконтроллеров	Устройство микроконтроллера Интерфейсы программирования Цикловые и аналоговые входы-выходы Переменные, операторы и базовая структура программы
2	Работа с цифровыми входами-выходами	Широтно-импульсная модуляция Работа с тактовыми кнопками, устранение дребезга Считывание данных с цифровых контактов
3	Опрос аналоговых датчиков	Понятие об аналоговых и цифровых сигналах и их сравнение. Преобразование аналогового сигнала в цифровой. Делители напряжения и аналоговые датчики. Управление аналоговыми выходами
4	Управление исполнительными механизмами с помощью микроконтроллеров	Соленоиды, электродвигатели, сервоприводы Силовые транзисторы и их подключение Управление электродвигателями Управление сервоприводами
5	Взаимодействие с устройствами вывода информации	Семисегментные индикаторы и жидкокристаллические дисплеи Настройка дисплеев и вывод текста Создание символов и анимации
6	Сопряжение микроконтроллеров с датчиками расстояния, акселерометрами и GPS/ГЛОНАСС	Ультразвуковые датчики и лидары Цифровые и аналоговые акселерометры Протокол NMEA Подключение GPS-приемника к микроконтроллеру

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	изучение программы Arduino IDE	2
2	Подключение светодиодов и тактовых кнопок	2
3	Считывание данных с аналоговых датчиков	2
4	Управление электродвигателями, соленоидами и сервоприводами	2
5	Подключение LCD дисплея	2
6	Измерение расстояний до объектов с помощью дальномеров	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	6
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	12
3	Решение специальных задач	30

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Компьютерные симуляции

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Этап декомпозиции: Перед написанием кода студент должен составить блок-схему алгоритма.

Этап моделирования: Рекомендуется предварительная проверка схемы и кода в симуляторах (например, Wokwi или Proteus), прежде чем подключать реальные компоненты.

Этап сборки: Внимание к общим цепям питания («земля» / GND должна быть общей для всех модулей).

Этап отладки: Обязательное использование монитора порта (Serial Monitor) для вывода промежуточных значений переменных.

Требования к оформлению отчета

Отчет по каждому занятию должен включать:

Схему подключения: (Принципиальная или монтажная).

Листинг программы: С обязательными комментариями к ключевым строкам кода.

Описание процесса отладки: Какие ошибки возникли и как они были устранены.

Результаты: Фото/видео работы системы или скриншоты монитора порта с данными.

Контрольные вопросы для самопроверки

В чем разница между цифровым и аналоговым сигналом в данной мехатронной системе?

Почему при управлении мощными моторами нельзя запитывать их напрямую от пинов контроллера?

Как программно реализовать фильтрацию шума от ультразвукового датчика расстояния?

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

1. Требования к содержанию реферата

Реферат по программированию мехатронных систем должен содержать:

Технический обзор: Описание аппаратной части (контроллеры, датчики, приводы).

Алгоритмическую часть: Описание логики управления (блок-схемы, диаграммы состояний).

Программную реализацию: Примеры ключевых функций или библиотек.

Анализ эффективности: Почему выбран именно этот метод программирования для данной задачи.

2. Примерный перечень тем рефератов

Блок 1: Алгоритмы и методы управления

Применение конечных автоматов (State Machines) при программировании логики мехатронных захватов.

Сравнительный анализ методов программной фильтрации сигналов с аналоговых датчиков.

Реализация ПИД-регулирования в микроконтроллерах для систем точного позиционирования.

Алгоритмы обхода препятствий для мобильных роботов: от простого реактивного поведения к картам среды.

Блок 2: Интерфейсы и протоколы

Особенности программирования обмена данными по шине I2C в системах с множеством датчиков.

Использование протокола SPI для высокоскоростного опроса сенсоров в мехатронике.

Беспроводные протоколы (Bluetooth/Wi-Fi/LoRa) в управлении распределенными мехатронными системами.

Блок 3: Специализированные технологии

Программирование шаговых двигателей: режимы микрошага и алгоритмы плавного разгона/торможения.

Использование операционных систем реального времени (RTOS) в сложных мехатронных комплексах.

Обработка прерываний как метод обеспечения безопасности в программировании станков с ЧПУ.

Применение нейросетевых алгоритмов на базе микроконтроллеров (TinyML) для распознавания образов в мехатронике.

3. Методические указания по оформлению

Объем: 15–20 страниц.

