

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ИЛИМ, ЖОГОРКУ БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА  
ИННОВАЦИЯЛАР МИНИСТРЛИГИ  
ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ  
МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕХНИКА ЖАНА ИНФОРМАЦИЯЛЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ИНСТИТУТУ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК ЖАНА ТЕОРИЯЛЫК ФИЗИКА КАФЕДРАСЫ

МАКУЛДАШЫЛДЫ  
МФТИИнин методикалык кеңешинин төраймы  
ф.-м.и.к., доцент  Н. Абдирайимова  
№1 протокол, 03.09. 2025

БЕКИТИЛДИ  
ИСП кафедрасынын 2025-жылдын  
3-сентябринде өткөрүлгөн №1 протоколунда  
Каф. башч., доцент  М.Ч. Өскөнбаев

“КОЛДОНМО КВАНТТЫК ЭЛЕКТРОНИКА” ДИСЦИПЛИНАСЫ БОЮНЧА 510400 –  
ФИЗИКА БАГЫТЫНДАГЫ  
МАГИСТРАНТТАР ҮЧҮН

## ОКУУ МЕТОДИКАЛЫК КОМПЛЕКС

Окуу методикалык комплекс КРдин МББСнын, ОшМУнун №19 бюллетенинин жана  
510400 – Физика багыты боюнча НББПнын негизинде түзүлгөн.

Түзгөн

доцент Садыков Э.

Ош, 2025

## **М А З М У Н У**

I.	<b>ДИСЦИПЛИНАНЫН АННОТАЦИЯ</b> .....	3
II.	<b>ОКУТУУЧУНУН АНКЕТАСЫ</b> .....	5
III.	<b>ОМКГА БЕРИЛГЕН ИЧКИ ЖАНА СЫРТКЫ РЕЦЕНЗИЯЛАР</b> .....	6
IV.	<b>ОКУТУУ ПРОГРАММАСЫ (СИЛЛАБУС)</b> .....	8
V.	<b>БААЛОО КАРАЖАТТАРЫНЫН ФОНДУ (БКФ)</b> .....	8
VI.	<b>СТУДЕНТТЕР ҮЧҮН ӨЗ АЛДЫНЧА ИШТӨӨНҮ УЮШТУРУУ БОЮНЧА УСУЛДУК КӨРСӨТМӨЛӨР</b> .....	19
VII.	<b>ГЛОССАРИЙ</b> .....	20
VIII.	<b>ОКУУ МЕТОДИКАЛЫК МАТЕРИАЛДАР</b> .....	28

## I. ДИСЦИПЛИНАНЫН АННОТАЦИЯ

<b>Дисциплиналын коду/шифри</b>	
<b>Дисциплиналын аталышы</b>	Колдонмо кванттык электроника
<b>Дисциплиналын көлөмү кредиттик бирдик менен</b>	3 кредит
<b>Окуу жылы, семестри</b>	2025 - 2026
<b>Дисциплиналын максаты</b>	Кванттык электроника тармагында заманбап теориялык билимдерге жана эксперименталдык көндүмгө ээ жана аларды окутуучу катары кесиптик ишмердигинде колдоно билген магистрлерди даярдоо
<b>Дисциплиналын пререквизиттери</b>	Жогорку математика; физика, электротехника жана конструкциялык материал таануу; электротехникинын теориялык негиздери; электроэнергетиканын, өнөр жай электроникасынын негиздери
<b>Дисциплиналын со-реквизиттери</b>	
<b>Дисциплиналын постреквизиттери</b>	Талаанын кванттык теориясы, микро- жана наноэлектрониканын заманбап технологиялары
<b>Курстун НББПдагы орду жана калыптандыруучу компетенциялары</b>	Бул курс жогорку кесиптик билим берүү программасынын структуралык элементи. Бул негизги окуу планынын бир бөлүгү болуп саналат. Ал 1 семестре окутулат, жалпы 3 кредит жана 180 saat окуу жүктөмү, анын ичинде 90 saat аудиториялык окуу жана 90 saat өз алдынча окуу. Отчет берүү: 1-семестр – экзамен.
<b>Дисциплиналы окутуунун натыйжалары</b>	Бул курсу аяктагандан кийин, магистрант: учурдагы абал, теориялык иштер жана изилдөөнүн бул чөйрөсүндөгү эксперименталдык натыйжалар жөнүндө жана кванттык радиофизиканын перспективалуу илимий багыттары жөнүндө. билиши зарыл; коюлган проблемалар боюнча илимий изилдөөлөрдү жүргүзүүсү. кванттык радиофизиканын жаңы изилдөө ықмаларын өздөштүрүүсү жана жаңы теорияларды жана моделдерди өздөштүрүүсү керек; илимий изилдөөлөрдүн алынган натыйжаларын азыркы денгээлде иштеп чыгууга жана аларды талдоого, окуу жана илимий адабияттар менен иштөө жана Көндүмдөрдү жана/же тажрыйбага ээ болот.
<b>Баалоо каражаттары</b>	Тестиirlөө, текшерүү иши
<b>2-3 негизги окуу китечтерин көрсөтүү менен колдонулган адабияттардын саны</b>	<p>1. Башкиров, А. И. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А. И. Башкиров, С. М. Шандаров. — Томск: ТУСУР, 2012. — 98 с. — Режим доступа: <a href="https://edu.tusur.ru/publications/1578">https://edu.tusur.ru/publications/1578</a></p> <p>2. Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие / Шангина Л. И. — 2012. 303 с.</p> <p>3. Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к практическим занятиям / Шандаров С. М. — 2013. 31 с.</p>
<b>Дисциплиналын кыскача мазмуну</b>	"Колдонмо кванттык электроника" программасы стимулданган эмиссия эффектиси сыйктуу кванттык физиканын принциптерине негизделген электромагниттик термелүүлөрдү күчтөүү жана генерациялоо ықмаларын изилдейт. Ал кванттык

	күчөткүчтөрдүн жана осцилляторлордун, анын ичинде лазерлердин иштешиң жана колдонулушун изилдейт, ошондой эле микробөлүкчөлөрдүн жүрүм-турумун сүрөттөгөн кванттық механиканы изилдейт.
<b>Окутуучунун аты-жөнү</b>	Садыков Эркинбай

## II. ОКУТУУЧУНУН АНКЕТАСЫ

<b>Окутуучунун аты-жөнү</b>	Садыков Эркинбай
<b>Дисциплинанын аталышы</b>	Колдонмо кванттык электроника
<b>Кызмети жана наамы</b>	ЭТФ кафедрасынын доценти
<b>Базалык билими</b>	Физика мугалими
<b>Башка мекемелерде айкалыштырып иштөөсү</b>	Улуттук илимдер академиясынын “А.С.Джаманбаев атындагы Жаратылыш байлыктары институту”
<b>Предметтик жана ага байланыштуу тармактардагы академиялык же өндүрүштүк тажрыйбасы</b>	49-жыл илимий –педагогикалык стаж
<b>Коомдук иштери</b>	Н.Исанов атынданы “Нанотехнология жана жасалма интеллект” илим-изилдөө институтунун “Нанотехнология” лабораториясынын коомдук башталыштагы акысыз лаборатория башчысы
<b>Предметтик жана ага байланыштуу тармактардагы илим-изилдөө ишмердүүлүгү</b>	Илимий долбоордун жооптуу аткаруучусу
<b>Илимий жана кесиптик коомчулуктагы мүчөлүгү</b>	Н.Исанов атынданы “Нанотехнология жана жасалма интеллект” илим-изилдөө институтунун “Нанотехнология” лабораториясынын коомдук башталыштагы акысыз лаборатория башчысы
<b>Жарык көргөн эмгектери (акыркы 3 жылдагы)</b>	Акыркы 3 жылдын ичинде илимий журналдарда жарык көргөн эмгектердин жалпы саны – 8.
<b>Сыйлыктары</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кызыл-Кыя шаардык мамлекеттик администрациясынын ардак грамотасы(1998-ж);</li> <li>2. КРнын билим берүү жана илим министрлигинин ардак грамотасы(1999-ж.);</li> <li>3. КРнын транспорт жана коммуникация министрлигинин ардак грамотасы(2006-ж.);</li> <li>4. КРнын билим берүү жана илим министрлигинин билим берүүнүн мыктысы төш белгиси(2009-ж.);</li> <li>5.Ош шаардык мэриясынын ардак грамотасы (2010-ж).</li> </ol>
<b>Квалификациясын жогорулатуусу(акыркы 3 жылдагы)</b>	Акыркы 3 жылда ар турдуу багыттагы илимий конференцияларга, усулдук семинарларга катышуу жана баяндамаларды жасоо

### III. ОМКГА БЕРИЛГЕН ИЧКИ ЖАНА СЫРТКЫ РЕЦЕНЗИЯЛАР

Ош мамлекеттик университетинин эксперименталдык жана теориялык физика кафедрасынын доценти, т.и.к. Э.. Садыковлун “Колдонмо кванттык электроника” дисциплинасынын окуу-методикалык комплексине

#### СЫН ПИКИР

**Дисциплиналын актуалдуулугу.** “Колдонмо кванттык электроника” дисциплинасы физика адистигинин 1-курстагы магистранттар үчүн актуалдуу жана негизги киришүүчү курс болуп эсептелет. Ал фундаменталдык илимдердин теориялык негизи, 21-кылымда калыптанган жаңы илимий парадигмалар, жүйөөлүү ой жүгүртүү жана илимий методология боюнча магистранттарга фундаменталдык түшүнүктөрдү берет.

