Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет
имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет Физико-математического и технологического образования
Кафедра Физики и технических дисциплин

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
_____ С.Н. Титов
«_25_» _июня_ 2021 г.

ПРАКТИКУМ ПО МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ В ДИЗАЙНЕ

Программа учебной практики

основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки
44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям).

направленность (профиль) образовательной программы
Декоративно-прикладное искусство и дизайн

(очная форма обучения)

Составитель: Шайланов С.Н.,
кандидат педагогических наук, доцент
кафедры физики и технических
дисциплин

Рассмотрено и одобрено на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования,
протокол от «21» июня 2021 г. № 7

Ульяновск, 2021

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 01D77C644FC1E54000000006381D0002
Владелец: Титов Сергей Николаевич
Действителен: с 19.07.2021 до 19.07.2022

Место практикума в структуре образовательной программы

Учебная (технологическая) практика: «Практикум по микроэлектронике в дизайне» относится к блоку 2 учебного плана основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям).

1. Перечень планируемых результатов обучения (образовательных результатов) по практикуму

Целью освоения учебной (технологической) практики: «Практикум по микроэлектронике в дизайне» является освоение теоретических основ микроэлектроники, приобретение знаний о конструкциях, принципах действия, параметрах и характеристиках различных электронных устройств, подготовка студента к пониманию принципа действия современного радиооборудования.

В результате освоения программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по учебной (технологической) практике: «Практикум по микроэлектронике в дизайне».

Компетенция и индикаторы ее достижения в практикуме	Образовательные результаты практикума (этапы формирования практикума)		
	знает	умеет	владеет
ПК-8 Способен выполнять деятельность и(или) демонстрировать элементы осваиваемой обучающимися деятельности, предусмотренной программой учебного предмета, курса, дисциплины (модуля), практики. ИПК-8.1. Знает: особенности организации труда, современные производственные технологии, производственное оборудование и правила его эксплуатации; требования охраны труда при выполнении профессиональной деятельности. ИПК-8.2. Умеет: выполнять деятельность и (или) демонстрировать элементы деятельности, осваиваемой обучающимися, и (или) выполнять задания,	ОР-1 Знать особенности организации труда, современные производственные технологии при выполнении профессиональной деятельности. ОР-2 Знать особенности организации труда, современные производственные технологии, производственное оборудование и правила его эксплуатации при выполнении профессиональной деятельности.	ОР-3 Уметь выполнять деятельность или демонстрировать элементы деятельности, осваиваемой обучающимися, или выполнять задания, предусмотренные программой учебного предмета, курса, дисциплины (модуля), практики.	

предусмотренные программой учебного предмета, курса, дисциплины (модуля), практики. ИПК-8.3. Владеет: навыками выполнения трудовых операций, приемов, действий профессиональной деятельности, предусмотренной программой учебного предмета, курса, дисциплины (модуля), практики.			
ПК-14 Способен выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения), анализировать их в единстве содержания, формы и выполняемых функций ИПК-14.1. Знать способы выделения структурных элементов, входящих в систему познания предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения), анализа их в единстве содержания, формы и выполняемых функций ИПК-14.2. Уметь выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения), анализировать их в единстве содержания, формы и выполняемых функций ИПК-14.3 Владеть навыками выделения	ОР-4 знает способы выделения структурных элементов, входящих в систему познания предметной области	ОР-5 уметет выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области	ОР-6 владеет навыками выделения структурных элементов, входящих в систему познания предметной области

структурных элементов, входящих в систему познания предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения), анализа их в единстве содержания, формы и выполняемых функций образовательной организации.			

