

ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.А. БУНИНА



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01.13 Основы проектирования систем на сигнальных процессорах и ПЛИС

Направление подготовки: 11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль): Интеллектуальные радиотехнические системы

Квалификация (степень): *бакалавр*

Форма обучения: *очная, очно-заочная*

Институт: математики, естествознания и техники

Кафедра: физики, радиотехники и электроники

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	4	3,4	-
Семестр/триместр	7,8	А, В, С	-
Лекции	64	20	-
Лабораторные занятия	42	20	-
Практические (семинарские) занятия	22	-	-
Консультации	-	-	-
в т.ч. практическая подготовка	8	6	-
Форма промежуточной аттестации	Зачет Экзамен-0,3	Зачет Экзамен-0,3	-
Контроль	9	9	-
Иные формы работы	-	-	-
Самостоятельная работа	186,7	274,7	-

Всего часов: 324

Трудоемкость: 9 зачетных единиц

Разработчик рабочей программы: ст. преподаватель _____ Арнаутов Е.А.

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель изучения дисциплины: освоение принципов работы и основ проектирования устройств на основе современных цифровых сигнальных процессоров (ЦСП) и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

Задачи изучения дисциплины:

- освоить теорию и практику проектирования устройств цифровой радиосвязи на основе современных программируемых интегральных схем и цифровых сигнальных процессоров;
- изучить теоретические аспекты автоматизированного проектирования, освоить проектирование цифровых устройств на базе ПЛИС;
- освоить язык описания дискретных устройств VHDL.
- изучить архитектуру цифровых сигнальных микропроцессоров и процессоров цифровой обработки сигналов, освоить проектирование цифровых устройств на базе процессоров цифровой обработки сигналов.

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Б1.В.01.13 Основы проектирования систем на сигнальных процессорах и ПЛИС» реализуется в рамках Модуля 5 "Интеллектуальные радиотехнические системы" части ОПОП, формируемой участниками образовательных отношений.

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-9 Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	Знать: – понятийный аппарат экономической науки и базовые принципы функционирования экономики; – цели и механизмы основных видов социальной экономической политики.;	Знает: - необходимые для осуществления профессиональной деятельности правовые нормы; - методы планирования собственной деятельности с учетом ограниченности ресурсов .
	Уметь: – использовать методы экономического и финансового планирования для достижения поставленной цели; – использовать финансовые инструменты для управления личными финансами (личным бюджетом).	Умеет: - определять и ранжировать задачи избранных видов деятельности; - проводить анализ и распределение имеющихся ресурсов в рамках допустимых законодательством средств и методов.
	Владеть: – навыками применения экономических инструментов для управления финансами, с учетом экономических и финансовых рисков в различных областях жизнедеятельности	Владеет: - методами планирования и управления процессом решения задач профессиональной деятельности; - способами применения нормативной базы для решения конкретных задач профессиональной деятельности.
ПКС-1	Знать:	Знает:

Способен к техническому обслуживанию, настройке и эксплуатации систем радиосвязи, настройке программных средств, используемых при техническом обслуживании и эксплуатации систем радиосвязи	<ul style="list-style-type: none"> - основы теории функционирования систем радиосвязи; - характеристики, принцип действия, конструкцию сложных функциональных узлов систем радиосвязи; - теорию и практику эксплуатации систем радиосвязи. 	<ul style="list-style-type: none"> - элементную базу современных цифровых радиотехнических систем передачи информации; - цифровую схемотехнику, применяемую в радиотехнических устройствах; - принципы построения и применения в радиотехнических устройствах цифровых сигнальных процессоров и ПЛИС; - принципы построения микропроцессоров, микроконтроллеров и ПЛИС, особенности реализации устройств управления на их основе.
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - монтировать и настраивать составные части систем радиосвязи; - осуществлять выбор программных средств используемых при техническом обслуживании и эксплуатации систем радиосвязи; - проводить мониторинг технического состояния систем радиосвязи по основным показателям. 	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подбирать необходимое оборудование для проведения измерений, настроек и калибровки различных видов цифровой техники; - производить необходимые измерения и настройки РЭА; - осуществлять монтаж, сборку и наладку радиотехнических комплексов и устройств. - проектировать простые устройства на ЦСП и ПЛИС.
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками регулировки и мониторинга технического состояния систем радиосвязи; - навыками настройки программных средств, используемых при техническом обслуживании и эксплуатации систем радиосвязи; - навыками использования контрольно-измерительного оборудования для диагностики состояния систем радиосвязи. 	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с измерительным оборудованием; - навыками работы с виртуальными приборами, программным обеспечением для них; - навыками программирования микроконтроллеров, реализации с их применением устройств управления РЭА.
ПКС-2 Способен проводить диагностику, оценку технического состояния и текущий ремонт интеллектуальных радиотехнических	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принципы работы, устройство, технические возможности контрольно-измерительного и диагностического оборудования; - методы и средства контроля технического состояния радиотехнических систем. 	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы диагностики и тестового контроля радиоэлектронных устройств и систем, сетей передачи данных, методами анализа их характеристик; - особенности практического использования и конфигурирования программируемых цифровых устройств, язык описания цифровых устройств VHDL