Курс заманбап билим берүү стандарттарына толук жооп берет жана Талаанын кванттык теориясы, микро- жана наноэлектрониканын заманбап технологиялары. сыйктуу багыттарга логикалык өтүү мүмкүнчүлүгүн түзөт.

**Окуу программасынын түзүлүшү жана мазмуну.** Дисциплиналын программасы 3 кредитке (90 saat) ылайык түзүлгөн жана лекция, семинардык жана өз алдынча иштердин saatтык бөлүнүшү түшүнүктүү, так көрсөтүлгөн.

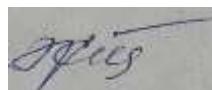
Мазмуну төмөнкү негизги темаларды камтыйт: Кванттык электрониканын физикалык негиздери. Электромагниттик нурлануунун атомдук системалар менен өз ара аракети. Электромагниттик нурланууну күчтөүү жана генерациялоо. Лазердик нурлардын таралышы жана трансформациясы. Жарым өткөргүчтөрдөгү оптикалык жана фотоэлектрдик кубулуштар. Сызыктуу эмес оптикалык эффекттер. Лазер – когеренттүү нурлануунун булагы. Мазерлер. Газ лазерлери. Катуу абалдагы жана суюк лазерлер. Жарым өткөргүч лазер. Лазердерди колдонуу. Лазердик нурланууну контролдоочу приборлор. Маалыматты берүүнүн жана иштетүүнүн оптикалык ыкмалары. Лазердин ар кандай тармактарда колдонулушу.

Темаар логикалык иретте берилген, дисциплина физикалык түшүнүктөрдү кецири масштабда кароого өбөлгө түзөт.

Программада колдонулган негизги жана кошумча адабияттар жетишерлик, акыркы 5-10 жылдагы булактар камтылган. Электрондук ресурстарды колдонуу, магистранттардын өз алдынча ишин баалоо критерийлери так көрсөтүлгөн. Методикалык көрсөтмөлөр студенттердин теориялык жана аналитикалык компетенцияларын өнүктүрүүгө багытталган.

ОшМУнун Эксперименталдык жана теориялык физика кафедрасынын доценти, т.и.к. Э.. Садыковлун “Колдонмо кванттык электроника” дисциплинасына түзүлгөн окуу-методикалык комплекси физика адистигинин 1-курс магистранттарын окутууга толук жарактуу жана сунушталат.

Рецензент, ф.-м.и.к., ЖФ



жана ФОУ каф.доценти:

Эгембердиев Ж.

## **Рецензия**

на учебно-методический комплекс доцента кафедры «Экспериментальная и теоретическая физика» Садыкова Э. по дисциплине «Прикладная квантовая электроника», по направлению 510400 - физика пред назначенный для программы магистратуры

Учебно-методический комплекс (УМК) - по специальности 510400 «Физика» создан в соответствии с уровнем магистратуры. Объем дисциплины – 3 кредитов (90 часов), форма обучения – очная.

Цель, задачи и содержание дисциплины базируются на современных научных достижениях и актуальных проблемах физики конденсированного состояния. Темы изложены в логической последовательности и направлены на формирование у магистрантов навыков проведения научных исследований.

Методическая часть разработана на доступном уровне. Четко указаны литература и дополнительные электронные источники, большинство из которых представляют собой научные публикации последних 5–10 лет. Критерии оценки, задания для самостоятельной работы и их содержание ясны и понятны.

УМК предоставляет магистрантам возможность углубить свои теоретические знания и развить научные и аналитические навыки. Рекомендуется добавлять в некоторые темы практические компоненты.

Учебно-методический комплекс доцента кафедры «Экспериментальная и теоретическая физика» Садыкова Э. по дисциплине «Прикладная квантовая электроника», по 510400 - физика, является разработанным, необходимым для программы магистратуры и рекомендован к применению.

**Рецензент, к.п.н., доцент кафедры физика,  
математика и методика преподавания  
Кыргызско-Узбекского Международного  
университета им. Б. Сыдыкова**



**Ханитов Ш.К.**

#### **IV. ОКУТУУ ПРОГРАММАСЫ (СИЛЛАБУС)**

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ИЛИМ, ЖОГОРКУ БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИННОВАЦИЯЛАР  
МИНИСТРИЛIGИ

ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕХНИКА ЖАНА ИНФОРМАЦИЯЛЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ИНСТИТУТУ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК ЖАНА ТЕОРИЯЛЫК ФИЗИКА КАФЕДРАСЫ

#### **ОКУТУУ ПРОГРАММАСЫ (SYLLABUS)**

Адистиги	Физика	Курстун коду	510400
Окутуу тили	Кыргыз	Дисциплинасы	Колдонмо кванттык электроника
Академиялык жыл	2025	Кредиттин саны	3
Окутуучу	Садыков Эркинбай	Семестри	1
E-Mail	sadykov.erkinbai@mail.ru	Расписание (сабак өткөн күн, убагы)	Бейшемби Саат 15.00
Консультац. (убагы/ауд.)	Ишембى, saat 10.00	Орду (имарат/ауд.)	№1 окуу корпусу Ауд. 211
Окутуунун формасы (күндүзгү, сырткы, кечки)	Кундузгу	Курстун тиби: (милдеттүү/элективдүү)	Милдеттүү

Негизги билим берүү

программасынын жетекчisi

Өскөнбаев М.Ч.

Ош, 2025

**Курсы мұнәздөмө.** Колдонмо кванттық электроника курсу кванттық электроника тармагында изилдөөлөрдү жүргүзүүгө жана алынган билимдерди колдонууга жөндөмдүү адистерди даярдоого багытталған.

**Курстун максаты.** Колдонмо кванттық электроника дисциплинасын максаты – кванттық электроника тармагында заманбап теориялык билимдерге жана эксперименталдык көндүмгө ээ жана аларды окутуучу катары кесиптик ишмердигинде колдоно билген магистрлерди даярдоо.

**Пререквизиттер:** Жогорку математика; физика, электротехника жана конструкциялык материал таануу; электротехникинын теориялык негиздери; электроэнергетиканын, өнөр жай электроникасынын негиздери.