Визуализация: Обязательное наличие схем подключения компонентов и скриншотов фрагментов кода (листингов) с комментариями.

Источники: Минимум 5–7 источников, включая актуальные DataSheets производителей (ST, Atmel, Bosch) и документацию к библиотекам.

4. Критерии оценивания реферата

«Отлично»: Тема раскрыта глубоко, приведен авторский программный код или детальный разбор сложного алгоритма, сделаны обоснованные выводы.

«Хорошо»: Материал изложен системно, но отсутствуют примеры практической реализации или детальные блок-схемы.

«Удовлетворительно»: Работа носит чисто описательный характер (реферат-обзор), программная часть затронута поверхностно.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

Процедура устного опроса по дисциплине «Основы программирования мехатронных систем» направлена на проверку понимания логики работы программного кода и его взаимодействия с аппаратными компонентами (датчиками и приводами)

Критерии оценивания.

Отлично Свободное владение синтаксисом языка. Понимание физического смысла команд. Умение быстро перестроить алгоритм под изменившуюся задачу (например: «как изменить код, если датчик станет аналоговым?»).

Хорошо Студент понимает логику работы программы, правильно описывает функции библиотек. Допускает незначительные ошибки в синтаксисе или не сразу может объяснить работу сложных протоколов связи.

Удовл. Знание базовых команд. Понимание общих принципов (загрузка прошивки, чтение сигнала). Затруднения вызывают вопросы о прерываниях, таймерах и оптимизации кода.

Неуд. Непонимание структуры программы. Неспособность отличить цифровой сигнал от аналогового на уровне кода. Отсутствие навыков отладки.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК-5.3	<p>Пороговый Студент понимает схему подключения, может написать простейший код (например, чтение цифрового сигнала или включение реле по условию). Ошибается в настройке сложных интерфейсов, требует помощи при отладке.</p> <p>Продвинутый Самостоятельно программирует типовые датчики (аналоговые и цифровые) и приводы (сервомашинки, шаговые двигатели). Умеет использовать стандартные библиотеки. Код структурирован, датчики откалиброваны с минимальной погрешностью.</p> <p>Высокий Пишет оптимальный код без избыточности. Умеет реализовывать сложные алгоритмы (например, плавное ускорение привода, обработку прерываний, фильтрацию шумов датчиков). Способен диагностировать</p>	ФОС по дисциплине "Основы программирования мехатронных систем КТС"

	аппаратные проблемы через программный мониторинг.	
ПК-2.4	<p>Пороговый Умеет обнаруживать явные ошибки в коде, приводящие к остановке системы. Может загрузить прошивку и проверить базовые функции. Затрудняется в поиске «плавающих» ошибок и логических несоответствий.</p> <p>Продвинутый Самостоятельно проводит пошаговую отладку. Умеет настраивать параметры управления (скорость, ускорение, пороги срабатывания) для стабильной работы. Знает, как использовать отладочный вывод (Serial Monitor) для диагностики.</p> <p>Высокий Профессионально использует средства диагностики для поиска скрытых конфликтов таймеров или памяти. Умеет оптимизировать код для повышения быстродействия. Настройка системы обеспечивает максимальную точность позиционирования или стабильность процесса</p>	<p>ФОС по дисциплине Основы программирования мехатронных систем КТС</p>

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Процедура проведения зачета по дисциплине «Основы программирования мехатронных систем» носит комплексно-проверочный характер: оценивается не только знание теории, но и умение работать с кодом и оборудованием в реальном времени.

Описание процедуры зачета

1. Условия допуска

К зачету допускаются студенты, выполнившие и защитившие в течение семестра все лабораторные и практические работы, предусмотренные учебным планом.

2. Формат проведения

Зачет может проводиться в одной из двух форм (на усмотрение кафедры):

Традиционная: Ответ по билетам (теоретический вопрос + задача по программированию).

Практико-ориентированная: Выполнение контрольного задания на компьютере с последующей загрузкой кода в микроконтроллер или симулятор.

3. Регламент

Выдача задания: Студент получает билет или техническое задание (ТЗ) на разработку фрагмента программы.

Подготовка (30–45 минут):

Составление алгоритма (блок-схемы).

Написание программного кода в среде разработки (IDE).
Отладка и проверка работоспособности.
Защита (5–10 минут):
Демонстрация работы алгоритма (на макете или в симуляторе).
Пояснение ключевых функций и структур кода.
Ответы на дополнительные вопросы по смежным темам (датчики, интерфейсы, исполнительные механизмы).