2. Объем практикума в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Номер семестра	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации
	Всего		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные занятия, час	Самостоят. работа, час	
	Трудоемк.						
	Зач. ед.	Часы					
4	3	108	-	48	-	60	Зачет с оценкой
Итого:	3	108	-	48	-	60	Зачет с оценкой

3. Содержание практикума, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

3.1. Указание тем (разделов) и отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Наименование тем	Количество часов по формам организации обучения			
	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятель-ная работа
4 семестр				
Тема 1. Полупроводники и полупроводниковые приборы	-	8	-	10
Тема 2. Интегральные микросхемы	-	8	-	10
Тема 3. Линейные и нелинейные цепи	-	8	-	10
Тема 4. Избирательные цепи	-	8	-	10
Тема 5. Генераторы гармонических колебаний	-	8	-	10
Тема 6. Генераторы несинусоидальных колебаний	-	8	-	10
ИТОГО:	**-**	**48**	**-**	**60**

3.2. Краткое описание содержания тем (разделов) практикума

Краткое содержание курса

Тема 1. Полупроводниковые приборы.

P-n переход. Диоды. Конструкция диодов, их характеристики, параметры.

Интерактивная форма: эвристическая беседа.

Тема 2. Интегральные микросхемы.

Разновидности. Особенности технологии изготовления Характеристики, параметры. Перспективы развития ИМС.

Интерактивная форма: эвристическая беседа.

Тема 3. Линейные и нелинейные цепи.

Четырёхполюсники. Цепи с сосредоточенными и рассредоточенными параметрами. Линейные цепи. Нелинейные цепи. Характеристики и параметры.

Интерактивная форма: дискуссия.

Тема 4. Избирательные цепи.

Колебательные контуры. Фильтры. Характеристики и параметры.

Интерактивная форма: дискуссия.

Интерактивная форма: эвристическая беседа.

Тема 5. Генераторы гармонических колебаний

Генерирование гармонических колебаний. Генератор на транзисторе с колебательным контуром. RC- генератор гармонических колебаний.

Интерактивная форма: эвристическая беседа.

Тема 6. Генераторы несинусоидальных колебаний.

Блокинг-генератор на биполярном транзисторе. Мультивибратор. Схема. Принцип работы.

Интерактивная форма: эвристическая беседа.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по практикуму

Самостоятельная работа студентов является особой формой организации учебного процесса, представляющая собой планируемую, познавательно, организационно и методически направляемую деятельность студентов, ориентированную на достижение конкретного результата, осуществляемую без прямой помощи преподавателя. Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям и зачету. Она предусматривает, как правило, разработку рефератов, написание докладов, выполнение творческих, индивидуальных заданий в соответствии с учебной программой (тематическим планом изучения практикума). Тема для такого выступления может быть предложена преподавателем или избрана самим студентом. Реферативный материал служит дополнительной информацией для работы на практических занятиях. Основная цель данного вида работы состоит в обучении студентов методам самостоятельной работы с учебным материалом. Для полноты усвоения тем, вынесенных в практические занятия, требуется работа с первоисточниками. Курс предусматривает самостоятельную работу студентов со специальной литературой. Следует отметить, что самостоятельная работа студентов результативна лишь тогда, когда она выполняется систематически, планомерно и целенаправленно.

Задания для самостоятельной работы предусматривают использование необходимых терминов и понятий по проблематике курса. Они нацеливают на практическую работу по

применению изучаемого материала, поиск библиографического материала и электронных источников информации, иллюстративных материалов. Задания по самостоятельной работе даются по темам, которые требуют дополнительной проработки.

Общий объем самостоятельной работы студентов по практикуму включает аудиторную и внеаудиторную самостоятельную работу студентов в течение семестра.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется в форме выполнения тестовых заданий, кейс-задач, письменных проверочных работ по практикуму. Аудиторная самостоятельная работа обеспечена базой тестовых материалов, кейс-задач по разделам практикума.

Внеаудиторная самостоятельная работа осуществляется в формах:
- подготовки к устным докладам (выступлениям по теме реферата).