**Постреквизиттер:** Талаанын кванттық теориясы, микро- жана наноэлектроникинын заманбап технологиялары.

### Дисциплиналы окутуунун натыйжасы

Курстун аягында студент ээ болот:		
НББП боюнча ОН (окутуунун натыйжасы)	Дисциплиналы ОНу	Компетенциялар
<u>2-ОН:</u> Стандартту эмес чечимдерди кабыл алат	<u>2-ДОН:</u> 1) Колдонмо кванттық электрониканы квалификациялай алат. 2). Кванттық электроника жөнүндө түшүнүгү бар. 3). Кванттық электроника түрлөргө бөлө алат	КК-2. Анализдөөгө, синтездөөгө жана абстрактуу ойлонуу жөндөмдүүлүгүнө ээ
<u>3-ОН:</u> Компьютердик технологиянын жарда-мында маалыматты алуу, жалпылоо жана анализдөө көндүмүнө ээ, жаны программалар менен иштей алат.	<u>3-ДОН:</u> 1). Илим изилдөө методдорун билет. 20. Изилдөө багыты өзгөрсө, ага карата ыңгайлашат.	КК-3: Өзүнүн илимий ишмердүүлүгүндө илимий багытынын өзгөрүшүнө карата адаптацияланышы
<u>7-ОН:</u> Конкреттүү илимий маселелерди ата-мекендик жана чет элдик тажрыйбаларды пайдаланып, заманбап технологияны колдонуу менен чече билүү	<u>7-ДОН:</u> Коллектив менен иштеше алат.	КК-7: Кесиптик маселелерди чечүү үчүн коллективди уюштура алат.
<u>7-ОН</u> Конкреттүү илимий маселелерди ата-мекендик жана чет элдик тажрыйбаларды пайдаланып, заманбап	<u>7-ДОН:1).</u> Изилдөөнүн усулдарын өздөштүргөн. 2). Изилдөө багыттарын так	<u>КК-10:</u> Төмөнкү курстагы студенттердин жана окуучулардын илим-изилдөө иштерине жетекчилик кыла

технологияны колдонуу менен чече билүү	аныктай алат.	алат.
--	---------------	-------

**Дисциплиналык картасы**

Модулдар	Дисциплинага бөлүнгөн окуу saatтары жана упайлар													
	Баары	Ауд. saat	СӨАИ saat	Лекция		Практ. (семин.)		Лабор. иш		СӨАИ		Чектик текшерүү (ЧТ)		
				саат	урай	саат	урай	саат	урай	саат	урай	тест	мо- дуль	
<u>2-семестр</u>														
II	120	60	60	24	15			36	15	60	15	6	30	40
Семестр боюнча	<b>120</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>24</b>	<b>15</b>			<b>36</b>	<b>15</b>	<b>60</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>30</b>	

**Лекциялык жана лабораториялык сабактардын календарлык-тематикалык планы**

№	Темалардын аталышы	Сааттардын саны		Упай	Аптасы	Адаб.
		Лекц.	Лаб.			
<b>1-модуль</b>						
1.	Кванттык электрониканын физикалык негиздери	2	2	4	1-апта/ 1-апта	1,2,3
2.	Электромагниттик нурлануунун атомдук системалар менен өз ара аракети	2	2	4	2-апта/ 2-апта	1,2,3
3.	Электромагниттик нурланууну күчтөтүү жана генерациялоо	2	2	4	3-апта/ 3-апта	1,2,3
4.	Жарым өткөргүчтердөгү оптикалык жана фотоэлектрдик кубулуштар	2	2	4	4-апта/ 4-апта	1,2,3
5.	Сызыктuu эмес оптикалык эффекттер	2	2	4	5-апта/ 5-апта	1,2,3
6.	Лазердик нурлардын таралышы жана трансформациясы	2	2	4	6-апта/ 6-апта	1,2,3
<b>2-модуль</b>						
7.	Лазер – когеренттүү нурлануунун булагы	2	2	4	9,10- апта/ 9,10-апта	1,2,3
8.	Газ лазерлери	2	2	4	11,12- апта/	1,2,3

					11,12-апта	
9.	Катуу абалдагы жана суюк лазерлер	2	2	4	13,14-апта/ 13,14-апта	1,2,3
10.	Жарым өткөргүч лазери	2	2	4	15,16-апта/ 15,16-апта	1,2,3
11.	Лазердерди колдонуу	2	2	4	17,18-апта/ 17,18-апта	1,2,3
12.	Лазердик нурланууну контролдоочу приборлор	2	2	4	19,20-апта/ 19,20-апта	1,2,3

#### СОӨАИны уюштуруу планы (\_\_\_ саат)

№	Тема	СОӨАИ тап. Түрү	Сааты	Баалоо каражаты	Балл Лек./Лаб.	Адаб.	Мөөн.
1.	Мазерлер	СРСП	2	Тест Текшерүү иши		1,2,3	14.10-19.10
2.	Маалыматты берүүнүн жана иштетүүнүн оптикалык ыкмалары	СРСП	2	Тест Текшерүү иши		1,2,3	14.10-19.10
3.	Лазердин ар кандай тармактарда колдонулушу	СРСП	2	Тест Текшерүү иши		1,2,3	14.10-19.10

V.

#### СӨАИни уюштуруу планы (\_\_\_ саат)

№	Тема	СОӨАИ тап. Түрү	Сааты	Баалоо каражаты	Балл Лек./Лаб.	Адаб.	Мөөн.
1.	Газ лазеринин параметрлерин изилдөө	СРСП	2	Тест Текшерүү иши		1,2,3	14.10-19.10
2.	Күн батареяларынын вольт-ампердик мүнөздөмөлөрү	СРСП	2	Тест Текшерүү иши		1,2,3	14.10-19.10
3.	Кванттык күчтөктүчтөр жана радио жыштык генераторлору	СРСП	2	Тест Текшерүү иши		1,2,3	14.10-19.10

4.	Катуу телолордогу оптикалык кванттык генераторлор	СРСП	2	Тест Текшерүү иши		1,2,3	14.10-19.10
5.	Лазердик күчтөкүчтөр, генераторлор жана жыштык өзгөрткүчтөр	СРСП	2	Тест Текшерүү иши		1,2,3	14.10-19.10
<b>Акыркы тапшыруу мөөнөтү</b>						<b>21.10-22.10</b>	
<b>1 модуль СӨАИ<sub>1</sub></b>		<b>Топтолгон баллдын орточосу</b>		<b>2/2</b>			
6	Аннотацияларга коюулган талартапрды үйрөнүү	Тапшыр . аткаруу	7	Аннотация лардын топтому	8		16.12-21.12
7	УОКду табуунун жана аныктоону үйрөнүү	Тапшыр . аткаруу	7	УОКдун тизмеси	8		16.12-21.12
8	Диссертациянын киришүүсүн жазуунун жолдорун үйрөнүү	Тапшыр . аткаруу	7	Киришүүн үн структурасы	8		16.12-21.12
9	Диссертацияда китептерге, авторефератдарга шилтемелерди жана ГОСТдун талаптарын үйрөнүү	Тапшыр . аткаруу	8	Китең жана диссертацияларга шилтемелердин улгусу	8		16.12-21.12
10	Жыйынтыктоо	Тапшыр . аткаруу	8	Реферат	8		16.12-21.12

**Курстун саясаты:** Колдонмо кванттык электроника" курсунун саясаты адатта курсунуң максаттарынын жана милдеттеринин, негизги темаларынын жана бөлүмдерүүнүн, окутуу ықмаларынын, магистранттардын аткаруу талаптарынын (тесттердин, практикалык тапшырмалардын жана экзамандердин баасы) жана катышуу эрежелеринин сыйпаттамасын камтыйт. Курстун конкреттүү жоболору окуу планынын жана программанын талаптарынын негизинде окутуучу же бөлүм тарабынан иштелип чыгат.

### Окуу ресурстары

<b>Электрондук ресурстар</b>	Колдонмо кванттык электроника боюнча электрондук ресурстарга окуу китеңтери, изилдөө макалалары, журналдар, конференция материалдары жана кванттык электроника, лазердик технология жана оптоэлектроника боюнча актуалдуу порталдар кирет. Аларга санаариптик китеңканалар, илимий маалымат базалары (мисалы, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore), басып чыгарууга чейинки архивдер (arXiv) жана окуу материалдары менен университеттин веб-ресурстары кирет.
------------------------------	--

<b>Электрондук окуулуктар</b>	<p>1. Шангина, Л. И.; Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=208584">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=208584</a> (Электронное издание) 2. Цернике, Ф., Ф., Ахманов, С. А.; Прикладная нелинейная оптика; Мир, Москва; 1976; <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=477406">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=477406</a> (Электронное издание)</p>
<b>Лабораториялык ресурстар</b>	<p>Колдонмо кванттык электроника боюнча лабораториялык ресурстарды табуу үчүн бул дисциплина боюнча адистешкен университеттердин физика жана радиофизика кафедраларынын материалдары менен таанышабыз, LMS системалары сыйактуу онлайн окутуу платформаларын колдонобуз жана илимий макалаларды жана усулдук иштеп чыгууларды адистештирилген журналдардан жана маалымат базаларынан издейбиз. Ошондой эле кванттык аппараттарды, лазерлерди жана мазерлерди иштеп чыгуу жана колдонуу менен байланышкан ресурстарды изилдөө керек.</p>
<b>Атайын программалык камсыздоолор</b>	<p>Программалык камсыздоолор лицензияланган колдонмо программаларынын стандарттуу пакеттерин камтыйт (Word тексттик редактору, AutoCAD, Paint, PowerPoint графикалык программалары жана Excel электрондук таблицалары), ошондой эле физикалык талааларды компьютердик моделдештируү программалары жана эксперименталдык маалыматтарды статистикалык иштетүү үчүн программалар.</p>