их систем	Уметь: - использовать контрольно-измерительное оборудование для контроля работоспособности радиотехнических систем; - осуществлять поверку технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт; - диагностировать и оценивать техническое состояние радиоэлектронных комплексов; - устранять неисправности, приводящие к возникновению неработоспособного состояния интеллектуальных радиотехнических систем.	Умеет: - проводить проектные расчеты и технико-экономическое обоснование принимаемых решений. - разрабатывать модели объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.
	Владеть: - навыками устранения неисправностей, возникших в процессе эксплуатации радиоэлектронных комплексов, - навыками проверки функционирования интеллектуальных радиотехнических систем после проведения ремонтных работ.	Владеет: - методами анализа и синтеза цифровых устройств на базе сигнальных микропроцессоров и микросхем программируемой логики; способами учета структурных, топологических и временных ограничений при реализации заданного цифрового устройства; методами моделирования работы синтезированных цифровых устройств с помощью симулятора временных диаграмм.

II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
7 семестр						
	Раздел I. Архитектура основных типов ПЛИС	50	10	10	0	30
1	Тема 1. Введение в программируемую логику	8	2			6
2	Тема 2. Классификация микросхем программируемой логики	8	2			6
3	Тема 3. Простые	10	2	2		6

	программируемые логические устройства (SPLD)					
4	Тема 4. Сложные программируемые логические устройства (CPLD)	12	2	4		6
5	Тема 5. Программируемые пользователем вентильные матрицы (FPGA)	12	2	4		6
	Раздел II. Проектирование цифровых устройств на базе ПЛИС	38	6	10	0	22
6	Тема 6. Средства автоматизированного проектирования цифровых устройств на ПЛИС	14	2	4		8
7	Тема 7. Программирование и конфигурирование ПЛИС.	12	2	4		6
8	Тема 8. Отладка проекта.	12	2	2		8
	Раздел III. Проектирование встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС	20	4	0	0	16
9	Тема 9. Архитектура встраиваемых микропроцессорных систем на ПЛИС	10	2			8
10	Тема 10. Программная поддержка процесса проектирования встраиваемых микропроцессорных систем	10	2			8
	Контроль:					
	Консультации					
	Форма отчетности: зачет					
	Итого за 7 семестр	108	20	20	0	68
	в т.ч. практическая подготовка	2				
8 семестр						
	Раздел V. Процессоры для цифровой обработки сигналов. Преобразование сигналов	72,7	16	8	8	40,7
11	Тема 11. Область применения сигнальных микропроцессоров	17	4	2	2	9
12	Тема 12. Цифро-аналоговое преобразование сигналов	19,7	4	2	2	11,7

13	Тема 13. Аналого-цифровое преобразование сигналов	20	4	2	2	12
14	Тема 14. Аудио-Кодеки	16	4	2	2	8
	Раздел VI. Архитектура цифровых сигнальных микропроцессоров	134	28	14	14	78
15	Тема 15. Классификация и характеристики сигнальных микропроцессоров	20	4	2	2	12
16	Тема 16. Базовая архитектура сигнальных микропроцессоров	16	4	2	2	8
17	Тема 17. Архитектура цифровых сигнальных контроллеров dsPIC	20	4	2	2	12
18	Тема 18. Система команд dsPIC	20	4	2	2	12
19	Тема 19. Программные и аппаратные средства отладки проектов для dsPIC	20	4	2	2	12
20	Тема 20. Создание проектов для dsPIC	20	4	2	2	12
21	Тема 21. Программирование сигнальных микропроцессоров и их применение в ЦОС	18	4	2	2	10
	Контроль:	9				
	Консультации					
	Форма отчетности: экзамен	0,3				
	Итого за 8 семестр	216	44	22	22	118,7
	в т.ч. практическая подготовка	2				
	ИТОГО:	324	64	42	22	186,7

Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
А семестр						
	Раздел I. Архитектура основных типов ПЛИС	41	3	2	0	36
1	Тема 1. Введение в программируемую логику	6,5	0,5			6
2	Тема 2. Классификация микросхем программируемой логики	6,5	0,5			6
3	Тема 3. Простые программируемые	9,5	0,5	1		8

	логические устройства (SPLD)					
4	Тема 4. Сложные программируемые логические устройства (CPLD)	9,5	0,5	1		8
5	Тема 5. Программируемые пользователем вентильные матрицы (FPGA)	9	1			8
	Раздел II. Проектирование цифровых устройств на базе ПЛИС	31	3	4	0	24
6	Тема 6. Средства автоматизированного проектирования цифровых устройств на ПЛИС	10	1	1		8
7	Тема 7. Программирование и конфигурирование ПЛИС.	10	1	1		8
8	Тема 8. Отладка проекта.	11	1	2		8
	Контроль:					
	Консультации					
	Форма отчетности:					
	Итого за А семестр	72	6	6	0	60
	В семестр					
	Раздел III. Проектирование встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС	108	6	6	0	96
9	Тема 9. Архитектура встраиваемых микропроцессорных систем на ПЛИС	56	4	4		48
10	Тема 10. Программная поддержка процесса проектирования встраиваемых микропроцессорных систем	52	2	2		48
	Контроль:					
	Консультации					
	Форма отчетности: зачет					
	Итого за Всеместр	108	6	6	0	96
	в т.ч. практическая подготовка					
	С семестр					
	Раздел V. Процессоры для цифровой обработки сигналов. Преобразование сигналов	22,5	3,5	2	0	38,7
11	Тема 11. Область	8,5	0,5			8

	применения сигнальных микропроцессоров					
12	Тема 12. Цифро-аналоговое преобразование сигналов	0,5	1	1		8,7
13	Тема 13. Аналого-цифровое преобразование сигналов	0,5	1	1		10
14	Тема 14. Аудио-Кодеки	13	1			12
	Раздел VI. Архитектура цифровых сигнальных микропроцессоров	99,5	4,5	6	0	80
15	Тема 15. Классификация и характеристики сигнальных микропроцессоров	12,5	0,5		0	12
16	Тема 16. Базовая архитектура сигнальных микропроцессоров	8,5	0,5			8
17	Тема 17. Архитектура цифровых сигнальных контроллеров dsPIC	10,5	0,5			10
18	Тема 18. Система команд dsPIC	12,5	0,5			12
19	Тема 19. Программные и аппаратные средства отладки проектов для dsPIC	16,5	0,5	2		14
20	Тема 20. Создание проектов для dsPIC	15	1	2		12
21	Тема 21. Программирование сигнальных микропроцессоров и их применение в ЦОС	15	1	2		12
	Контроль:	9				
	Консультации					
	Форма отчетности: экзамен	0,3				
	Итого за 8 семестр	145	8	8	0	118,7
	в т.ч. практическая подготовка					
	ИТОГО:	324	20	20		274,7

Заочная форма обучения не реализуется

III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Текущая аттестация проводится в форме выполнения контрольных заданий.

Типовой вариант контрольного задания

1. Синтез генератора сигналов на ПЛИС
2. Ввод – вывод данных в сигнальных микропроцессорах
3. Реализация алгоритмов БПФ на базе ЦСП.
4. Реализация алгоритмов цифровой фильтрации на базе ЦСП.