Темы рефератов (задания для контрольной работы)

1. Полупроводниковые приборы. Р-п переход. Диоды.
2. Температурные характеристики полупроводниковых структур.
3. Диоды. Принцип действия. Характеристики и параметры.
4. Выпрямительные диоды. Особенности и применение.
5. Стабилитроны. Особенности и применение.
6. Варикапы. Особенности и применение.
7. Фотодиоды. Особенности и применение.
8. Светодиоды и светодиодные матрицы. Особенности и применение.
9. Коммутирующие диоды (динисторы, тиристоры, симисторы). Особенности и применение.
10. Биполярный транзистор. Принцип действия. Характеристики и параметры.
11. h-параметры биполярного транзистора.
12. Применение биполярных транзисторов.
13. Основные схемы включения биполярных транзисторов в усилительном режиме.
14. Полевой транзистор. Принцип действия. Характеристики и параметры.
15. Достоинства и недостатки полевых транзисторов.
16. Электровакуумные приборы. Диоды и триоды. Характеристики и параметры.
17. Усиление сигналов. Усилители. Классификация. Параметры и характеристики.
18. Усиление сигналов. Усилитель напряжения на биполярном транзисторе. Схема и принцип работы.
19. Классы работы транзисторных усилительных каскадов.
20. Усилители постоянного тока. Схема и характеристики.
21. Резонансный усилитель. Схема и характеристики.
22. Интегральные микросхемы. Основные положения и особенности. Степень интеграции микросхем.
23. Классификации интегральных микросхем.
24. Тенденции в развитии технологии изготовления интегральных микросхем.
25. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы. Особенности применения.
26. Радиотехнические цепи. Классификация.
27. Избирательные четырёхполюсники. Фильтры, характеристики и параметры.
28. Колебательный контур. Свободные колебания в контуре. Параметры колебательного контура.
29. Колебательный контур. Фильтрующие свойства колебательного контура.
30. Связанные колебательные контуры. Схемы. Особенности.
31. Электрические фильтры. Классификация. Характеристики и параметры. Область применения.
32. Генераторы синусоидальных колебаний. Генератор на биполярном транзисторе.
33. RC-генератор. Схема и принцип работы.
34. Генераторы несинусоидальных колебаний. Мультивибратор на транзисторах. Схема и принцип работы.

5. Примерные оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по практикуму

Организация и проведение аттестации студента

ФГОС ВО в соответствии с принципами Болонского процесса ориентированы преимущественно не на сообщение обучающемуся комплекса теоретических знаний, но на выработку у бакалавра компетенций – динамического набора знаний, умений, навыков и личностных качеств, которые позволят выпускнику стать конкурентоспособным на рынке труда и успешно профессионально реализовываться.

В процессе оценки бакалавров необходимо используются как традиционные, так и инновационные типы, виды и формы контроля. При этом постепенно традиционные средства совершенствуются в русле компетентностного подхода, а инновационные средства адаптированы для повсеместного применения в российской вузовской практике.

Цель проведения аттестации – проверка освоения образовательной программы практикума через сформированность образовательных результатов.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение практикума; помогает оценить крупные совокупности знаний и умений, формирование определенных компетенций.

Оценочными средствами текущего оценивания являются: доклад, тесты по теоретическим вопросам практикума, защита практических работ и т.п. Контроль усвоения материала ведется регулярно в течение всего семестра на практических занятиях.

№ п/п	**СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ,** используемые для текущего оценивания показателя формирования компетенции	Образовательные результаты практикума
	Оценочные средства для текущей аттестации ОС-1 Защита практической работы ОС-2 Защита реферата	ОР-1 знать особенности организации труда, современные производственные технологии при выполнении профессиональной деятельности. ОР-2 знать особенности организации труда, современные производственные технологии, производственное оборудование и правила его эксплуатации при выполнении профессиональной деятельности. ОР-3 уметь выполнять деятельность или демонстрировать элементы деятельности, осваиваемой обучающимися, или выполнять задания, предусмотренные программой учебного предмета, курса, дисциплины (модуля), практики. ОР-4 знает способы выделения структурных элементов, входящих в систему познания предметной области ОР-5 умеет выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области ОР-6 владеет навыками выделения структурных элементов, входящих в систему познания предметной области
	Оценочные средства для промежуточной аттестации зачет ОС-3 Зачёт в форме устного собеседования по вопросам	