**VI. БААЛОО КАРАЖАТТАРЫНЫН ФОНДУ (БКФ)**

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ИЛИМ, ЖОГОРКУ БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА  
ИННОВАЦИЯЛАР МИНИСТРЛИГИ

ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕХНИКА ЖАНА ИНФОРМАЦИЯЛЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ИНСТИТУТУ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК ЖАНА ТЕОРИЯЛЫК ФИЗИКА КАФЕДРАСЫ

**“КОЛДОНМО КВАНТТЫК ЭЛЕКТРОНИКА” ДИСЦИПЛИНАСЫ БОЮНЧА 510400 –  
ФИЗИКА БАГЫТЫНДАГЫ  
МАГИСТРАНТТАР ҮЧҮН**

**БААЛОО КАРАЖАТТАРЫНЫН ФОНДУ**

Окуу методикалык комплекс КРдин МББСнын, ОшМУнун №19 бюллетенинин жана  
710200– ИСТ багыты боюнча НББПнын негизинде түзүлгөн.

Түзгөн

доцент Садыков Э.

Кафедра башчысы

доцент Өскөнбаев М.Ч.

Ош, 2025

**КОЛДОНМО КВАНТТЫК ЭЛЕКТРОНИКА дисциплинасы боюнча БААЛОО  
КАРАЖАТТАРЫНЫН ФОНДУ**

**Дисциплинанын темалары боюнча баалоо каражаттары**

<b>№</b>	<b>Теманын аталышы</b>	<b>Комп. коду</b>	<b>Окутуу натыйжасы</b>	<b>Баалоо каражаттары</b>
1	Кванттык электрониканын физикалык негиздери	КК - 2	ОН - 2	Тест Текшерүү иши
2	Электромагниттик нурлануунун атомдук системалар менен өз ара аракети	КК - 2	ОН - 2	Тест Текшерүү иши
3	Электромагниттик нурланууну күчтөүү жана генерациялоо	КК - 2	ОН - 2	Тест Текшерүү иши
4	Жарым өткөргүчтөрдөгү оптикалык жана фотоэлектрик кубулуштар	КК - 3	ОН - 3	Тест Текшерүү иши
5	Сызыктую эмес оптикалык эффекттер	КК - 3	ОН - 3	Тест Текшерүү иши
6	Лазердик нурлардын таралышы жана трансформациясы	КК - 3	ОН - 3	Тест Текшерүү иши
7	Лазер – когеренттүү нурлануунун булагы	КК - 7	ОН - 3	Тест Текшерүү иши
8	Газ лазерлери	КК - 7	ОН - 7	Тест Текшерүү иши
9	Катуу абалдагы жана суюк лазерлер	КК - 7	ОН - 7	Тест Текшерүү иши
10	Жарым өткөргүч лазери	КК - 10	ОН - 7	Тест Текшерүү иши
11	Лазердерди колдонуу	КК - 10	ОН - 7	Тест Текшерүү иши
12	Лазердик нурланууну контролдоочу приборлор	КК - 10	ОН - 7	Тест Текшерүү иши

**Компетенттүүлүккө багытталган тапшырмалар**

<b>№</b>	<b>Ишмер. түрү</b>	<b>Аныкт.</b>	<b>Баалоо критерийлери</b>		<b>Упай</b>
			<b>Упай</b>	<b>Баалоо критерийлери</b>	
1.	семинар.	Теориялык алган билимдерин пайдаланып, берилген тапшырмаларды аткаруу үчүн студенттин иш-аракети	4 (Жогорку денгээл)	Магистрант лекциялык, семинардык сабактардың бардык этаптарына сабакты себепсиз калтырбай, активдүү катышса, тапшырмаларды так жана өз убагында аткарса, практикалык жана теориялык материалдарды байланыштырып, логикалык жыйынтык чыгарса, топтук суроолорго так жооп берсе, сабакка жоопкерчилик жана кызыгуу менен мамиле кылса	Семин. 4
			3 (жакшы денгээл)	Магистрант лекциялык, семинардык сабактарга бардык этаптарына активдүү катышса, кээ бир учурларда активдүүлүгү	

				төмөндөсө, айрым учурларда сабакты калтырса, тапшырмаларды так аткарса, практикалык жана теориялык материалдарды байланыштырып, жооп берүүгө аракет кылса, , топтук суроолорго активдүүлүгү азыраак болсо, бирок сабакка жоопкерчилик менен мамиле кылса	
			2 (орточно дengээл)	Магистрант лекциялык, семинардык сабактарга бардык этаптарында катышуусу жакши болбой, айрым учурларда сабакты калтырса, тапшырмаларды так аткарбаса, берилген тапшырмага жооп берүүгө аракет кылса, бирок сабакка жоопкерчилик менен мамиле кылса	
			0-1 (төмөн)	Магистрант сабакты көп үзгүлтүккө учуратып, такыр активдүүлүгү төмөн болсо	
3.	Тест	Окутуучу студенттин керектүү билгичтикке жана көндүмгө канчалык дengээлде экендигин көрсөтүүчү баалоочу каражат	Платформа аркылуу 26 тест берилет. Ар бир туура жооп – 0,5 упай		№1 АТ – 13 (№2 АТ-13 да ушул сыйкт. баалан ат)
4.	Презен.	Өз алдынча ой-жүгүртүп, берилген тема боюнча теориялык жана практикалык маалыматтарды анализедеп, аргументтердин негиздеген кыскача аткарган баалоочу каражат	Упай	<b>Баалоо критерийлери</b>	СӨАИ – 8
			7-8	<b>Презентация:</b> Тема толук ачылган, аргументтер жана мисалдар менен ой-пикирлер так жана логикалык ирээтте жасалган болсо	
			5-6	<b>Презентация:</b> Тема негизинен ачылган, бирок мисалдар жана аргументтер жетишсиз. Айрым ой-пикирлер так эмес болсо	
			3-4	<b>Презентация:</b> Тема үстүрттөн ачылып, аргументтер жана мисалдар жетишсиз. Логика жана ой-пирiler жетишсиз болсо	
			0-2	<b>Презентация:</b> Тема дээрлик ачылбаган, аргументтер жана мисалдар жок	
	Видео сабак	Теориялык алган билимдерин түшүнгөндүгүн видеосабак аркылуу баалоочу каражат	Упай	<b>Баалоо критерийлери</b>	
			7-8	Видео сабак толук жана сапаттуу даярдалган. Бардык этаптар (теманын актуалдуулугу, максат, мисалдар, жыйынтык) камтылган. Видео ачык жана логикалык уюштурулган. Текст жана аудио элементтер толук кандуу, жакши колдонулган. Магистрант теманы толук түшүнөт жана практикалык мисалдар менен байланыштыра алат.	

			5-6	Вideo сабак толук даярдалган. Бардык этаптар (теманын актуалдуулугу, максат, мисалдар, жыйынтык) камтылган. Видео ачык жана логикалык уюштурууга аракет жасаган. Текст жана аудио элементтер толук кандуу колдонулган эмес. Магистрант теманы толук эмес түшүнөт жана практикалык мисалдар менен байланыштыра алуусу начар.	
			1-4	Видео даярдалган. Бардык этаптар (теманын актуалдуулугу, максат, мисалдар, жыйынтык) толук камтылган эмес. Студент теманы толук түшүнбөйт жана практикалык мисалдар менен байланыштыра алуудан кыйналат.	
			0	Видео сабак жок	
			<b>Упай</b>		<b>Баалоо критерийлери</b>
Чек-лист	Коюлган проблема же тапшырманы аткарууда тийиш болгон кадамдардын же талаптардын тизмеси үчүн колдонулган баалоо каражаты	7-8	Чек листте көрсөтүлгөн бардык элементтер толук жана туура аныкталган. Теориялык жана практикалык түшүнүктөр туура колдонулуп, талдоо, салыштыруу жана негиздөө жүргүзүлгөн. Материал логикалуу жана структуралуу жазылып, тапшырма өз убагында аткарылган.		
		5-6	Чек листте көрсөтүлгөн бардык элементтер толук эмес аныкталган. Теориялык жана практикалык түшүнүктөр колдонулуп, талдоо, салыштыруу жана негиздөө толук эмес жүргүзүлгөн. Материал логикалуу жана структуралуу жазылып, тапшырма өз убагында аткарылган.		
		3-4	Чек листте көрсөтүлгөн элементтер толук эмес аныкталган. Теориялык жана практикалык түшүнүктөр туура эмес колдонулуп, талдоо, салыштыруу жана негиздөө толук эмес жүргүзүлгөн. Материалдын логикалуулугу жана структуралуулугу так жазылбай, тапшырма өз убагында аткарылган.		
		0-2	Чек листте көрсөтүлгөн элементтер такыр туура эмес аныкталган. Теориялык жана практикалык түшүнүктөр туура эмес колдонулуп, талдоо, салыштыруу жана негиздөө жүргүзө алган эмес. Материалдын логикалуулугу жана структуралуулугу так жазылбай, тапшырма өз убагында аткарылган эмес.		