Пример задания:

Типовое задание на зачет (пример):

«Разработать программу для системы управления автоматическими воротами: при получении сигнала с ИК-датчика (цифровой вход) сервопривод должен повернуться на 90 градусов. Если в течение 5 секунд датчик не видит препятствия, ворота закрываются. Предусмотреть вывод текущего состояния системы в монитор порта».

Перечень заданий

1. Архитектура мехатронной системы: роль микроконтроллера, датчиков и исполнительных механизмов.
2. Структура типичного микроконтроллера (ядро, память, периферия).
3. Организация памяти: разница между Flash (ПЗУ), SRAM (ОЗУ) и EEPROM.
4. Порты ввода-вывода общего назначения (GPIO): режимы работы (INPUT, OUTPUT, INPUT_PULLUP).
5. Понятие «дребезга контактов» и способы его устранения (программный и аппаратный).
6. Использование внешних и внутренних прерываний (Interrupts) в мехатронике.
7. Основные этапы разработки ПО: от написания кода до прошивки в контроллер.
8. Структура программы (Setup и Loop). Глобальные и локальные переменные.
9. Работа с типами данных: выбор оптимального типа для экономии памяти (int, byte, float, long).
10. Реализация задержек: сравнение функции delay() и метода управления временем через millis().
11. Логические операции и операторы условий в задачах управления механизмами.
12. Использование массивов и структур для хранения параметров группы датчиков.
13. Программирование дискретных (цифровых) датчиков: алгоритмы опроса.
14. Аналого-цифровое преобразование (АЦП): разрядность, опорное напряжение и масштабирование значений.
15. Методы программной фильтрации данных: «скользящее среднее» и устранение пиковых помех.
16. Программирование датчиков температуры и влажности (на примере протокола DHT или OneWire).
17. Использование ультразвуковых и лазерных дальномеров: расчет дистанции по времени отклика.
18. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ / PWM): принцип работы и применение для регулировки мощности.
19. Алгоритмы управления двигателями постоянного тока через драйвер (H-мост).
20. Особенности программирования сервоприводов: управление углом поворота.
21. Программирование шаговых двигателей: управление фазами, режимы микрошага.
22. Основы ПИД-регулирования: программная реализация пропорциональной и интегральной составляющих.
23. Последовательный интерфейс UART: настройка скорости, передача данных в ПК

(Serial Monitor).

24. Протокол I2C: адресация устройств, мастер-ведомый, подключение дисплеев и сенсоров.
25. Протокол SPI: основные линии связи, преимущества и недостатки по сравнению с I2C.
26. Программная реализация обмена данными между двумя микроконтроллерами.
27. Основные виды ошибок в ПО мехатронных систем: синтаксические, логические и ошибки времени выполнения.
28. Методы отладки через монитор последовательного порта.
29. Инструменты симуляции мехатронных систем (Proteus, Wokwi) как этап отладки кода.
30. Понятие «сторожевого таймера» (Watchdog) и его роль в надежности мехатронных систем.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Студент продемонстрировал работоспособный код. Понимает логику программы, может объяснить назначение используемых библиотек и функций. Знает базовые протоколы связи и способы настройки периферии микроконтроллера.	Код содержит критические ошибки (не компилируется). Студент не может объяснить принцип работы написанного алгоритма. Полное отсутствие знаний о способах подключения и программирования датчиков/приводов.

7 Основная учебная литература

1. Аксенова Е. А. Принципы подключения к контроллеру Arduino UNO R3 датчиков, индикаторов, исполнительных механизмов и устройств : учебное пособие для вузов / Е. А. Аксенова, В. В. Бурков, А. В. Васильков, 2025. - 84.
2. Кангин В. В. Контроллеры Arduino в мобильных роботах и дронах : учебное пособие / В. В. Кангин, Е. М. Кангин, 2025. - 324.
3. Юфкин Е. А. Основы микропроцессорной техники для школьников и студентов. Шагающие роботы на базе Arduino : учебное пособие / Юфкин Е. А., 2024. - 116.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Блум Д. Изучаем ARDUINO : инструменты и методы технического волшебства : [пер. с англ.] / Джереми Блум, 2015. - 336.
2. Иго Т. Arduino, датчики и сети для связи устройств : обучение на практике: 33 проекта соединения гаджетов между собой и с внешней средой / Том Иго, 2015. - 543.
3. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. А. Петин, 2016. - 461.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.