Описание оценочных средств и необходимого оборудования (демонстрационного материала), а так же процедуры и критерии оценивания индикаторов достижения компетенций на различных этапах их формирования в процессе освоения образовательной программы представлены в Фонде оценочных средств для текущего контроля успеваемости

и промежуточной аттестации по учебной (технологической) практике: «Практикум по микроэлектронике в дизайне».

Материалы, используемые для промежуточного контроля успеваемости обучающихся по практикуму

ОС-3 Зачет с оценкой в форме устного собеседования по вопросам
Перечень вопросов к зачету с оценкой

1. Полупроводниковые приборы. Р-п переход. Диоды.
2. Температурные характеристики полупроводниковых структур.
3. Диоды. Принцип действия. Характеристики и параметры.
4. Выпрямительные диоды. Особенности и применение.
5. Стабилитроны. Особенности и применение.
6. Варикапы. Особенности и применение.
7. Фотодиоды. Особенности и применение.
8. Светодиоды и светодиодные матрицы. Особенности и применение.
9. Коммутирующие диоды (динисторы, тиристоры, симисторы). Особенности и применение.
10. Биполярный транзистор. Принцип действия. Характеристики и параметры.
11. h-параметры биполярного транзистора.
12. Применение биполярных транзисторов.
13. Основные схемы включения биполярных транзисторов в усилительном режиме.
14. Полевой транзистор. Принцип действия. Характеристики и параметры.
15. Достоинства и недостатки полевых транзисторов.
16. Электровакуумные приборы. Диоды и триоды. Характеристики и параметры.
17. Усиление сигналов. Усилители. Классификация. Параметры и характеристики.
18. Усиление сигналов. Усилитель напряжения на биполярном транзисторе. Схема и принцип работы.
19. Классы работы транзисторных усилительных каскадов.
20. Усилители постоянного тока. Схема и характеристики.
21. Резонансный усилитель. Схема и характеристики.
22. Интегральные микросхемы. Основные положения и особенности. Степень интеграции микросхем.
23. Классификации интегральных микросхем.
24. Тенденции в развитии технологии изготовления интегральных микросхем.
25. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы. Особенности применения.
26. Радиотехнические цепи. Классификация.
27. Избирательные четырёхполюсники. Фильтры, характеристики и параметры.
28. Колебательный контур. Свободные колебания в контуре. Параметры колебательного контура.
29. Колебательный контур. Фильтрующие свойства колебательного контура.
30. Связанные колебательные контуры. Схемы. Особенности.
31. Электрические фильтры. Классификация. Характеристики и параметры. Область применения.
32. Генераторы синусоидальных колебаний. Генератор на биполярном транзисторе.
33. RC-генератор. Схема и принцип работы.
34. Генераторы несинусоидальных колебаний. Мультивибратор на транзисторах. Схема и принцип работы.

В конце изучения практикума подводятся итоги работы студентов на практических занятиях путем суммирования заработанных баллов в течение семестра.

Критерии оценивания знаний обучающихся по практикуму

Формирование балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся

		Посещение лекций	Посещение практических занятий	Работа на практических занятиях	Зачет с оценкой
4 семестр	Разбалловка по видам работ	-	24 х 1 = 24 балла	212 баллов	64 балла
	Суммарный макс. балл	-	24 балла max	236 баллов max	300 баллов max

Критерии оценивания работы обучающегося по итогам семестра

Оценка	**Баллы (3 ЗЕ)**
«отлично»	271-300
«хорошо»	211-270
«удовлетворительно»	151-210
«неудовлетворительно»	Менее 150