5	Тест	Окутуучу студенттин керектүү билимге, билгичтикке жана көндүмгө канчалык денгээлде экендингин көрсөтүүчү баалоочу каражат	Жалпы тесттик суроолордун саны: 100 4 вариантка бөлүнөт, ар бир вариант 25 тесттик суроону камтыйт. Ар бир белгиленген туура жооп: 2 упай	Жый. Экзам. – 50
---	------	---	---	------------------------

***Магистранттарды баллоо негизинен төмөндөгүчө тартипте жүрөт:***

- ✓ **Агымдык баалоо:** Сабак учурунда магистранттын активдүүлүгү, суроолорго жооп берүүсү, күнүмдүк тапшырмаларды аткаруусу, глоссарий толтурууусу жана темаларды өздөштүрүүсү эске алынат.
- ✓ **Өз алдынча иштерди баалоо:** Магистрант тарабынан даярдалган рефераттар, эсселер, презентациялар, аналитикалык иштер жана практикалык тапшырмалар атайын критерийлер боюнча бааланат.
- ✓ **Аралык жана учурдук текшерүү:** Дисциплина боюнча темаларды өздөштүрүү деңгээли текшерилет. Бул тест, жазуу иши, мини-имтхан же оозеки суроолор форматында өткөрүлүшү мүмкүн.
- ✓ **Жыйынтыктоочу баалоо:** Семестр ичинде өздөштүрүлгөн бардык темалар боюнча магистранттын билими комплекстүү текшерилет. Экзамен тест, оозеки же жазуу формасында болушу мүмкүн.

*Агымдык баалоодо берилген тапшырманы туура аткарса, семинардык сабактарда ар бир тапшырманы туура, так аткарганыдыгы учун 4 упайдан берилет. Семестр жыйынтыгында ар бир семинардык сабактан алынган упайлардын жыйынтыгынын орточосу каралат. Максимум 4 упай менен бааланат.*

*СӨАИге ар бир тапшырма учун 8 упайдан берилет, семестр жыйынтыгында топтолгондун упайлардын орточосу каралат. Упайлардын болуштурулүүсү жогоруда таблицида көрсөтүлгөн.*

*Аралык текшерүү тест түрүндө жүргүзүлөт. Ар бир туура белгиленген тест – 0,5 упай. Жалпы 26 тест, жыйынтыгы максимуму-13 упай болот.*

*Жыйынтык баада 50 упай топтоо учун 25 суроо берилет. Ар бир туура жоо: 2 упайдан.*

## VII. МАГИСТРАНТАР ҮЧҮН ӨЗ АЛДЫНЧА ИШТӨӨНҮ УЮШТУРУУ БОЮНЧА УСУЛДУК КӨРСӨТМӨЛӨР

Тема:

СӨАИнин окутуу натыйжасы		Калыптандыруучу компетенциялар
СӨАИнин тапшырмасын алган күнү	СӨАИнин биринчи текшерүүдөн өткөн күнү	СӨАИнин иштеп тапшырган күнү
20.10.2025-ж.	17.11.2025-ж.	15.12.2025-ж.

Иштин кадамдары:

1-кадам. Далярдоо баскычы:

- Отчет түзүүнүн негизги принциптери менен тааныштуу
- Фундаменталдык илимдер боюнча толук түшүнүк алуу
- Фундаменталдуу илимдердин дүйнөлүк өнүгүүдөгү негизги өзөк экенин талдоо жана анализдөө

2-кадам. Негизги этап:

- Отчетко материалдарды логикалык жана структуралык деңгээлде ирээттөө
- Топтолгон материалдарды туура анализдеп, бөлүмдөргө бөлүү
- Ар бир бөлүмгө өз-өзүнчө жыйынтык жасоо

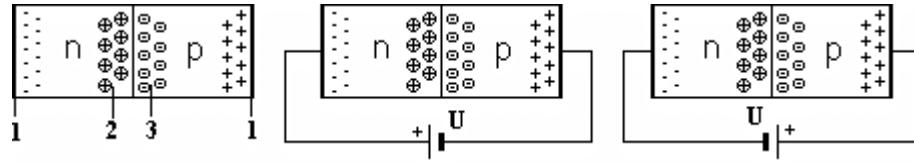
3-кадам. Жыйынтыктоочу этап:

- Фундаменталдуу илимдер боюнча топтолгон материалдардан видеоматериал же презентация жасоо
- Өз алдынча иштин жыйынтыгын окутуучуга тапшыруу

## VIII. ГЛОССАРИЙ

1. Активность атомов любого элемента при взаимодействии с другими элементами вещества определяется валентными электронами, расположенными на внешней оболочке атома и легко покидающими свою орбиту, определяя тем самым электропроводность материала.
2. При нагревании полупроводника часть валентных связей нарушается под действием тепловых колебаний атомов в решетке, что приводит к одновременному образованию свободных электронов и пустых мест — дырок, которые, совершая хаотическое движение в течение некоторого времени (времени жизни), рекомбинируют (соединяются) с одним из свободных электронов, образуя стабильный атом решетки.
3. Собственные или типа i (от англ. *intrisinc* — собственный) полупроводники характеризуются высокой чистотой полупроводника, собственная проводимость которого определяется парными носителями заряда (электрон — дырка) теплового происхождения.
4. Примесная проводимость полупроводников обусловлена наличием примесных атомов, замещающих часть основных атомов в узлах кристаллической решетки.
5. Электронные или полупроводники n-типа характеризуются наличием донорных («отдающих» электроны) примесей, валентность которых на единицу выше (по отношению к германию и кремнию это фосфор, мышьяк и другие элементы).
6. Полупроводники с дырочной или проводимостью p-типа характеризуются наличием акцепторной («принимающей» электроны) примесью, валентность которой на единицу меньше (по отношению к германию и кремнию это алюминий, галлий, бор, индий и другие элементы).
7. Электронно-дырочный или p-n-переход — это комбинация из двух полупроводников с различными типами проводимости (p- и n- типа, рис. 2.1, a), которая создается с применением специальных технологий (сплавлением, диффузией и др.)
8. Поскольку концентрация дырок в p-слое больше, чем в n- слое, то некоторая их часть за счет диффузии перейдет в n-область, где они будут рекомбинировать с электронами до тех пор, пока не установится равновесие, в результате чего на границе перехода со стороны n-слоя будет создана зона 2 (рис. 2.1, a) нескомпенсированных положительных зарядов (ионов) донорных атомов.
9. Аналогичными п. 8 процессами будет сопровождаться переход электронов из n- в p- область, в результате чего на границе перехода со стороны p-слоя будет создана зона 3 (рис. 2.1, a) нескомпенсированных отрицательных зарядов (ионов) акцепторных атомов.
10. Электрическое поле пространственных зарядов между зонами 2 и 3 (рис. 2.1, a) характеризуется контактной разностью потенциалов  $\Delta\phi_0$ , определяемой соотношением концентраций основных и неосновных носителей (например, дырок и электронов для p-слоя) и температурным потенциалом  $\varphi_T = kT/q$ , где  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К — постоянная Больцмана; T — абсолютная температура;  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл — заряд электрона (при «комнатной» температуре  $T = 300$  °К и  $\varphi_T \approx 26$  мВ).  
Значение  $\Delta\phi_0$  для германия составляет около 0,35 В и 0,62 В — для кремния.
11. Для подключения внешних выводов используются омические (невыпрямляющие) контакты 1 (рис. 2.1, a) из олова, золота и других материалов, не создающих в сочетании с полупроводником p-n- переход.
12. Если к p-n-переходу подключить источник постоянного напряжения U плюсом к n-области (рис. 1, б), то в области перехода потенциальный барьер увеличится до  $\Delta\varphi = \Delta\phi_0 + U$  (p-n-переход расширяется) вследствие того, что электроны n-области притягиваются (отталкиваются от перехода) к положительному зажиму источника, а дырки p-области — к отрицательному и количество пересекающих переход носителей заряда существенно

уменьшается.



a)

б)

в) Рис.