Вопросы к экзамену

**(7 семестр, очная форма обучения,
триместр В, очно-заочная форма обучения)**

1. Когда появились и где применяются ЦСП?
2. Гарвардская архитектура и её достоинства.
3. Требования, предъявляемые к ЦСП.
4. Перечень, свойства и назначение шин ЦСП.
5. Основные пути достижения высокого быстродействия ЦСП.
6. Главное отличие сигнального процессора от обычного процессора.
7. Что входит в понятия “архитектура” и “интерфейс” процессора?
8. Шины ЦСП. Взаимосвязь разрядности шин и свойств процессора.
9. Состав базовой архитектуры семейства ADSP-21xx.
10. Взаимодействие узлов ЦСП и ПЗУ после сброса.
11. Операции, происходящие в схеме ЦСП за время одного цикла.
12. Периферийные устройства, расположенные на кристалле ЦСП. Их назначение.
13. Структурная схема АЛУ и её особенности.
14. Взаимодействие узлов и прохождение информации в АЛУ
15. Признаки результата операции и их использование.
16. Режимы насыщения и защёлки в АЛУ.
17. Структурная схема умножителя/накопителя и её особенности.
18. Взаимодействие узлов и прохождение информации в МАС.
19. Режимы представления результата в МАС.
20. Насыщение и округление результата в МАС.
21. Структурная схема сдвигателя и её особенности.
22. Взаимодействие узлов и прохождение информации в сдвигателе.
23. Типы сдвигов и особенности выполнения инструкций в сдвигателе.
24. Назначение и структурная схема генератора адресов данных.
25. Особенности использования и программирования линейного буфера.
26. Особенности использования и программирования кольцевого буфера.
27. Устройство обмена между шинами. Назначение и особенности использования.
28. Цель и особенности применения многофункциональных инструкций.
29. Программный упорядочиватель. Структура и основной принцип работы.

30. Механизм выполнения переходов и обращений к подпрограмме. Возврат из подпрограммы.
31. Механизм выполнения условных инструкций.
32. Механизм выполнения циклов. Пример программирования цикла DO UNTIL.
33. Свойства и применение инструкции IDLE.
34. Система прерываний в ЦСП. Источники, регистры и вектора прерываний.
35. Последовательность обработки прерывания.
36. Директивы ассемблера ЦСП. Правила оформления модуля программы.
37. Обеспечение взаимодействия модулей, входящих в программу.
38. Объявление и инициализация переменных и структур данных и обращение к ним.
39. Цель и приёмы масштабирования. Отображение аргументов периодических функций.
40. Структурная схема и принцип работы таймера ЦСП.
41. Подготовка к использованию таймера в программе.
42. Системный интерфейс ЦСП. Синхроимпульсы, сброс, выводы флагов, внешние прерывания.
43. Интерфейс с памятью. Гарвардская архитектура. Система шин ЦСП.
44. Основной режим работы процессора ADSP-2189. Контроллер BDMA.
45. Интерфейс с памятью программы. Карта памяти программы.
46. Интерфейс с памятью данных. Карта памяти данных.
47. Пространство ввода/вывода. Параллельные порты ввода/вывода.
48. Устройство, назначение узлов и выводов последовательного порта ЦСП.
49. Приём и передача информации через последовательный порт.
50. Установка параметров и подготовка к использованию последовательного порта.
51. Устройство и возможности аналогового интерфейса ЦСП.
52. Процесс разработки программного обеспечения для ЦСП и используемые при этом средства.
53. Перспективы развития и применения ЦСП.
54. Сравнительная характеристика микро-ЭВМ и микроконтроллеров.
55. Сигналы в технике связи. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Свойства и сравнительная характеристика.
56. Дискретизация сигналов. Получение, математическое описание и свойства дискретного сигнала. Связь спектров аналогового и дискретного сигналов. Выбор частоты дискретизации.
57. Структура системы цифровой обработки сигналов. Состав, назначение и работа компонентов системы. Предотвращение ошибок наложения. Структура кодека. Учёт требований обработки в реальном времени.
58. Преобразования Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Область применения.
59. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье. Пути повышения эффективности. Требования, предъявляемые БПФ к сигнальному процессору.

60. Преобразование Лапласа и z-преобразование. Роль и свойства z-преобразования.
61. Дискретные цепи. Разностное уравнение. Набор типовых элементов дискретной цепи. Алгебраическая форма разностного уравнения.
62. Передаточная функция дискретной цепи. Схема дискретной цепи. Трансверсальная и рекурсивная части цепи.
63. Цифровые фильтры. Классификация. Сравнительная характеристика КИХ и БИХ фильтров.
64. Структура цифрового фильтра. Варианты структуры цифрового фильтра. Каскадная форма ЦФ. Типовое звено ЦФ 1-го порядка. Каноническая схема звена ЦФ 2-го порядка. Критерии физической реализуемости и устойчивости ЦФ.
65. Синтез ЦФ. Подходы к расчёту ЦФ и решаемые при этом задачи. Последовательность расчёта рекурсивного фильтра методом билинейного преобразования. Проектирование КИХ-фильтра по импульсной характеристике.
66. Сравнение свойств цифровых и аналоговых фильтров.