6. Методические указания для обучающихся по освоению практикума

Успешное изучение курса требует от обучающихся посещения, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям студент должен изучить теоретический материал по теме занятия (использовать конспект, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, при необходимости дополнить конспект, делая в нем соответствующие записи из литературных источников). В случае затруднений, возникающих при освоении теоретического материала, студенту следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

В начале практического занятия преподаватель знакомит студентов с темой, оглашает план проведения занятия, выдает задания. В течение отведенного времени на выполнение работы студент может обратиться к преподавателю за консультацией или разъяснениями. В конце занятия проводится прием выполненных заданий, собеседование со студентом.

Результаты выполнения практических зданий оцениваются в баллах, в соответствии с балльно-рейтинговой системой университета.

Планы занятий практикума

Практическая работа № 1. Исследование полупроводниковых диодов.

Цель работы: изучить методы измерения вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов.

Содержание работы:

1. Собрать электрическую цепь по выданной преподавателем принципиальной схеме.
2. Провести эксперименты.
3. Занести результаты экспериментов в специальный бланк-отчет.
4. Обработать результаты экспериментов.
5. Начертить графики зависимостей.
6. Написать выводы по проделанной работе.

Форма представления отчёта:

Студент должен письменно заполнить специальный бланк-отчет по практической работе.

Практическая работа № 2. Снятие характеристик биполярного транзистора. Входные характеристики.

Цель работы: изучить методы измерения вольт-амперных характеристик биполярного транзистора, построения семейства входных характеристик, расчёта параметров.

Содержание работы:

1. Собрать электрическую цепь по выданной преподавателем принципиальной схеме.
2. Провести эксперименты.
3. Занести результаты экспериментов в специальный бланк-отчет.
4. Обработать результаты экспериментов.
5. Начертить графики зависимостей.
6. Написать выводы по проделанной работе.

Форма представления отчёта:

Студент должен письменно заполнить специальный бланк-отчет по практической работе.

Практическая работа № 3. Снятие характеристик биполярного транзистора. Выходные характеристики.

Цель работы: изучить методы измерения вольт-амперных характеристик биполярного транзистора, построения семейства выходных характеристик, расчёта параметров.

Содержание работы:

1. Собрать электрическую цепь по выданной преподавателем принципиальной схеме.
2. Провести эксперименты.
3. Занести результаты экспериментов в специальный бланк-отчет.
4. Обработать результаты экспериментов.
5. Начертить графики зависимостей.
6. Написать выводы по проделанной работе.

Форма представления отчёта:

Студент должен письменно заполнить специальный бланк-отчет по практической работе.

Практическая работа № 4. Исследование RC-цепей.

Цель работы: изучить характеристики и параметры RC-цепей.

Содержание работы:

1. Собрать электрическую цепь по выданной преподавателем принципиальной схеме.
2. Провести эксперименты.
3. Занести результаты экспериментов в специальный бланк-отчет.
4. Обработать результаты экспериментов.
5. Начертить графики зависимостей.
6. Написать выводы по проделанной работе.

Форма представления отчёта:

Студент должен письменно заполнить специальный бланк-отчет по практической работе.

Практическая работа № 5. Исследование частотных характеристик фильтров нижних частот.

Цель работы: изучить характеристики и параметры фильтров нижних частот.

Содержание работы:

1. Собрать электрическую цепь по выданной преподавателем принципиальной схеме.
2. Провести эксперименты.
3. Занести результаты экспериментов в специальный бланк-отчет.
4. Обработать результаты экспериментов.
5. Начертить графики зависимостей.
6. Написать выводы по проделанной работе.

Форма представления отчёта:

Студент должен письменно заполнить специальный бланк-отчет по практической работе.

Практическая работа № 6. Изучение транзисторного усилителя звуковой частоты.
Цель работы: изучить методы измерения активной мощности в трехфазной цепи переменного тока.
Содержание работы:
1. Собрать электрическую цепь по выданной преподавателем принципиальной схеме.
2. Провести эксперименты.
3. Занести результаты экспериментов в специальный бланк-отчет.
4. Обработать результаты экспериментов.
5. Начертить графики зависимостей.
6. Написать выводы по проделанной работе.

Форма представления отчёта:
Студент должен письменно заполнить специальный бланк-отчет по практической работе.

Практическая работа № 7. Изучение двухкаскадного транзисторного усилителя звуковой частоты.
Цель работы: изучить методы измерения активной мощности в трехфазной цепи переменного тока.
Содержание работы:
1. Собрать электрическую цепь по выданной преподавателем принципиальной схеме.
2. Провести эксперименты.
3. Занести результаты экспериментов в специальный бланк-отчет.
4. Обработать результаты экспериментов.
5. Начертить графики зависимостей.
6. Написать выводы по проделанной работе.

Форма представления отчёта:
Студент должен письменно заполнить специальный бланк-отчет по практической работе.

Практическая работа № 8. Изучение RC-генератора.
Цель работы: изучить схемотехническое решение, характеристики и параметры RC-генератора.
Содержание работы:
1. Собрать электрическую цепь по выданной преподавателем принципиальной схеме.
2. Провести эксперименты.
3. Занести результаты экспериментов в специальный бланк-отчет.
4. Обработать результаты экспериментов.
5. Начертить графики зависимостей.
6. Написать выводы по проделанной работе.

Форма представления отчёта:
Студент должен письменно заполнить специальный бланк-отчет по практической работе.

Практическая работа № 9. Изучение мультивибратора.
Цель работы: изучить схемотехническое решение, характеристики и параметры мультивибратора.
Содержание работы:
1. Собрать электрическую цепь по выданной преподавателем принципиальной схеме.
2. Провести эксперименты.
3. Занести результаты экспериментов в специальный бланк-отчет.
4. Обработать результаты экспериментов.
5. Начертить графики зависимостей.
6. Написать выводы по проделанной работе.

Форма представления отчёта:

Студент должен письменно заполнить специальный бланк-отчет по практической работе.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, Интернет-ресурсов, необходимых для освоения практикума

Основная литература

1. Ткаченко, Ф. А. Электронные приборы и устройства : учебник / Ф.А. Ткаченко. — Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. — 682 с. : ил. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-004658-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1062340
2. Дыбко, М. А. Цифровая микроэлектроника : учебное пособие / М. А. Дыбко, А. В. Удовиченко, А. Г. Волков. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. - 200 с. - ISBN 978-5-7782-3834-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1869098
3. Смирнов, В. А. Физические основы микроэлектроники : учебное пособие / В. А. Смирнов, О. В. Шуваева. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 232 с. - ISBN 978-5-9729-0711-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1836506

Дополнительная литература

1. Васильев, В. Ю. Современное производство изделий микроэлектроники : учебное пособие / В. Ю. Васильев. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. - 88 с. - ISBN 978-5-7782-3907-4. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1868873
2. Микроэлектроника: лабораторный практикум : практикум / сост. Н. В. Жданова ; Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2014. – 123 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457452
3. Черепанов, А. К. Микросхемотехника : учебник / А.К. Черепанов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 292 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/textbook_599ff21797d959.08246105. - ISBN 978-5-16-012898-6. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/988205

Интернет-ресурсы

– «Chip News» Ежемесячный теоретический и прикладной научно-технический журнал (с приложением)/ [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://www.chipinfo.ru/literature/chipnews/about.html

–«Микроэлектроника». Ежемесячный теоретический и прикладной научно-технический журнал (с приложением)/ [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.maik.ru/ru/journal/mikelek/

– Современные технологии автоматизации Ежемесячный теоретический и прикладной научно-технический журнал (с приложением)/ [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://www.cta.ru

– Сайт «Паяльник» Режим доступа: http://cxem.net