## 2.1. Структура р-п—перехода

**13.** Указанное в п. 12 включение р-п—перехода называется обратным (непроводящим), при котором неосновные носители (дырки для п-области и электроны для р-области), оказавшиеся за счет хаотического теплового движения вблизи перехода, переносятся его полем, образуя обратный ток  $I_o$ , который для кремния увеличивается в два раза при увеличении температуры на каждые  $10^{\circ}\text{C}$ .

**14.** Если поменять полярность подключения источника (рис. 1, в), то в области перехода потенциальный барьер снижается до  $\Delta\varphi = \Delta\varphi_0 - U$  (р-п—переход сужается) вследствие того, что электроны п-слоя и дырки р-слоя отталкиваются в область перехода и количество пересекающих его носителей заряда существенно увеличивается.

**15.** Указанное в п. 14 включение р-п—перехода называется прямым (проводящим) и для этого случая его вольтамперная характеристика (ВАХ) описывается формулой:

$$I = I_o[\exp(U/n\varphi_T) - 1],$$

где  $I$  — ток через переход при напряжении  $U$ ;  $I_o$  — обратный (тепловой) ток;  $n = 1\dots 2$  — поправочный коэффициент, учитывающий отклонение характеристики от идеальной (теоретической);  $\varphi_T$  — температурный потенциал (см. п. 10). Приведенная формула считается основным уравнением полупроводниковой электроники.

**16.** Биполярный транзистор был разработан в 1950 году американским физиком В. Шокли. Название «транзистор» происходит от английских слов transfer и resistor, т. е. буквально — «передающий резистор». Название «биполярный» объясняется тем, что, являясь трехэлектродным прибором, транзистор представляет собой конструкцию из двух р-п—переходов, один из которых, называемый эмиттерным,мещен в прямом направлении (одна полярность), а другой, называемый коллекторным, смешен в обратном направлении (вторая полярность). Область между этими двумя переходами называется базой, толщина которой существенно меньше длины свободного пробега носителей заряда, благодаря чему большая их часть (98% и более), инжектируемая прямо смешенным переходом база-эмиттер, достигает перехода база-коллектор и, подхватываясь «благоприятным» направлением поля этого перехода, образует коллекторный ток  $I_k$ . Общее же количество инжектируемых носителей образует эмиттерный ток  $I_e$ , их незначительная часть (2% и менее) рекомбинирует в области базы, образуя базовый ток  $I_b$ .

## 17. Схемы включения биполярных транзисторов ОБ (общая база)

— управляющим электродом является эмиттер, выходным — коллектор, база — общим для входного и выходного сигналов; ОЭ (общий эмиттер) — управляющим электродом является база, выходным — коллектор, эмиттер — общим для входа и выхода; ОК (общий коллектор или эмиттерный повторитель) — управляющим электродом является база, выходным —

эмиттер, коллектор — общим для входа и выхода.

**18.** Поскольку выходной величиной является коллекторный ток, то отношение  $\alpha = I_k/I_b < 1$  называют коэффициентом усиления тока эмиттера для схемы ОБ. Так как  $I_b = I_k + I_6$ , то для схемы ОЭ с учетом

$\alpha$  коэффициент усиления тока базы  $\beta = I_k/I_6 = \alpha/(1 - \alpha)$ . Коэффициенты

$\alpha$  и  $\beta$  зависят от толщины базы: чем она тоньше, тем меньшее количество инжектируемых электронов (или дырок) будет в ней «застраевать» (рекомбинировать) (уменьшение  $I_6$ ) и тем большее их количество будет проходить к коллекторному переходу (увеличение  $I_k$ ); значение  $\alpha = 0,999$  ( $\beta = 999$ ) было достигнуто в меза-транзисторах спустя несколько десятилетий после изобретения транзистора благодаря усовершенствованию технологии их изготовления.

**19.** Входная ВАХ биполярного транзистора ( $I_{69} = f(U_{69})$ ) в режиме малых сигналов практически совпадает с ВАХ прямо смещенного p-n-перехода.

**20.** Эффект Эрли в биполярных транзисторах — это эффект модуляции толщины базы, вызываемый изменением напряжения на коллекторе в режиме больших сигналов (при увеличении этого напряжения толщина базы уменьшается); поэтому в справочниках входная ВАХ ( $I_{69} = f(U_{69})$ ) часто приводится для двух значений коллекторного напряжения.

**21.** Семейство выходных ВАХ — это зависимость коллекторного тока от коллекторного напряжения при нескольких фиксированных значениях токов базы  $I_b$  ( $I_k = f(U_k)I_b = \text{const}$ ).

**22.** Полевые транзисторы отличаются от биполярных тем, что в них используются носители только одного типа (электроны или дырки) и основным способом их движения является дрейф в электрическом поле.

**23.** Полевые транзисторы с управляющим p-n-переходом отличаются от биполярных тем, что управляющий p-n-переход работает в обратно смещенном режиме, что обеспечивает высокое входное сопротивление (до  $10^{12}$  Ом) и малый ток утечки (до  $10^{-12}$  А).

**24.** МДП-транзистор — полевой транзистор с Металлическим затвором и Диэлектрической пленкой между затвором и Полупроводником p- или n-типа, проводимость которого управляет электрическим полем затвора.

**25.** Полевые МДП-транзисторы характеризуются повышенным входным сопротивлением (до  $10^{15}$  Ом) и малым током утечки (до  $10^{-15}$  А).

**26.** Основные характеристики полевых транзисторов, кроме перечисленных в п. 23 и 25: *крутизна характеристики* — отношение приращения тока стока к приращению напряжения на затворе (до 30 мА/В), *напряжение отсечки* — напряжение затвор-исток, при котором ток стока минимален и *пороговое напряжение* — напряжение затвор-исток, при котором индуцируется (создается) канал (только для МДП-транзисторов с индуцированным каналом).

**27.** Основным недостатком МДП-транзисторов является необходимость электростатической защиты, особенно у МОП-транзисторов, затвор которых изолирован от канала весьма тонким слоем окисла

кремния, который легко пробивается при соприкосновении с руками монтажника (по данным компании Motorola, в сухую погоду (при влажности 10—20%) ходьба по ковру вызывает генерацию на теле человека статического электричества до 35 кВ); поэтому изделия с такими транзисторами, как правило, поставляются в токопроводящих упаковках, а при их монтаже используются специальные средства защиты: заземленные паяльники и браслеты для рук, монтажные инструменты с токопроводящими ручками, полы и монтажные столы с антистатическим покрытием, поддержка соответствующей влажности воздуха (в некоторых случаях с дополнительной ионизацией).

**28.** Типы цифровых интегральных микросхем (ИМС) средней и высокой степени интеграции: ИМС, выполненные по биполярной, КМОП- и смешанной БИ-КМОП-технологии; ИМС на Комплементарных МОП-транзисторах (комбинации из двух МОП-транзисторов с каналами разной проводимости (*n*- и *p*-типа)); отличаются высокой экономичностью и быстродействием.

**29.** Параметры наиболее часто используемого усилительного каскада с общим эмиттером: коэффициент усиления по напряжению равен отношению коллекторного сопротивления к эмиттерному; для выхода рабочего режима и его стабильности используется низкоомный делитель напряжения в базовой цепи и резистор — в эмиттерной; для уменьшения нелинейных искажений напряжение на коллекторе в статическом режиме (при отсутствии входного сигнала) не должен превышать половину напряжения питания коллекторной цепи.

**30.** Критерии выбора оптимальных параметров дифференциального каскада: обеспечение идентичности транзисторной пары и коллекторных нагрузок; постоянство суммарного эмиттерного тока транзисторной пары, что достигается использованием в эмиттерной цепи высококачественного стабилизатора тока.

**31.** В стабилизаторе тока на базе каскада с ОЭ используется свойство этого каскада поддерживать постоянство коллекторного тока при изменениях нагрузки и напряжения на коллекторе за счет большого динамического сопротивления, равного отношению приращений напряжения на коллекторе и коллекторного тока, а также стабилизация положения рабочей точки на входной характеристике транзистора.