Вопросы к экзамену

**(8 семестр, очная форма обучения,
триместр С, очно-заочная форма обучения)**

1. Сферы применения ПЛИС
2. Метод плавких перемычек
3. Метод наращиваемых перемычек
4. Устройства, программируемые фотошаблоном
5. ППЗУ
6. СППЗУ
7. ЭСППЗУ, Flash-технология
8. Статическое ОЗУ
9. ППЗУ
10. ПЛМ
11. PAL и GAL
12. Сложные ПЛУ
13. ПЛИС FPGA
14. Архитектура ПЛИС FPGA. Логические блоки на мультиплексорах и таблицах соответствия
15. Архитектура ПЛИС FPGA. Конфигурируемые логические
16. Архитектура ПЛИС FPGA. Распределенное ОЗУ и сдвиговые регистры. Встроенные блоки ОЗУ. Встроенные умножители
17. Архитектура ПЛИС FPGA. Дерево синхронизации и диспетчер синхронизации

18. Семейство MAX3000. Представители семейства. Основные ресурсы
19. Архитектура MAX3000. Архитектура макроячейки. Разделяемый логический расширитель. Параллельный логический расширитель. Элемент ввода/вывода.
20. Семейство Cyclone II. Логические элементы. Конфигурационные логические блоки.
21. Семейство Cyclone II. Межсоединения MultiTrack. Семейство Cyclone II. Глобальная тактовая сеть и PLL. Семейство Cyclone II. Встроенная блочная память. Встроенные умножители.
22. Семейство Cyclone II. Структура портов ввода/вывода. Банки ввода/вывода.
23. HDL-языки
24. Типы языка VHDL
25. Сигналы, переменные. Процессы. Операторы if, case, with. Оператор loop. Структура VHDL-описания
26. Режимы конфигурации ПЛИС семейства Cyclone II
27. Режим конфигурации AS (одно конфигурируемое устройство, несколько конфигурируемых устройств)
28. ПЛИС Actel
29. Семейства ПЛИС Altera. ПЛИС Achronix

IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Основная литература

1. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие : / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. С. Ф. Боев. – 3-е изд., испр. – Москва : Техносфера, 2012. – 1048 с. – (Мир радиоэлектроники). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233730>
2. Малюков, С. П. Схемотехническое проектирование электронных средств : учебное пособие : / С. П. Малюков, А. В. Саенко, А. В. Палий ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 94 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=598617>

4.2. Дополнительная литература

3. Васюков, В. Н. Цифровая обработка сигналов : сборник задач и упражнений : учебное пособие : / В. Н. Васюков ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический

университет, 2018. – 76 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576569>

V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	http://www.biblioclub.ru	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет

VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1	http://window.edu.ru	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	Свободный доступ
2	https://elibrary.ru	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Свободный доступ

VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Microsoft Windows 7 Professional. Академические лицензии OLP (Open License). Срок действия лицензии: бессрочно.;
- Microsoft Office Professional Plus 2007 (пакет офисных приложений). Академические лицензии OLP (Open License). Срок действия лицензии: бессрочно;
- САПР WEBPACK ISE DS.

VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории, оснащённой следующим оборудованием: источники питания НУ3005, НУ-3030, осциллографы: RIGOL DS 1102, C1-68, C1-55; генератор НЧ ГЗ-118, генератор RG-1642, генератор сигналов функциональный Г6-46, логический анализатор АКИП-9101, вольтметр универсальный В7-38, частотомер DAGATRON-8030, LCR-метр MCP BR2822; стенды IDL-600, Учебный лабораторный стенд по электронике для изучения полупроводниковых приборов LESO3, анализатор спектра, паяльные станции Lukey 852D, инфракрасная паяльная станция АСНІ IR 6000, монтажный и измерительный инструмент: мультиметры, паяльники, плоскогубцы, круглогубцы, кусачки, линейки, ножовки, напильники, отвертки, ножи, ножницы, надфили.

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.