**32.** В дифференциальных каскадах операционных усилителей (ОУ) часто используется составной транзистор (каскад Дарлингтона), коэффициент усиления которого по току равен произведению коэффициентов усиления первого и второго транзисторов, образующих каскад Дарлингтона.

**33.** Название «Операционный усилитель» произошло от математиков, которые использовали их в аналоговых вычислительных машинах в качестве основного элемента решающих блоков (интеграторов, сумматоров и т. п.).

**34.** Между входными зажимами ОУ действует дифференциальный сигнал, коэффициент усиления которого в лучших промышленных образцах ОУ достигает значений 100... 120 дБ ( $10^5 \dots 10^6$ ).

**35.** Между общей шиной и каждым входом ОУ действуют синфазные сигналы, которые в большинстве случаев применения ОУ являются помехами, коэффициент ослабления которых в лучших промышленных образцах ОУ достигает значений 100... 120 дБ ( $10^5 \dots 10^6$ ).

**36.** Полоса пропускания ОУ в схеме инвертирующего усилителя определяется по уровню 0,707 амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) или (в децибелах)  $20\lg(0,707) = -3$  дБ.

**37.** В связи с возросшей доступностью ОУ как комплектующего компонента радиоэлектронной аппаратуры они используются в таких прецизионных устройствах как масштабирующие преобразователи, инструментальные усилители, активные фильтры, логарифмические усилители, компараторы, прецизионные выпрямители и др.

**38.** В общем случае цифровые устройства, оперирующие с двоичной (дискретной) информацией, подразделяются на два класса: комбинационные схемы — дискретные автоматы без памяти (логические элементы, шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры, демультиплексоры и др.) и последовательностные — дискретные автоматы с памятью (триггеры, счетчики и регистры). Под памятью подразумевается свойство устройства сохранять в течение требуемого времени значения сигналов, характеризующих внутреннее

состояние цифрового устройства.

**39.** Базовыми логическими элементами являются инвертор (элемент НЕ: выходной сигнал  $Y = 1$  при входном  $X = 0$  и  $Y = 0$ , если  $X = 1$ ), ИЛИ (логическое сложение —  $Y = X_1 \vee X_2$  или  $Y = X_1 + X_2$ ; для двух переменных характеризуется *таблицей истинности*:  $0 + 0 = 0$ ;  $0 + 1 = 1$ ;

$1 + 0 = 1$ ;  $1 + 1 = 1$ ) и И (логическое умножение —  $Y = X_1 X_2$ :  $0 \cdot 0 = 0$ ;

$0 \cdot 1 = 0$ ;  $1 \cdot 0 = 0$ ;  $1 \cdot 1 = 1$ ).

**40.** Составными логическими элементами являются ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ (логическое сложение по модулю 2 —  $Y = X_1 \oplus X_2$  ( $0 + 0 = 0$ ;  $0 + 1 = 1$ ;  $1 + 0 = 0$ ;  $1 + 1 = 0$ ) и логический элемент с тремя состояниями выхода ( $Y = 0$ ;  $Y = 1$ ;  $Y = Z$  (выход отключен)).

Первый элемент является компонентом арифметических сумматоров и кодеков (кодирующих и декодирующих устройств); второй — непременным компонентом вычислительных и автоматических систем с общейшиной (например, IBM PC, где шиной данных пользуются разнесенные по времени обращения винчестер, съемные диски, мышь, клавиатура и т. п.).

**41.** В цифровых устройствах логические состояния представляются двумя уровнями напряжения (потенциалов): высоким, близким к напряжению источника питания, и низким, близким к нулю (так называемая потенциальная система представления информации). Длительность потенциальных сигналов определяется частотой смены информации, а переключающими импульсами служат перепады напряжения от одного уровня к другому.

Два уровня напряжения, характеризующие логические состояния, определяются просто как более высокий H (High — высокий) и низкий L (Low — низкий). Эти два значения называют логическими уровнями. Существуют два рода так называемых логических соглашений в зависимости от того, каким уровнем напряжения кодировать логическую 1 и логический 0. В соглашении *положительной логики* более высокий уровень напряжения (H) соответствует логической 1, а низкий (L) — логическому 0. В соглашении *отрицательной логики* — наоборот.

Элемент, выполняющий логические функции, можно оценивать с позиций как положительной, так и отрицательной логики. Его функциональная роль в обоих случаях будет различной. Это важное положение, которым часто пользуются на практике, вытекает из законов Де Моргана. Например, по правилам положительной логики ( $H = 1$ ) элемент выполняет операцию И, а в отрицательной логике ( $H = 0$ ) он действует как элемент ИЛИ. Это нетрудно установить из сопоставления таблиц истинности для этих элементов (см. п. 40).

**42.** Триггеры используются во многих узлах электронной аппаратуры в виде самостоятельных изделий или в качестве базовых элементов для построения других, более сложных устройств (счетчиков, регистров, запоминающих устройств). Общим свойством триггеров является способность длительно оставаться в одном из двух возможных устойчивых состояний, которые распознаются по значению их выходных напряжений.

Базовым триггером является RS-триггер с двумя устойчивыми состояниями, которые обеспечиваются за счет связи выхода каждого элемента с одним из входов другого. Один из выходов триггера называются **прямым** (в силу симметрии схемы им может быть любой) и обозначают буквой Q, а другой — **инверсным** и обозначают  $Q'$  (в программе EWB —  $Q^{\prime}$ ). Состояние триггера часто отождествляется с сиг-

налом на прямом выходе, т. е. говорят, что триггер находится в единичном состоянии, если  $Q = 1$ , а  $Q' = 0$ , и в нулевом, если  $Q = 0$ , а  $Q' = 1$ .

1. Смена состояний триггера производится внешними сигналами; этот процесс называют переключением, перебросом или опрокидыванием.

Свободные входы служат для управления и называются **информационными** или **логическими**. Информационный вход, по которому триггер устанавливается в единичное состояние ( $Q = 1; Q' = 0$ ), называют **единичным** или S-входом (от англ. set — установка), а в нулевое ( $Q' = 0, Q = 1$ ) — **нулевым** или R-входом (reset — возврат).

Более сложные схемы триггеров содержат RS-триггер и устройства управления, представляющие собой комбинационные устройства, преобразующие входную информацию в комбинацию сигналов, под воздействием которых триггер принимает одно из двух устойчивых состояний.

**43.** Счетчиком называют устройство, сигналы на выходе которого отображают число импульсов, поступивших на счетный вход. Например, одиночный JK- или D-триггер может служить примером простейшего счетчика: он считает до двух. Счетчик, образованный цепочкой из  $m$  триггеров, может подсчитывать в двоичном коде  $2^m$  импульсов. Каждый из триггеров такой цепочки называют **разрядом счетчика**. Число  $m$  определяет количество разрядов двоичного числа, которое может быть записано в счетчик. Число  $K_{\text{сч}} = 2^m$  называют **коэффициентом (модулем) счета**.

Нулевое состояние всех триггеров принимается за нулевое состояние счетчика в целом. Остальные состояния нумеруются по числу поступивших входных импульсов. Когда число входных импульсов  $N_{\text{вх}}$

>  $K_{\text{сч}}$ , происходит переполнение, после чего счетчик возвращается в нулевое состояние и цикл повторяется.

**44.** В суммирующем счетчике каждый входной импульс увеличивает на единицу число, записанное в счетчик, при этом перенос информации из одного разряда в другой, более старший, происходит при смене состояния 1 на 0.

Вычитающий счетчик действует обратным образом: двоичное число, хранящееся в счетчике, с каждым поступающим импульсом уменьшается на единицу. Переполнение вычитающего счетчика происходит после достижения им нулевого состояния. Перенос из младшего разряда в старший здесь имеет место при смене состояния младшего разряда с 0 на 1.

Реверсивный счетчик может работать в качестве суммирующего и вычитающего. Режим работы определяется управляющими сигналами на дополнительных входах для задания направления счета.

Счетчики с последовательным переносом представляют собой цепочку триггеров, в которой импульсы, подлежащие счету, поступают

на вход первого триггера, а сигнал переноса передается последовательно от одного разряда к другому. Главное достоинство счетчиков

— простота схемы; недостаток — сравнительно низкое быстродействие. Этого недостатка лишены более сложные счетчики с параллельным переносом, в которых срабатывание триггеров происходит синхронно, т. е. задержка переключения всего счетчика равна задержке одного триггера.

**45.** Регистры выполняются на синхронных триггерах D- или JK- типа. Занесение информации в регистр называют операцией ввода или записи. Выдача информации внешним устройствам характеризует операцию вывода или считывания. Все регистры подразделяются на накопительные (регистры памяти, хранения) и сдвигающие. Последние делятся на параллельные, последовательные и комбинированные (параллельно-последовательные и последовательно-параллельные), по направлению передачи (сдвига) информации — на односторонние и реверсивные.

**46.** Оперативные запоминающие устройства (ОЗУ) делятся на статические и динамические. В статических ОЗУ запоминание информации производится на триггерах, а в

динамических — на конденсаторах емкостью порядка 0,5 пФ. При включенном питании длительность хранения информации в статических ОЗУ не ограничена, тогда как в динамических она ограничена временем саморазряда конденсатора, что требует специальных средств регенерации и дополнительных затрат времени на этот процесс (около 5—12% времени работы системы).

**47.** Постоянные запоминающие устройства (ROM или ПЗУ) делятся на четыре типа:

— масочные (ROM(M)), программируемые на заводе-изготовителе с применением специальных масок;

— однократно программируемые потребителем (PROM) путем пережигания никромовых или поликремневых перемычек;

— многократно программируемые потребителем со стиранием записанной информации ультрафиолетовым излучением (EPROM или РПЗУ-УФ — репрограммируемые ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием);

— многократно программируемые потребителем с электрическим стиранием информации (EEPROM (E<sup>2</sup>PROM) или РПЗУ-ЭС).

**48.** Аналого-цифровые (АЦП) и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) применяются в информационно-измерительных системах, в технике связи, в цифровом телевидении, в бытовой технике и т. п. Под аналого-цифровым преобразованием понимается измерительный процесс, включающий дискретизацию, квантование и кодирование *не-прерывной* входной величины, которая может иметь бесконечно большое число значений и может быть непрерывной только по значению (например, по амплитуде) или только во времени. В ЦАП производится обратное преобразование.

**49.** Преимущества применения микроконтроллеров (МК) в системах управления: повышение технико-экономических показателей изделий (стоимость, надежность, потребляемая мощность, габаритные размеры), сокращение сроков их разработки и придания им принципиально новых потребительских качеств (расширение функциональных возможностей, модифицируемость, адаптивность и т. п.).

**50.** Типичная архитектура процессорного ядра МК: регистровая или RISC (Reduced Instruction Set Computer — компьютер с сокращенным набором команд), отличающаяся повышенным быстродействием.

**51.** Типичная архитектура организации памяти МК — гарвардская: предполагает раздельное использование памяти программ и данных, что позволяет микропроцессору (МП) работать одновременно как с памятью программ, так и с памятью данных, и тем самым увеличить производительность.

**52.** Критерии выбора МК: пригодность выбранного МК для решения поставленной задачи с учетом разрядности (8, 16, 32) и производительности (0,1... 200 MIPS), количества портов ввода/вывода (I/O), объема ОЗУ (RAM), ПЗУ (ROM), наличия часов реального времени; доступность: наличие МК в достаточных количествах, перспективы поставок в будущем, совместимость с МК, находящихся в стадии разработки; поддержка разработок: наличие программных (ассемблеры; компиляторы, симуляторы) и аппаратных средств поддержки (программаторы, эмуляторы, отладочные и оценочные модули); информационная поддержка: примеры применения и исходных текстов программ, квалифицированная консультация, виды связи с поставщиком и разработчиком, наличие научно-технической литературы на русском языке.

**53.** AVR микроконтроллеры компании Atmel (США). Звучная аббревиатура AVR, пристраящаяся в заголовках многочисленных русскоязычных книг по 8-разрядным МК фирмы Atmel и отсутствующая в официальных обозначениях таких МК, связана с именами двух студентов университета из 150-тысячного норвежского города Тронхейм Альфа Богена (Alf-Egil Bogen) и Вегарда Воллена (Vegard Wollen), которые разработали одну из самых удачных

архитектуру МК и в 1995 году

предложили ее корпорации Atmel, известной своими «ноу-хау» в области Flash-памяти. Идея настолько понравилась руководству Atmel, что было принято решение незамедлительно инвестировать предлагаемый проект, в результате чего в 1996 году в Тронхейме был основан исследовательский центр Atmel, а во второй половине 1997-го корпорация приступила к серийному производству нового семейства МК, к их рекламной и технической поддержке.

**54.** Состав и назначение процессорного ядра AVR-МК: регистры общего назначения (РОН), арифметико-логическое устройства (АЛУ) и регистры управления; принимает из памяти программ коды команд и после декодирования выполняет их.

**55.** Память программ Flash ROM служит для хранения кодов команд управляющей программы МК; допускает многократное (около 10 тыс.) внутрисхемное стирание и запись информации с помощью SPI-интерфейса непосредственно в целевом изделии без извлечения из него МК.

**56.** Энергонезависимая память EEPROM используется для долговременного хранения различной информации (промежуточные данные, константы, коэффициенты), которая может изменяться в процессе функционирования МК-системы; исходные данные загружаются в EEPROM через SPI-интерфейс; число циклов стирание/запись составляет не менее 100 тысяч.

**57.** ОЗУ статического типа (Static RAM, SRAM) служит для хранения переменных управляющей программ; для большинства МК здесь располагается также стек.

**58.** Тактовый генератор AVR-МК определяет скорость работы МК и синхронизацию всех его функциональных узлов.

**59.** Последовательный порт AVR-МК — аналог COM-порта настольного ПК — служит для обмена данными с внешними устройствами, включая ПК, по двухпроводной линии связи.

**60.** Порты ввода/вывода AVR-МК имеют от 3 до 53 независимых линий вход/выход, каждая из которых может быть запрограммирована на вход или выход с общей нагрузочной способностью до 40 мА, что позволяет подключать непосредственно к МК светодиоды и биполярные транзисторы.

**61.** Таймер-счетчик общего назначения AVR-МК предназначен для формирования запроса прерывания по истечении заданного интервала времени (режим таймера) или накопления заданного числа событий (режим счетчика).

**62.** Сторожевой таймер AVR-МК предназначен для ликвидации последствий сбоя в ходе выполнения программы путем перезапуска МК.

**63.** Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) AVR-МК содержит базовый 10-разрядный АЦП и регистры управления; для обслуживания нескольких датчиков, подключенных к соответствующим портам ввода/вывода, используется аналоговый мультиплексор (коммутатор) для подключения в заданной последовательности одного из датчиков ко входу базового АЦП.

**64.** Программные средства поддержки разработок на базе AVR-МК: бесплатная программа AVR Studio с поддержкой всех аппаратных отладочных средств, выпускаемых компанией Atmel и сторонними организациями.

**65.** Аппаратные средства поддержки разработок на базе AVR-МК: внутрисхемные программаторы (In-System Programmers); стартовые наборы разработчика (Starter Kits); внутрисхемные эмуляторы (In-Circuit Emulators); специализированные наборы.

## **IX. ОКУУ МЕТОДИКАЛЫК МАТЕРИАЛДАР**

- 1.Башкиров, А. И. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А. И. Башкиров, С. М. Шандаров. — Томск: ТУСУР, 2012. — 98 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1578>
- 2.Квантовая и оптическая электроника: Учебное пособие / Шангина Л. И. — 2012. 303 с.
- 3.Физические основы квантовой и оптической электроники: Методические указания к практическим занятиям / Шандаров С. М. — 2013. 31 с.

### Научное сотрудничество

Для выполнения научно-исследовательской практики магистрантов, аспирантов и PhD докторантов между Ошским государственным университетом и Институтом природных ресурсов им. А.С джаманбаева Южного отделения Национальной Академии наук Кыргызской Республики составлен договор о научном сотрудничестве. В научных лабораториях института магистранты, аспиранты и PhD докторанты университета проводят научные исследования.

Для выполнения научно-исследовательской работы PhD докторантов между Ошским государственным университетом и Андижанским государственным университетом составлен договор о научном сотрудничестве.  
В настоящее время PhD докторанты Ошским государственного университета под научным руководством профессора Андижанского государственного университета Алиева Раимжана проводят совместные научно-исследовательские работы.

### Публикации

На базе Scopus опубликована следующая научная статья: