

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАҲБАР КАДРЛАРИНИ
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ
ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА
УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**“ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ”
йўналиши**

**“ЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАР ВА ТИЗИМЛАР ТАҲЛИЛИ”
МОДУЛИ БЎЙИЧА**

ЎҚУВ-УСЛУБИЙ МАЖМУА

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАҲБАР КАДРЛАРИНИ
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ
ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА
УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**



**“ЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАР ВА ТИЗИМЛАР
ТАҲЛИЛИ” модули бўйича**

ЎҚУВ – УСЛУБИЙ МАЖМУА



ТОШКЕНТ - 2016

Мазкур ўқув-услубий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2016 йил 6 апрелдаги 137-сонли буйруги билан тасдиқланган ўқув режа ва дастур асосида тайёрланди.

Тузувчилар: ТАТУ “Электроника ва радиотехника”
кафедраси ассистенти Г.Х.Жўраева

ТАТУ “Электроника ва радиотехника”
кафедраси катта ўқитувчиси Н.А.Ядгарова

Тақризчи: ТАТУ, АКТ бўйича маслаҳатчи проректори,
Жанубий Кореялик мутахассис Ли Чул Су

Ўқув -услубий мажмуа Тошкент ахборот технологиялари университети Кенгашининг қарори билан нашрга тавсия қилинган (2016 йил 29 августдаги 1(661) - сонли баённома)

PEER REVIEW

TO THE EDUCATION PROGRAM FOR THE COURSE OF RETRAINING PEDAGOGUE CADRES OF HIGHER EDUCATION ORGANIZATIONS IN THE DIRECTION OF "TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES"

The curriculum is devoted to strengthen the knowledge and retrain of academic staff of higher education during 2 months period.

The title and content of the curriculum to direction of "Telecommunication technologies" corresponds to the typical curriculum specialty and educational standards, qualification requirements to a specialist of ICT. The curriculum consists of the modules: legal foundation of higher education, innovative practices in education and teaching competencies, application of ICT in educational process, practical foreign language, system analysis and decision making. Moreover, special disciplines are Mobile communication systems, Data communication networks (IMS, NGN), Digital TV. The topics in the curriculum are based on foreign experience and modern technologies.

The modules mentioned in the program are formed on retraining pedagogues and improving qualification in the field of education, general requirements for the quality and preparation as well as the syllabus. With this, teachers of higher education institutions will be provided with competencies of professional skills, improving continual scientific activity, organizing educational-behavioral process and structural analysis of managing, as well as optimal decision-making in pedagogic situations by having them acquire modern education and innovation technologies on specialty, effective usage of advanced foreign experience, implementation of information communication technologies to teaching process, level of intensive learning of foreign languages.

This program will help to ensure quality, in line with international standards, training and professional development of highly qualified cadres in the field of telecommunication technologies.

Vice rector of ICT, TUIY



Chul Sool L.P.
[Signature]

**“ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ”
ЙЎНАЛИШИ БЎЙИЧА ОЛИЙ ТАЪЛИМ МУАССАСАЛАРИ ПЕДАГОГ
КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ
КУРСИ УЧУН ТАЙЁРЛАНГАН ЎҚУВ ДАСТУРИГА**

ТАҚРИЗ

Дастур Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-4732-сон Фармонидаги устувор йўналишлар мазмунидан келиб чиқсан ҳолда тузилган бўлиб, ўкув дастурни тузишда муаллифлар замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштиришни алоҳида эътиборга олишган.

Дастур мазмуни олий таълимнинг норматив-хуқуқий асослари ва қонунчилик нормалари, илғор таълим технологиялари ва педагогик маҳорат, таълим жараёнларида ахборот-коммуникация технологияларини кўллаш, амалий хорижий тил, тизимли таҳлил ва қарор қабул қилиш асосларини ўзлаштириш бўйича билим, кўникма ва малакаларини шакллантиришни назарда тутади.

Шунингдек, ўкув дастур ўз қамрови билан тингловчиларга таълимда интернет технологиялари, замонавий аудио-видео технологиялар, Электр занжирлар ва тизимлар таҳлили, Маълумот узатиш тармоклари (IMS, NGN), мобил алоқа тизимлари, Рақамли телевидения мутахассислик фанлари бўйича билим беришга мўлжалланган бўлиб, шу дастур миқёсида курсни таникил этиш мақсадга мувофиқдир деб ҳисоблайман.

Ўкув дастурдаги маълумотларни инобатга олган ҳолда, Телекоммуникация технологиялари йўналиши бўйича яратилган ушбу ўкув дастур тингловчилар учун фойдали бўлиб, педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш курси талабларига тўлиқ жавоб беради ва уни ўкув жараёнида қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Телекоммуникация инженеринги
кафедра мудири, т.ф.н. доцент



А.Эшмурадов

МУНДАРИЖА

1

Ишчи Дастан

2

Модулни ўқитиша
фойдаланиладиган
интерфаол таълим
Методлари

3

Назарий
Материаллар

4

Амалий
Машғулот
Материаллари

5

Кейслар Банки

6

Мустақил
Таълим
Мавзулари

7

Глоссарий

8

Адабиётлар Рўйхати

I. БҮЛІМ

ИШЧИ ДАСТУР

І.ИШЧИ ДАСТУР

Кириш

“Электр занжирлар ва тизимлар таҳлили”модули ахборот ва коммуникация технологияларида зарур бўлган рақамли қурилмаларни ишлаб чиқариш, лойиҳалаш ва тадқиқот ишларида керак бўладиган асосий негиз тушунчаларни, замонавий рақамли схемаларнинг истиқболли элемент базаси, юқори интеграция даражали интеграл схемалар, наноэлектрониканинг физик асослари, наноэлектрон асбоблар ва тизимлар, квант компьютерлари, симсиз наноэлектрон тизимлар хақидаги билимларини такомиллаштириш, ноэлектрон тизимлар истиқболли йўналишларини ўз ичига олган маъруза курси ва амалий машғулотлардан ташкил топган.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

“Электр занжирлар ва тизимлар таҳлили”модулининг мақсади: педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малака ошириш курс тингловчиларини замонавий рақамли схемаларнинг истиқболли элемент базаси, юқори интеграция даражали интеграл схемалар, наноэлектрониканинг физик асослари, наноэлектрон асбоблар ва тизимлар, квант компьютерлари, симсиз наноэлектрон тизимлар хақидаги билимларини такомиллаштириш, ноэлектрон тизимлар истиқболли йўналишларини белгилаш ҳамда муаммоларни аниқлаш, таҳлил этиш малакаларини таркиб топтириш.

“Электр занжирлар ва тизимлар таҳлили”модулининг вазифалари:

- ахборот ва коммуникация технологияларида ишлатиладиган рақамли қурилмаларнинг истиқболли турларини негиз элементларини тузилиши, ишлаш механизимларини таҳлил этиш;
- ахборот ва коммуникация технологияларида ишлатиладиган рақамли қурилмалар ёрдамида яратиладиган мураккаб рақамли қурилмаларнинг технологик ҳамда схемотехник хусусиятларини ўрганиш;
- келажакда рақамли қурилмаларни ишлаб чиқариш, лойиҳалаш ва тадқиқот ишларни муваффақиятли ўзлаштириши учун зарур бўладиган билимларни шакиллантириш ва амалиётга тадбик этишга ўрганиш.

Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар

“Электр занжирлар ва тизимлар тахлили” курсини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи:

- рақамли интеграл қурилмаларнинг ишлаш механизимларини;
- рақамли интеграл қурилмаларнинг характеристикалари ва эквивалент схемаларини;
- наноэлектрон асбоблар, нанотранзисторларнинг ишлаш механизимларини;
- юзага монтаж қилиш технологияларини;
- микросхемаларни параметрларини ўлчаш ҳамда анализ қилиш ва уларининг характеристикаларини;
- схемотехниканинг истиқболли йўналишларини;
- келажакда эса рақамли қурилмаларни ишлаб чиқариш, лойиҳалаш ва тадқиқот ишлари ҳақида **билимларга эга бўлиши;**

Тингловчи:

- ахборот ва коммуникация технологияларида ишлатиладиган рақамли қурилмалар микро- ва нано- йўналишлари ва вазифалари, схеманинг дискрет пассив компоненталари ва интеграл схема элементларини, интеграл микросхемаларни ўлчаш ҳамда анализ қилиш;
- ахборот ва коммуникация технологияларида ишлатиладиган рақамли қурилмалар параметрларини амалий ва виртуал дастурний таъминот ёрдамида аниқлаш ва олинган натижаларни тўғри тахлил қилиш;
- рақамли интеграл қурилмаларнинг параметрларини ўлчаш ҳамда характеристикаларини тадқиқ этишга ишлатиладиган асбоб ва аппаратураларда ишлаш **кўникмаларини эгаллаши;**

Тингловчи:

- ўзлаштирган билимларини рақамли интеграл қурилмаларни тўғри танлаш, характеристикасидан параметрларини тўғри хисоблаш, иш режимлари ва ташқи таъсиrlарга турғунлигини аниқлаб виртуал моделлар яратиш;
- замонавий симуляциялаш дастурний таъминотларидан кенг фойдаланишмалакаларини эгаллаши;

Тингловчи:

- NI Multisim 10 ва Ultiboard 10 муҳитларда рақамли электрон

курилмаларини лойиҳалаштириш компетенцияларни эгаллаши лозим.

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Электр занжирлар ва тизимлар тахлили” курси маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Курсни ўқитиши жараёнида таълимнинг замонавий методлари, ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

— маъруза дарсларида янги ахборот-технологиялари (мультимедиа, MultiSim, LabVIEW дастурий таъминотлари, NI ELVIS ишчи станцияси, ИНТЕРНЕТ) ва диалогик ёндошув, муаммоли таълим, блиц, алгоритм, мунозара, ўз-ўзини назорат ва бошқа интерактив таълим усулларини;

— ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан (LabVIEW дастури асосида тузилган интерактив ўлчаш асбоблари, MultiSim дастурий таъминотида виртуал схемаларни лойиҳалаштириш ва макетлаш ҳамда тадқиқ этиш, NI ELVIS ишчи станцияси) экспресс-сўровлар, ақлий ҳужум, гурухли фикрлаш, кичик гурухлар билан ишлаш, диалогик ёндошув, блиц-сўров, мунозара, ўз-ўзини назорат, коллоквиум ўтказиш, ва бошқа интерактив таълим усулларини қўллаш назарда тутилади.

Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

“Электр занжирлар ва тизимлар тахлили” модули мазмуни ўқув режадаги “Мобил алоқа тизимлари” ҳамда “Рақамли телевидения” ўқув модуллари билан узвий боғланган ҳолда, мутахассисликлари умумкасбий ва маҳсус фанлар бўйича дарс берувчи педагогларни малакасини ошириш тайёргарлик даражасини орттиришга хизмат қиласди.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар мутахассисликлари умумкасбий ва маҳсус фанлардан дарс берувчи педагоглар янги замонавий технологияларни ўрганиш ҳамда муаммоларни аниқлаш, уларни таҳлил этиш ва баҳолашга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Модулмавзулари	Тингловчинингўкув юкламаси, соат						Мустакил тальим	
		Хаммаси	Аудитория ўқув юкламаси				Жумладан		
			Жами	Назарий	Амалий	Машғулот	Кўчма машғулот		
1.	Микросхематехника ва наноэлектроника	4	2	2				2	
2.	Анолог ва рақамли схемаларнинг замонавий элемент базаси. Юқори интеграция даражали интеграл схемалар.	2	2	2					
3.	Наноэлектрониканинг физик асослари. Наноэлектрон асбоблар ва тизимлар. Квант компьютерлар.	2	2		2				
4.	Симсиз нано-электрон тизимлар/ истиқболли йўналишлари.	2	2		2				
5.	Замонавий рақамли ўлчаш усуллари. Моделлаш ва тестдан ўтказиш LabVIEW	2	2		2				
6.	Комъютер граф. мухитида виртуал асбобларни лойиҳалаштириш. NI Multisim 10 ва Ultiboard 10 мухитларда рақамли электрон курилмаларини лойиҳалаштириш. Курилма ишлаб чиқиш	2	2		2				
	Жами:	14	12	4	8			2	

НАЗАРИЙ МАШГУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-мавзу. Микросхематехника ва наноэлектроника. Аналог ва рақамли схемаларнинг замонавий элемент базаси. Наноэлектрониканинг физик асослари. Наноэлектрон асбоблар ва тизимлар. Квант компьютерлар.

Микросхемотехника ва наноэлектроника. Аналог ва рақамли схемаларнинг замонавий элемент базаси. Квант компьютерлар. Наноэлектрониканинг физик асослари. Наноэлектрон асбоблар ва тизимлар.

2- мавзу. Наноэлектрон тизимлар истиқболли йўналишлари.

Замонавий рақамли ўлчаш усуслари

Интеграл микроэлектроника ривожининг физик чегаралари. Наноэлектрон тизимлар истиқболли йўналишлари. Замонавий рақамли ўлчаш усуслари.

АМАЛИЙ МАШГУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-амалий машғулот. Моделлаш ва тестдан ўтказиш усувларини LabVIEW технологиясида амалга ошириш.

ВА дастурий таъминоти ҳам Visual C++, Visual Basic ва бошқалар каби стандарт воситалар ёрдамида, ҳам маҳсус дастурлар ёрдамида тузилиши мумкин. Ҳозирги кунда маҳсус дастурий таъминот сифатида National Instruments компаниясининг LabVIEW амалий дастурий пакети энг мос ва қулай ҳисобланади.

2-амалий машғулот. Компьютер графикаси мухитида вертуал асбобларни лойихалаштириш

Операцион кучайтиргич характеристикалари, операцион кучайтиргич асосидаги аналог сигналларни ўзгартириш схемаларининг тузилиш принциплари билан танишиш ва операцион кучайтиргич асосидаги инверслайдиган, инверсламайдиган кучайтиргичларни тадқиқ этиш.

3-амалий машғулот. Рақамли ўлчов асбоблар ёрдамида қурилмани тестдан ўтказиш.

Услубий күрсатмаларда келтирилаётган амалий дастурый таъминот 8.2. версиядаги LabVIEW мұхитидә лойиҳалаштирилған. Лаборатория амалиёти ресурсларига масофадан уланиш режими National Instruments технологияси ёрдамида амалга оширилади.

4-амалий машғулот:

NI Multisim 10 ва Ultiboard 10 мұхитларда рақамли электрон қурилмаларини лойиҳалаштириш. Рақамли электрон қурилмаларини ишлаб чиқариш.

Рақамли мантиқий элементлар, дешифратор, мультиплексор, триггерлар ва счетчиклар ишини тадқиқ этиш.

МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ

Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Тингловчи мустақил ишни муайян модулни хусусиятларини ҳисобга олган холда қуидаги шакллардан фойдаланиб тайёрлаши тавсия этилади:

- меъёрий хужжатлардан, ўқув ва илмий адабиётлардан фойдаланиш асосида модул мавзуларини ўрганиш;
- тарқатма материаллар бўйича маъruzалар қисмини ўзлаштириш;
- автоматлаштирилған ўргатувчи ва назорат қилувчи дастурлар билан ишлаш;
- максус адабиётлар бўйича модул бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;
- тингловчининг касбий фаолияти билан боғлиқ бўлган модул бўлимлари ва мавзуларни чукур ўрганиш.

МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ

1. Рақамли ўлчаш воситалари.
2. Моделлаш ва тестдан ўтказиш усулларини LabVIEW технологиясида.

3. Виртуал симуляциялашни тахлил қилиш.
4. Замонавий схемаларни анализ ва синтезлаш.
5. Динамик триггерлар.
6. Арифметик мантиқи қурилмалар.
7. Хотира қурилмаси.
8. Флеш хотира.
9. Синхрон қурилмалар.
10. Ассинхрон қурилмалар.
11. Микропроцессорлар.
12. Рақамли-аналог ўзгартиргичлар.
13. Аналог-ракамли ўзгартиргичлар.
14. Жамлагичлар.

ҮҚИТИШ ШАКЛЛАРИ

Мазкур модул бўйича қуидаги ўқитиш шаклларидан фойдаланилади:

- маърузалар, амалий машғулотлар (маълумотлар ва технологияларни англаб олиш, ақлий қизиқиши ривожлантириш, назарий билимларни мустаҳкамлаш);
- давра сухбатлари (кўрилаётган лойиҳа ечимлари бўйича таклиф бериш қобилиятини ошириш, эшитиш, идрок қилиш ва мантиқи хуносалар чиқариш);
- баҳс ва мунозаралар (лойиҳалар ечими бўйича далиллар ва асосли аргументларни тақдим қилиш, эшитиш ва муаммолар ечимини топиш қобилиятини ривожлантириш).

БАҲОЛАШ МЕЗОНИ

№	Баҳолаш турлари	Максимал балл	Баллар
1	Кейс топшириқлари		1.2 балл
2	Мустақил иш топшириқлари	2.5	0.5 балл
3	Амалий топшириқлар		0.8 балл

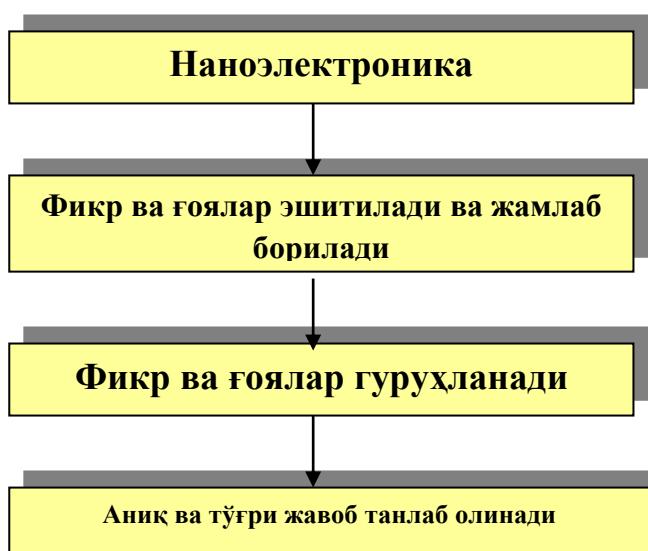
Ш. БҮЛІМ

МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА
ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН
ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ
МЕТОДЛАРИ

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

“Ақлий ҳужум” методи - бирор муаммо бўйича таълим олувчилар томонидан билдирилган эркин фикр ва мулоҳазаларни тўплаб, улар орқали маълум бир ечимга келинадиган методдир. “Ақлий ҳужум” методининг ёзма ва оғзаки шакллари мавжуд. Оғзаки шаклида таълим берувчи томонидан берилган саволга таълим олувчиларнинг ҳар бири ўз фикрини оғзаки билдиради. Таълим олувчилар ўз жавобларини аниқ ва қисқа тарзда баён этадилар. Ёзма шаклида эса берилган саволга таълим олувчилар ўз жавобларини қоғоз карточкаларга қисқа ва барчага кўринарли тарзда ёзадилар. Жавоблар доскага (магнитлар ёрдамида) ёки «пинборд» доскасига (игналар ёрдамида) маҳкамланади. “Ақлий ҳужум” методининг ёзма шаклида жавобларни маълум белгилар бўйича гурухлаб чиқиши имконияти мавжуддир. Ушбу метод тўғри ва ижобий қўлланилганда шахсни эркин, ижодий ва ностандарт фикрлашга ўргатади.

Намуна:



Хуноса:

“Ақлий ҳужум” методининг афзалликлари:

- натижалар баҳоланмаслиги таълим олувчиларда турли фикр-ғояларнинг шаклланишига олиб келади;
- таълим олувчиларнинг барчаси иштирок этади;
- фикр-ғоялар визуаллаштирилиб борилади;
- таълим олувчиларнинг бошланғич билимларини текшириб кўриши имконияти мавжуд;
- таълим олувчиларда мавзуга қизиқиш уйғотади.

“Ақлий ҳужум” методининг камчиликлари:

- таълим берувчи томонидан саволни тўғри қўя олмаслик;
- таълим берувчидан юқори даражада эшитиш қобилиятининг талаб этилиши.

“Кичик гурухларда ишлаш” методи - таълим оловчиларни фаоллаштириш мақсадида уларни кичик гурухларга ажратган ҳолда ўқув материалини ўрганиш ёки берилган топшириқни бажаришга қаратилган дарсдаги ижодий иш.

Намуна:



Хулоса:

«Кичик гурухларда ишлаш» методининг афзаллиги:

- ўқитиши мазмунини яхши ўзлаштиришга олиб келади;
- мулоқотга киришиш қўнимасининг такомиллашишига олиб келади;
- вақтни тежаш имконияти мавжуд;

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

- барча таълим олувчилар жалб этилади;
- ўз-ўзини ва гурухлараро баҳолаш имконияти мавжуд бўлади.

«Кичик гурухларда ишлаш» методининг камчиликлари:

- баъзи кичик гурухларда кучсиз таълим олувчилар бўлганлиги сабабли кучли таълим олувчиларнинг ҳам паст баҳо олиш эҳтимоли бор;
- барча таълим олувчиларни назорат қилиш имконияти паст бўлади;
- гурухлараро ўзаро салбий рақобатлар пайдо бўлиб қолиши мумкин;
- гурух ичида ўзаро низо пайдо бўлиши мумкин.

“Баҳс-мунозара” методи - бирор мавзу бўйича таълим олувчилар билан ўзаро баҳс, фикр алмашинув тарзида ўtkазиладиган ўқитиш методидир.

Намуна:



Хулоса:

“Баҳс-мунозара” методининг афзалликлари:

- таълим олувчиларни мустақил фикрлашга ундейди;
- таълим олувчилар ўз фикрининг тўғрилигини исботлашга ҳаракат қилишига имконият яратилади;
- таълим олувчиларда тинглаш ва таҳлил қилиш қобилиятининг ривожланишига ёрдам беради.

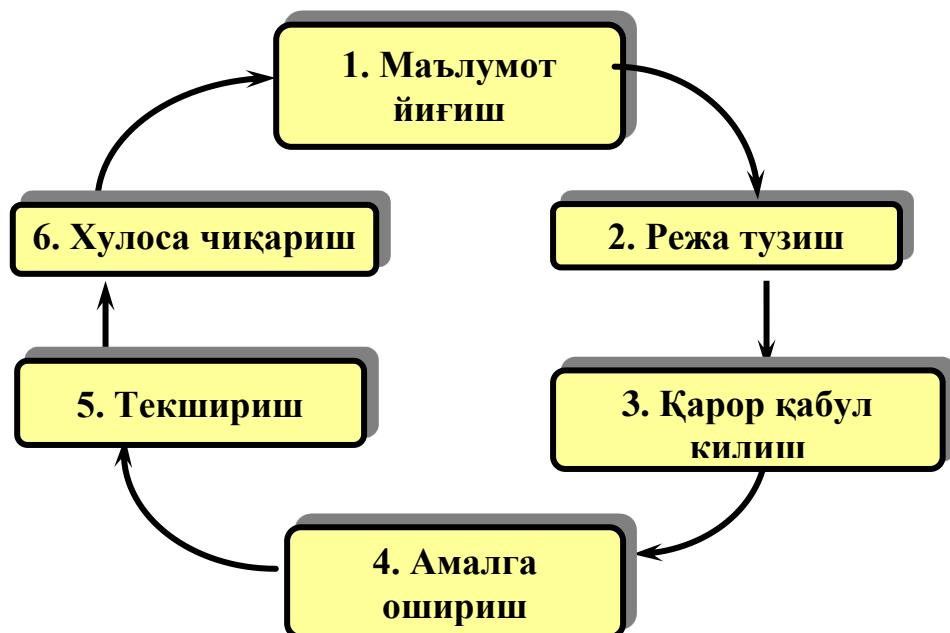
“Баҳс-мунозара” методининг камчиликлари:

- таълим берувчидан юксак бошқариш маҳоратини талаб этади;

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

•таълим олувчиларнинг билим даражасига мос ва қизиқарли бўлган мавзу танлаш талаб этилади.

“Лойиха” методи - бу таълим олувчиларнинг индивидуал ёки гурухларда белгиланган вақт давомида, белгиланган мавзу бўйича ахборот йиғиш, тадқиқот ўтказиш ва амалга ошириш ишларини олиб боришидир. Бу методда таълим олувчилар режалаштириш, қарор қабул қилиш, амалга ошириш, текшириш ва хulosса чиқариш ва натижаларни баҳолаш жараёнларида иштирок этадилар. Лойиха ишлаб чиқиш якка тартибда ёки гурӯҳий бўлиши мумкин, лекин ҳар бир лойиха ўкув гурӯҳининг биргаликдаги фаолиятининг мувофиқлаштирилган натижасидир. Бу жараёнда таълим олувчининг вазифаси белгиланган вақт ичида янги маҳсулотни ишлаб чиқиш ёки бошқа бир топшириқнинг ечимини топишдан иборат. Таълим олувчилар нуқтаи-назаридан топшириқ мураккаб бўлиши ва у таълим олувчилардан мавжуд билимларини бошқа вазиятларда қўллай олишни талаб қиласидиган топшириқ бўлиши керак.



III. БҮЛІМ

НАЗАРИЙ
МАТЕРИАЛЛАР

III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР

1-мавзу. Микросхемотехника ва наноэлектроника

Режа:

- 1.1. Микросхемотехника ва наноэлектроника.
- 1.2. Аналог ва рақамли схемаларнинг замонавий элемент базаси.
- 1.3. Квант компьютерлар.
- 1.4. Наноэлектрониканинг физик асослари.
- 1.5. Наноэлектрон асбоблар ва тизимлар.

Таянч иборалар: наноэлектроника, нанотехнология, фуллерен, графен, нанокристалл, МДЯ, ИМС, эпитаксия, квант компьютер, де Броил тўлқин, интерференция эффект, туннеллашув, инжекция режими

1.1. Микросхемотехника ва наноэлектроника

Наноэлектроника – нанотехнологияларнинг илмий ва технологик усулларидан фойдаланишга асосланади.

Нанотехнология – алоҳида атом ва молекулаларни бошқаришни (манипуляция), шунингдек бунинг учун зарур назарий ва амалий текширишларни қўллаш асосида нанообъектларни ишлаб чиқиш ва ишлаб чиқариш билан шуғулланувчи фан ва техника соҳасидир.

ISO/TK 229 техник комитетда нанотехнология деганда:

– бир ёки ундан ортиқ координаталарда 100 нм дан кичик ўлчамларда ўлчамли ҳодисаларни эътиборга олиш одатда янги қўлланишларга олиб келувчи нмли диапазонда материалларни тушуниш ва материалдаги жараён ва хусусиятларни бошқариш;

– алоҳида атом ва молекула, шунингдек ҳажмий материаллар хусусиятларидан фарқ қилувчи нмли материаллардан янги хусусиятларни намоён қилувчи мукаммалашган материаллар, асбоблар ва тизимлар ҳосил қилиш учун фойдаланиш назарда тутилади.

Дунё тузилиши ва унинг механикаси тасаввурига асосланган одатий технологиялар микроолам қонуниятлари ўзгачалиги сабабли атом масштабларда яроқсиз. Бунга квант ҳодисаларнинг аёнлашуви Ван-дер-Ваальс кучлари, алоҳида атомлар ва молекулаларнинг хусусиятлари мисол бўла олади.

Махсус технологик ускуналар ва нанотехнология асбобларининг ривожланиши эвазига нанотехнологиянинг янги усуллари пайдо бўлди. Ушбу ускуналар нанообъектларни кузатиш, улар параметрларини ўлчаш, алоҳида атомларни ва нанообъектларни бошқариш имконини беради. Бундай ускуналарга растр ва электрон микроскоп, сканерли конфокал микроскоп, ёруғлик дифракцияси билан боғлиқ чегарадан чиқиш имкониятини берувчи майдони яқин микроскоп, туннель микроскоп (электр ўтказувчи материаллар учун), рентген дифрактометр, лазерли интерферометрлар киради.

Туннель ва атом – куч микроскоп характерли ўлчамлари бир неча нмдан кичик объектларнинг кимёвий, физик ва фазовий хусусиятларини текшириш имкониятини бергани учун нанотехнологиянинг энг кенг тарқалган асбоби ҳисобланади. Атом – куч микроскоп (АКМ) ёрдамида ўтказгич ва электр ўтказмайдиган материалларнинг алоҳида атомларини кўришдан ташқари, уларга алоҳида таъсир ўтказиш, хусусан, атомларни сирт бўйича силжитиш мумкин.

Нанотехнологиялар обьекти – аввалам бор ўлчамлари $12\div100$ нм бўлган “нанозаррача” деб аталувчи зарралардан иборат. Нанозаррачалар катализатор ва адсорбцияловчи моддалар сифатида қизиқ. Оқсиллар, нуклин кислоталар билан таъсирлашувида нанозаррачалар қизиқ хусусиятларга эга. Нанозаррачалар ўз – ўзидан янги хусусиятларни намоён этувчи маълум тизимни ҳосил қилиши мумкин.

Нанозаррачаларнинг қўйидаги турлари маълум:

- ўтказгичларни портлатиш, плазма синтези, юпқа пардаларни тиклаш ва бошқа йўллар билан олинувчи уч ўлчамли обьектлар;
- молекуляр ва атом нурли эпитаксия, газ фазали эпитаксия, ион ўстириш ва бошқа усуллар билан ҳосил қилинувчи наноқатламлар – икки ўлчамли обьектлар;
- бир ўлчамли обьектлар – вискерлар;
- ноль – ўлчамли обьектлар – квант нуқталар.

Нанотехнологиялар олдидағи энг муҳим масалалардан бири табиатда мавжуд биополимерларнинг ўз – ўзини ташкил этишига ўхшаш нанозарраларни ўз – ўзидан ташкиланишидан иборат.

Қўлланилиши нуқтаи – назаридан, жумладан, наноэлектроникада энг қизиқ ва истиқболли нанообъектлар:

- Углеродли нанотрубкалар – одатда яримсферик бошча билан тугалланувчи ва диаметри бир нм дан бир неча нм гача узунлиги бир неча см ни ташкил этувчи, бир ёки бир неча (кўп қатламли нанотрубка) трубка шаклида ўралган гексагонал графит текисликлар (графен).
- Фуллеренлар – жуфт сонли уч координатали углерод атомларидан тузилган қавариқ туташ кўпёкликлар.

– Графен – углерод атомларининг моноқатлами. Графен хона температурасида электронларнинг юқори ҳаракатчанлигига, тузилиши бўйича ноёб тақиқланган зонага эга ва шунинг учун нисбатан арzon кремнийни алмаштириш истиқболи мавжуд.

– Нанокристаллар – турли кристал нанозаррачалар – наностерженлар, наносимлар, нанотрубкалар, наноленталар, нанохалқалар, нанопружиналар ва бошқалар, микро – ва оптоэлектроникада, микросенсорларда, фотокатализда, пъезоўзартгичларда ва шунга ўхшашларда истиқболли. Барча нанозаррачалар кристал тузилишга эга бўлгани сабабли нанокристал ва нанозарра синонимлардир. Нанокристалл атамаси билан нанообъектнинг кристаллигига қўшимча урғу берилади. Шу билан биргаликда, охирги вақтда нанокристалл деб кристалга ўхшашиб икки ўлчамли ва уч ўлчамли нанозаррачалардан иборат тузилмалар атала бошланди, яъни ушбу атама янги маънога эга бўлди.

– Наноқурилма, хусусан, наноэлектроникада асосий объект – электрон наноқурилма.

Наноўлчамларга ўтганда модда хусусияти (нанообъект хусусияти) ўзгаради. Биринчидан, моддалар ҳажмидаги атомларга нисбатан нанозаррачалар сиртидаги кимёвий боғланишлари тўйинмаган атомлар бошқача хусусиятга эга бўлади. Микрозаррачаларда сиртқи атомларнинг нисбий зичлиги улуши эътиборга олмаса бўладиган даражада кичик, нанозаррачаларда эса – сезиларли ва хатто кўп бўлади. Иккинчидан, 12 мкм дан кичик ўлчамларда, электр ўтказишнинг классик назарияси нотўғри бўлади ва нанозарралар ўлчами электроннинг эркин юриш йўли узунлигидан кичик бўлгани учун Ом қонуни бузилади. Электронлар ҳаракати баллистик бўлиб қолади. Учинчидан, нанотузилмаларда электронлар ҳаракатининг квант табиати ва нанотузилмаларнинг де – Бройль тўлқин узунлигига яқин $\lambda=h/(mv)$ кичик ўлчамлари ҳамда электронлар ҳаракатининг квант табиати билан боғлиқ турли квант – ўлчамли эффектлар кузатилади.

Микроэлектроника ўзининг ярим асрлик тарихи давомида ИМСлар элементлари ўлчамларини камайтириш йўлида Мур қонунига мувофиқ ривожланмоқда. 1999 йилда микроэлектроника технологик ажратишнинг 100 нмли довонини енгид наноэлектроникага айланди. Ҳозирги вақтда 45 нмли технологик жараён кенг тарқалган. Бу жараён оптик литографияга асосланишини айтиб ўтамиз.

Микроэлектрон қурилмалар (ИМСлар) яратишнинг ананавий, планар жараён каби, усуллари яқин 10 йиллик ичида иқтисодий, технологик ва интеллектуал чегарага келиб қолиши мумкин, бунда қурилмалар ўлчамларини камайтириш ва уларни тузилиш мураккаблигининг ошиши билан ҳаражатларнинг экспоненциал ошиши кузатилади. Муаммони

нанотехнологиялар усулларини қўллаган ҳолда янги сифат даражасида ечишга тўғри келади.

1.2. Аналог ва рақамли схемаларнинг замонавий элемент базаси.

МДЯ транзисторларда затворости диэлектриги анатавий равишда SiO_2 ишлатилади, 45 нм ўлчамли технологияга ўтилганда диэлектрик қалинлиги 1 нмдан кичик бўлади. Бунда затвор ости орқали сизилиш токи ортади. Кристалнинг 1 см^2 юзасида энергия ажралиш 1 кВтга етади. Юпқа диэлектрик орқали ток оқиш муаммоси SiO_2 ни диэлектрик сингдирувчанлик коэффициенти ϵ катта бошқа диэлектрикларга, масалан $\epsilon \sim 20 \div 25$ бўлган гафний ёки цирконий оксидларига алмаштириш йўли билан хал этилади.

Келгусида, транзистор канали узунлиги 5 нмгача камайтирилганда, транзистордаги квант ҳодисалар унинг характеристикаларига катта таъсир кўрсата бошлайди ва хусусан, сток – исток орасидаги туннеллашув токи 1 см^2 юзада ажраладиган энергияни 1 кВт га етказади.¹



1.1 – расм. Рақамли мультимер.

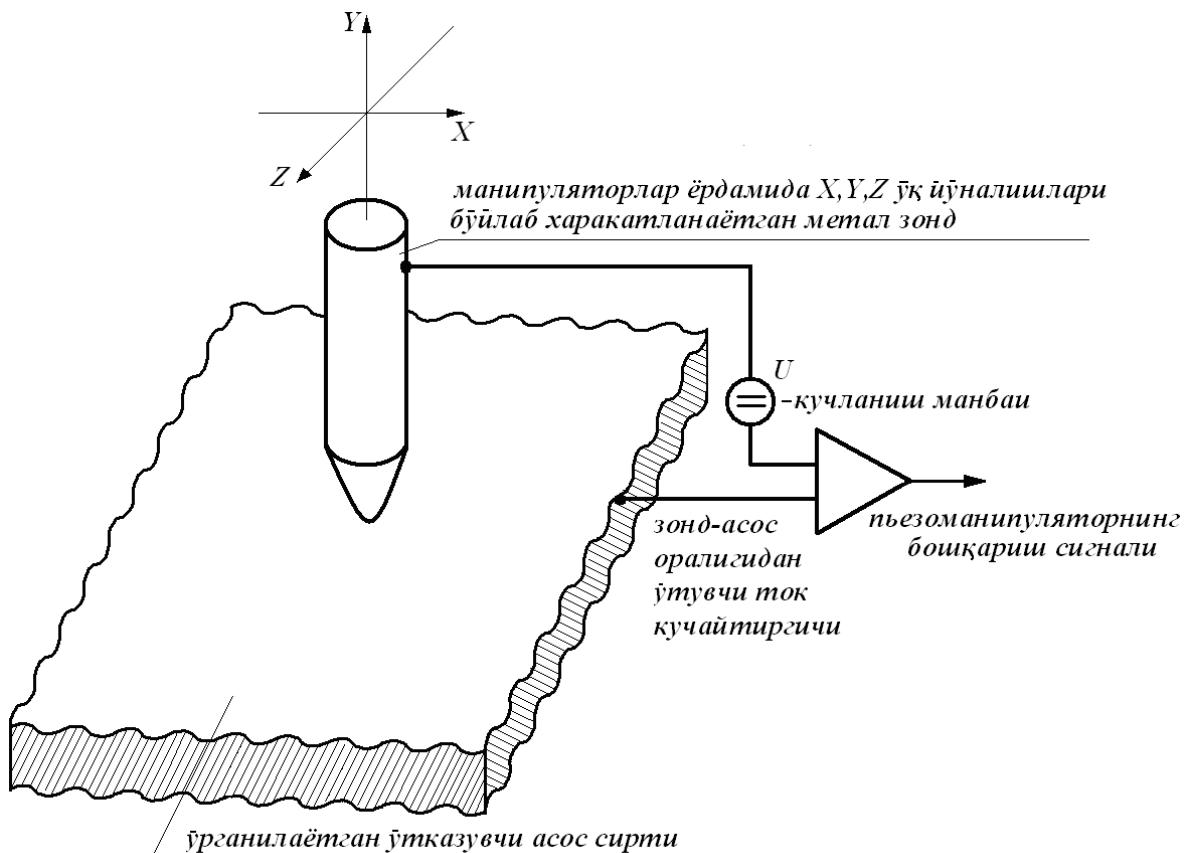
¹ Introductory Circuit Analysis, by Robert L. Boylestad, Pearson Education Limited, 2014. Chapter 2, 18.



1.2 –расм. Икки каналли рақамли осцилограф.

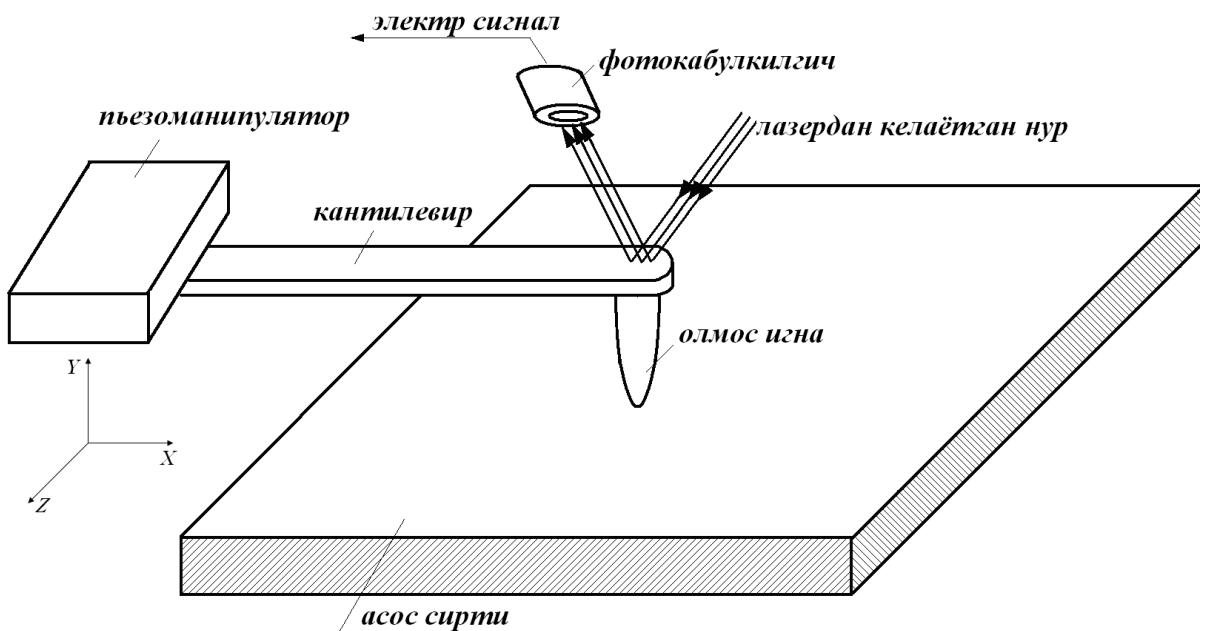
Планар технологиянинг замонавий процессорлар, хотира қурилмалари ва бошқа рақамли ИМСлар ҳосил қилишдаги ютуқлари ўлчамлари 90 нм, 45 нм ва ҳатто 28 нмни ташкил этувчи ИМСлар ишчи элементларини ҳосил қилиш имконини яратганилиги бугунги кунда кўпчилик тадқиқотчилар томонидан нанотехнологияларнинг қўлланилиш натижасидек қаралмоқдалигини айтиб ўтамиз. Бу мавжуд ISO /TK 229 нуқтаи – назаридан тўғри. Лекин, планар жараён биринчи ИМСлар пайдо бўлиши билан, ўтган асрнинг 60 – йилларида ҳеч қандай нанотехнологиялар мавжуд бўлмаган вақтда пайдо бўлди ва шундан бери принципиал ўзгаргани йўқ.

Сканерловчи туннель микроскоплар (СТМ) ҳавода ёки вакуумда, хона температурасида ёки паст (криоген) температураларда ишлайди. СТМлар электр ўтказувчи қаттиқ жисмлар юзасини ўрганишга, масалан ИМСлар ишлаб чиқаришдаги технологик жараёнларнинг турли босқичларида асос сиртини назоратлашга мўлжалланган (1.2 – расм).



1.3 – расм. Сканерловчи туннель микроскоп

Атом – куч микроскоп (АКМ). СТМнинг асосий камчилиги намуна материалига қўйиладиган талаб – унинг албатта электр ўтказувчан бўлиши шартлиги билан боғлиқ. АКМда (1.3– расм) кантилевир игнасининг Ван- дер Ваалс кучлари таъсирида юзага нисбатан тортилиши ёки итарилиши ишлатилади. Одатда асбобда олмос игна ишлатилади. Кантилевир игнаси ва намуна сирти атомлари орасидаги масофа бир ангестремга яқин бўлганда итариш кучлари, ундан катта масофаларда эса тортишиш кучлари таъсир этади (1.3– расм). Шундай қилиб, АКМ ёрдамида ўрганилаётган намуна материали электр ўтказувчанлиги ихтиёрий бўлиши мумкин. Махсус кантилевирлар ишлатилган ҳолда сиртнинг электр ва магнит хусусиятларини ўрганиш мумкин. АКМда ўрганилаётган намуна “таъсирлашув кучи тенг юзалар” бўйлаб сканерланади. АКМ 1986 йилда АҚШда Герд Биннинг ва Кристофф Герберлар томонидан ихтиро қилинган. АКМ сирт нотекисликларини ўрганиш учун ва юзадаги нанообъектларни манипуляциялаш учун қўлланилади.



1.4 – расм. Атом – күч микроскоп тузилиши.

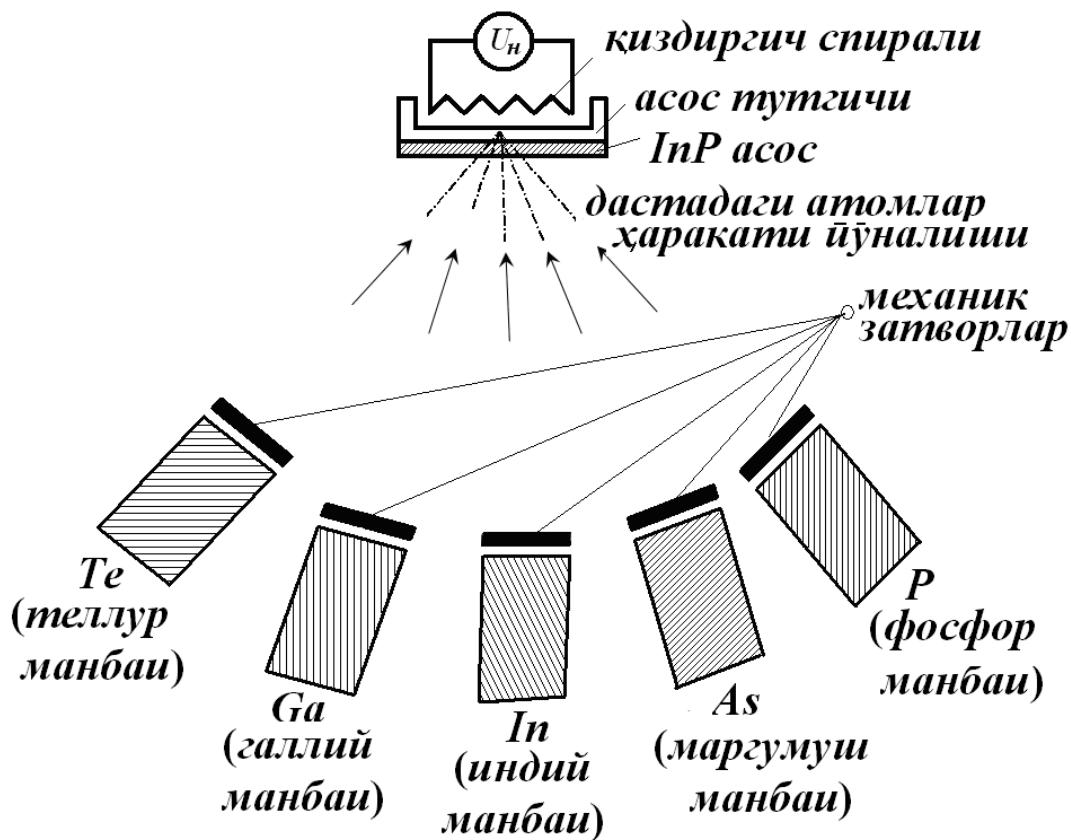
Зонднинг четлашуви силжишларни ўлчовчи асбоб, масалан оптик сенсор ёрдамида қайд қилинади.

Молекуляр – нурли эпитаксия(МНЭ). МНЭда қиздиргичда буғлатилган элементар компоненталар молекуляр даста күринишида монокристал асос сиртига ўтказилади (1.4 – расм).

Расмда InP ва GaInAsP бирикмаларини ва GaInAsP/InP гетероўтишларни ҳосил қилиш учун зарур асосий элементлар келтирилган. Бирикмаларни ҳосил қилиш жараёни ўта юқори вакуум $10^{-6} \div 10^{-8}$ Па шароитида амалга оширилади. Бунда асос температураси ($400 \div 800$) °C ни ташкил этади. Ҳосил қилинаётган эпитаксиал қатлам таркиби қиздиргичлар температурасини ўзгартириб бошқарилади. Қатламлар ўстириш жараёнининг инерциясиз бошқарилиши қиздиргич билан асос орасида жойлашган тұсқычлар ёрдамида амалга оширилади.

МНЭда жараён паст температураларда амалга оширилади. Бу асосдан киритмалар диффузияланишини ва автолегирлашни камайтиради, сифатли юпқа эпитаксиал қатламлар ҳосил қилиш имконини беради. Легирлаш (металлаорганик бирикмалардан эпитаксия қилишдан фарқлы равищда) жараёни инерциясиз амалга ошгани муносабати билан мураккаб тақсимланишига зәға легирлашни амалга ошириш мүмкін. МНЭда эпитаксиал қатламнинг ўсиш тезлиги тахминан 1 монокатлам/с ёки 1 мкм/соатни ташкил этади. Бу эса ўз навбатида қалинлиги атом қатламни ташкил этувчи кристалл қатламларни ишончли равища олиш имконини яратади. МНЭда эпитаксиал қатлам параметрларини бевосита ўстириш

жараёнида ўлчаш мумкин. Бунинг учун МНЭ қурилмаси таркибида қайтган электронлар дифракциясини таҳлил қылувчи қурилма, масс – спектрометр, сочилган ионлар оже – спектрларини текшириш имконини берувчи оже – спектрометр мавжуд.



1.5 – расм. InP асосда InP, GaInAs, GaInAsP бирикмалар ўстириш учун молекуляр – нурли эпитаксия қурилмаси тузилиши.

Метал – органик бирикмалардан (МОБ) **эпитаксия қилиши**. МОБ эпитаксия қилиш усули эпитаксиал қатlam ўстириладиган зонага ташувчи – газ оқими ёрдамида ташкил этувчи компоненталарни учувчи модда (ёки бирикма) шаклида элитишдан иборат. Реакторда, одатда юқори температура таъсирида элитилган материаллар парчаланади ва монокристал асос сиртига эпитаксиал қатlam күренишда ўтказилади.

МОБ эпитаксиянинг асосий афзalлуклари:

- ўсиш тезлиги катта бўлиши билан ўстириладиган қатlamларнинг юқори сифатлилиги;
- МНЭга нисбатан иқтисодий афзalлуги, чунки юқори вакуум талаб этилмайди;

- МНЭга нисбатан каттароқ технологик имкониятларга эгалиги;
- кескин чегараларга эга гетеротузилмалар ҳосил қилишга яроқли технологияга эгалиги.

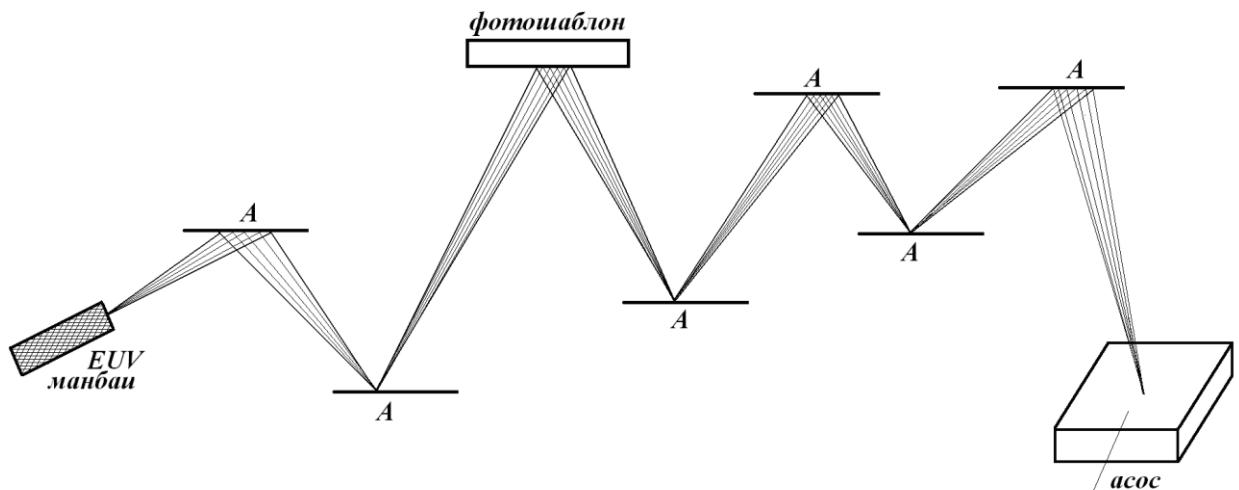
Кимёвий йиғиши усули. Тузилма ташкил этувчиларини түғри келувчи матрицада талаб этилган тартибда мажбурлаб жойлаштириш кимёвий йиғиши дейилади. Биомолекулаларни кимёвий йиғиши жараёни тирик организмларда содир бўлади. Яқинда чизиқли ва стереорегуляр полимерларнинг сунъий синтези амалга оширилди. Бунда мономерлар молекулалари қатъий аникланган йўналиш олар эдилар. Кимёвий йиғиши усусларининг бири молекуляр қатламлашиш усулидан иборат бўлиб қаттиқ асос – матрица сиртига талаб этилган кимёвий таркибли монокатлам тузилма бирикмаларини кетма – кет ўстиришдан иборат. Молекуляр қатламлашиш усули билан нанокатламлар атомларини кимёвий реакцияларнинг берилган дастури асосида кўп марталаб қайтарган ҳолда битталаб кимёвий йиғиши мумкин. Ҳозирги вактда ушбу усулдан микроэлектрон асбобларни кейинги микроминиатюрлашда фойдаланиш имкониятлари ўрганилмоқда.

Юқори ажратувчанликка эга литография. ИМСлар элементлари ўлчамларини кичиклаштиришда литографиянинг ажратувчанлиги R белгиловчи технология сифатида хизмат қиласи ва у Рэлей формуласидан топилиши мумкин:

$$R = k1\lambda/NA \quad ,$$

бу ерда $NA=n \sin\alpha$ – оптик тизимнинг саноқ апертураси, λ – манбанинг тўлқин узунлиги, $k1$ – литография жараёни хусусиятларига боғлиқ коэффициент. Шундай қилиб, ажратувчанлик литографияда қўлланилаётган ёритувчи манбанинг тўлқин узунлигига пропорционал.

Тўлқин узунлиги 248 нмни ташкил этувчи ультрабинафша (УБ) нурланишдан фойдаланилганда микроэлектроника литография ажратувчанлиги 180 нмни ташкил этувчи технология (Deep Ultra Violet (DUV) – литография) га эга бўлди. Бугунги кунда илғор компаниялар манба тўлқин узунлиги чуқур УБ диапазонида бўлган (193 нмли) қурилмалардан фойдаланмоқдалар. Литографиянинг ажратучанлиги иммерс техникадан фойдаланилганда ортади. Иммерсион литографияда объективнинг ташқи линзаси ва кристалл орасидан узлуксиз равишда ёруғлик нурини синдириш кўрсаткичи бирдан катта бўлган суюқлик оқиб ўтади. Саноқ апертураси иммерсион муҳит синдириш кўрсаткичига пропорционал бўлгани сабабли ортади. Ҳозирги замонда иммерсион суюқлик сифатида сув ишлатилади. Синдириш кўрсаткичи $n = 1,6 \div 1,8$ бўлган суюқликлардан фойдаланиш назарда тутилмоқда.



1.6 – расм. Оптик литография схемаси.
А – күпқатламли Si – Mo ўта панжаралар асосидаги кўзгу.

DUV технологияни алмаштиришга тўлқин узунлиги 13,5 нмли экстремал УБ соҳасидаги литография (инглизча атама Extra Ultra Violet (EUV) – литография) келмоқда. У 10 нм ажратувчаникка эришиш имконини беради.

Оддий синдирувчи оптика тўлқин узунлиги 13,5 нмни ташкил этувчи нурлар билан ишлай олмайди, чунки бундай нурланиш барча материалларда интенсив ютилади. Шунинг учун рентген кўзгуларили қайтарувчи оптик тизимлар ишлатилади. Рентген кўзгулар кўп қатламли тузилмалар (ўта панжара) бўлиб кремний асосдаги кремний – молибдендан иборат (1.6 – расм).

Графен ва нанотрубкалар наноэлектроника материалари сифатида. Графен деб sp^2 боғлар орқали боғланган углерод атомлари монокатламига айтилади. Графен икки ўлчамли кристалл бўлиб, идеал ҳолда олти бурчакли ячейкалардан тузилган бўлади. Графитни механик шилиш йўли билан графен ҳосил қилинади. Графен ҳосил қилишнинг бошқа усули карбид кремний кристалини термик парчалашдан иборат. Графен биринчи марта 2004 йилда олинди ва ҳозирча яхши ўрганилмаган.

Хона температурасида заряд ташувчилар ҳаракатчанлиги қийматининг катталиги ва электронларнинг жуда оз иссиқлик ажратиб қаршиликка учрамай (баллистик) ҳаракатланиши графенни наноэлектроника учун истиқболли материал сифатида қарашга олиб келади. Кремний асосидаги электроника тезкорлиги бўйича ўзининг чегараси – ГГцли диапазонга эришди. Графен ишчи частоталарни терагерц диапазонга силжитиш истиқболига эга.

Ўлчамлари 10 нмли ва ундан кичик бўлган кремнийли транзисторларда электронларнинг каналдаги ҳаракатининг квант хусусиятлари наомён бўла

бошлайди ва электр ўтказучанлик хусусиятлари ёмонлашади. Графен асосидаги транзистор хусусиятлари ўзгармаган ҳолда 1 нмга яқин ўлчамга эга бўлиши мумкин. Лекин графен асосидаги транзисторларнинг ўзига хос камчиликлари мавжуд, уларни ҳал қилиш технологияга боғлиқ. Графен асосидаги транзисторларнинг асосий камчилиги шундан иборатки, унда транзисторнинг очиқ ва берк ҳолатларини бир биридан ажратиш қийин. Графенда тақиқланган зона бўлмагани сабабли, затвордаги кучланишни ўзгаририб канал қаршилигига фарқ ҳосил қилиш қийин. Лекин графенда тақиқланган зона ҳосил қилишнинг бир неча имкониятлари мавжуд ва шулар ёрдамида транзистор ҳолатини бошқариш масаласи ҳал этилиши мумкин.

Тарихан нанотрубкалар графенга нисбатан илгарироқ синтез қилинган ва наноэлектроникада қўллаш нуқтаи – назаридан ўрганилган эди. Углеродли нанотрубкалар – цилиндр шаклида ўралган графен варақлар бўлиб, уларнинг барча электр афзалликларига эга. Графенга нисбатан асосий камчилиги берилган параметрли нанотрубкаларни ҳосил қилиш қийинлигидан иборат, чунки маълум усуллар билан ҳосил қилинган нанотрубкалар турли диаметрларга, хиральностьга, узунликка эга, кўпинча ўзаро агрегацияланган ва углероднинг аморф формалари киритмаларига эга. Нанотрубкаларнинг электроникада қўлланилиши нуқтаи – назаридан қараганда бошқа камчилиги ўтказгичлар билан уланган жойларида катта энергия йўқотишлардан иборат. Шундай бўлишига қарамасдан шакллари ва хиральности бир хил нанотрубкалар ҳосил қилиш йўлидаги ишлар давом эттирилмоқда. Чунки ушбу параметрлар наноэлектроникада қўллаш учун белгиловчи ҳисобланади.

1.3. Квант компьютерлар.

Квант компьютерлар ғояси серуним ҳисобланади, чунки квант дунёсига хос параллелизмга мувофиқ квант ҳисоблашларнинг унумдорлиги ҳар қандай суперкомпьютерлар имкониятига қараганда юқори. Квант параллелизмининг маъноси шундаки, алоҳида олинган квант бити (кубити) ҳолатининг ўзгариши чалкаш (entangled) квант ҳолатлардаги барча кубитлар тизими ҳолатларининг ўзгаришига олиб келади. Квант компьютерлар оддий компьютерларни алмаштирамайди, уларни тўлдиради. Квант компьютерлар баъзи муҳим масалалар ечимини тезлаштириш имкониятига эга. Муҳим масалаларга маълумоттларни шифрлаш ва дешифровка қилиш, реал вақт давомида катта ахборотлар оқимимни қайта ишлаш ва сақлаш, квант физикаси, кимёси ва биология масалаларини ечиш кабилар киради. Ушбу масалалар квант алгоритмлари асосида ечилиши мумкин. Шундай қилиб, квант компьютерлар яратиш соҳасида, квант ҳисоблашларни амалга ошириш нуқтаи – назаридан, тўғри келадиган алгоритмларни ишлаб чиқиш муаммоси

бирламчи ҳисобланади. Назариянинг амалиётга нисбатан биринчилигини реал ишловчи квант компьютерларни яратиш жараёни ҳам намоён қиласяпти.

Қаттиқ жисмли мавжуд квант компьютерлар технологиялари моноатомли технологиялардир. Бу техно-логиялар кристалл матрицада бир – биридан тахминан 10 нм масофада атомларни (квант тизимлар) жойлаштириш масаласига келади. Ўзаро таъсирлашувчи квант тизимлар тўпламини амалга оширишининг бошқа усуллари ҳам мавжуд. Лекин асосий муаммо квант ҳисоблашларга ёндош жараёнлар физикасининг яхши ўрганилмаганлигига. Техник ечилиши керак бўлган масалалар, масалан, электрон ёки ядро спини ҳолатини ўлчаш масаласи, кубитлар орасида чалкаш ҳолатларни ҳосил қилиш масаласи ҳам ҳозирча ечилмаган. Амалда кўп нарсаларни амалга ошириш мумкин бўлишига қарамасдан, интерпритация (тушунилиши) қийин натижаларнинг нечоғлик қимматлиги номаълум. Ҳар қандай бўлганда ҳам, чуқур изланишлар ва ҳаммадан аввал назарий изланишлар зарур. 2-3 кубитли тизимларда квант ҳисоблашлар муаммосини принципиал ҳал этиш зарур. Кейинчалик уларни масштаблаш мумкин. Ҳозир ҳосил қилинган квант компьютер чуқур совутилган (100 мК) дагина ишлайди. Бу кубитлар когерент ҳолатини секундлар атрофидаги маълум вақт давомида сақлаш учун зарур. Квант компьютерлар ҳосил қилиш, умуман олганда, тажрибанинг кўрсатишига қараганда, фан ва техниканинг серҳаражат масаласи экан.

1.4. Наноэлектрониканинг физик асослари.

Электрон қурилмалар 1958 йилда микроэлектрон интеграл кўринишда – ИМСлар кўринишида яратилгандан бошлаб микроэлектроника даври бошланди. Бунда “микро” қўшимчаси транзисторлар ўлчамлари сезиларли даражада кичиклашганини англатар эди. Аслида эса, ИМСлар микроолам объектлари – атом ва молекулаларга нисбатан “макроасбоб”лигича қолаверди.

Микросхемаларни иккита афзаллиги: нархи арzonлиги ва юқори тезкорликка эгалиги бор эди. Иккала афзаллик ҳам миниатюризация (ўлчамларни кичиклаштириш) натижаси эди. Микроэлектрониканинг кейинги ривожи транзисторлар ўлчамларини узлуксиз кичиклашуви билан боғлик.

1999 йилдан бошлаб фазовий координаталарнинг бири бўйлаб транзисторнинг ўлчами бир неча ўн нмга ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$) камайди, яъни микроэлектроника ўрнига наноэлектроника келди. Таърифларнинг биттасига мувофиқ **наноэлектроника** ўлчамлари $0,1 \div 100 \text{ нм}$ гача бўлган яримутказгич тузилмалар электроникасидир.

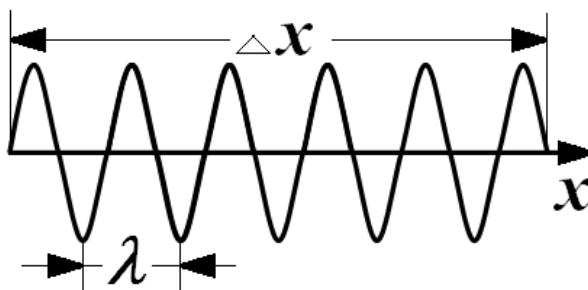
Микро- ва наноэлектроника асбобларида ахборот сигналлар ва энергияни ўзгартириш жараёнлари электронлар ҳаракати ҳисобига ёки уларнинг бевосита қатнашиши ҳисобига амалга ошади. Маълумки, электронлар ва бошқа микрозаррачалар ҳаракати назарияси бўлиб квант механикаси хизмат қиласди. Квант механикаси қонунларига мувофиқ электрон заррача бўлатуриб, тўлқинга ўхшайди. Лекин микроэлектроника асбобларда электроннинг тўлқин табиатидан келиб чиқадиган квант эфектлар шунчалик кичик – ки, электроннинг ҳаракати классик механика қонунлари чегарасида ифодаланади.

Электронларнинг тўлқин табиатидан келиб чиқувчи физик ҳодисалар ўзларини наноэлектроника асбобларида тўлиқ намоён этади. Бундай ҳодисаларга ўлчамли квантлаш, электрон тўлқинлар интерференцияси, потенциал тўсиқлар (барьерлар) орқали туннеллашув киради. Квант механикасига мувофиқ ϑ тезлик билан ҳаракатланаётган m массали заррачалар билан *де Бройл тўлқинлари* тарқалиши боғлиқ. Де Бройл тўлқинларининг узунлиги куйидаги формула ёрдамида топилади:

$$\lambda = \frac{h}{m\vartheta} = \frac{h}{p}. \quad (1.1)$$

Масалан, бир волт тезлатувчи потенциал таъсирида бўлган электрон тўлқин узунлиги $12,25 \cdot 10^{-8}$ см ли тўлқин билан ҳарактерланади. Электрон тезлиги қанчалик катта бўлса, уни ҳарактерловчи тўлқин шунчалик калта бўлади. Электрон ҳаракатланиши давомида кристалл панжара билан тўқнашади. Тўқнашишлар орасидаги τ_0 вақт давомида у тўлқин узунлиги $\Delta x = \bar{\vartheta} \tau_0$ бўлган де Бройл тўлқинларини узлуксиз тарқатади (1.7 – расм).

Бу ерда $\bar{\vartheta}$ – электроннинг ўртача тезлиги. Одатда Δx оралиқда бир неча ўн λ ётади. Шунинг учун зарра координатаси Δx аниқликда топилиши мумкин (Гейзенберг ноаниқлиги). Бунда унинг берилган жойда аниқланиш эҳтимоллиги ҳақидагина сўз юритиш мумкин.



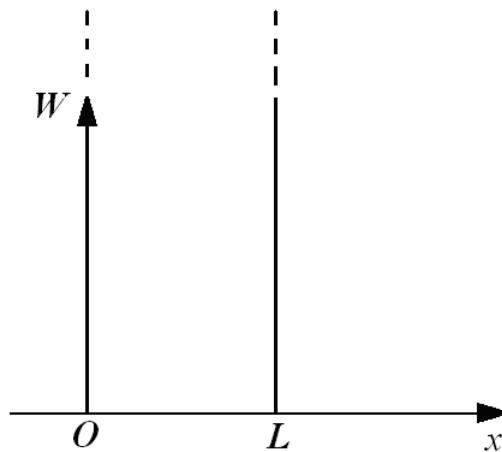
1.7 – расм. Узилган синусоида.

Элементар заррачалар ҳаракатининг тўлқин назариясини Э. Шредингер яратди. Ушбу назарияга мувофиқ бир ўлчамли ҳолатда W энергияли микрозаррачанинг U потенциал энергияли майдондаги ҳаракати Шредингер тенгламаси билан ифодаланади

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (W - U) \psi = 0. \quad (1.2)$$

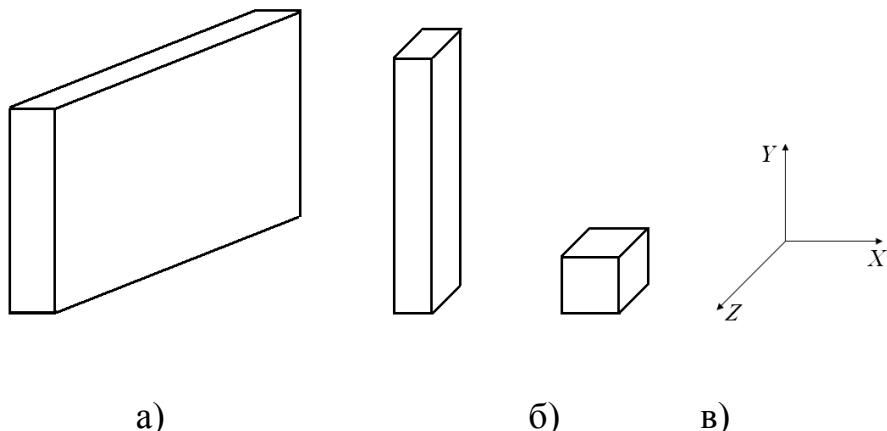
Бу ерда U – координаталар ва вақтга боғлиқ функция, у тескари ишора билан олинган кучланганлик майдони потенциалига тенг, W – заррачанинг тўлиқ энергияси. Шредингер тенгламаси ψ – функцияни, яъни алоҳида олинган электрон фазонинг турли нуқталарида бўлиш эҳтимоллигини аниқлаш имконини беради. ψ – функция наноэлементларнинг асосий характеристикасидир. У боғланган тизимлар, яъни заррачалари маълум чегарадан чиқмайдиган (атомдаги ёки кристалдаги электронлар) тизимларнинг стационар ҳолати ҳақида тўлиқ маълумотга эга. Масалан, (1.2) тенглама ва ψ – функцияга қўйиладиган шартлардан энергиянинг квантланиш қоидлари бевосита келиб чиқади. Боғланган тизимларнинг стационар ҳолати факат W_i энергияларнинг маълум қийматларидагина рухсат этилар экан. Рухсат этилган W_i энергиялар тўплами узлукли (квантланган) спектр ҳосил қиласи. Қаттиқ жисмда рухсат этилган энергияларнинг иккита зонаси – ўтказувчанлик ва валент зоналарини эсга олинг.

Қаттиқ жисмда ҳаракатланаётган электрон қандай дискрет қийматларга эга бўлиши мумкинлигини кўриб чиқамиз. Маълумки, электронлар оддий шароитда кристалдан чиқиб кетолмайди. Демак, электронлар потенциал чуқурда жойлашган ва улар ҳаракати кристал ўлчамлари билан **локаллашган** (чегараланган). Соддалаштириш учун чуқурлик чексиз баланд ва тик потенциал тўсиқлар билан чегараланган, электрон эса факат $0x \leq 1$ соҳада электрон эркин ҳаракат қила олади, лекин чегарадан чиқа олмайди. Электроннинг бундай ҳаракати бир ўлчамли потенциал чуқурдаги ҳаракат ёки **квант чуқурлик**даги ҳаракат деб аталиши қабул қилинган.

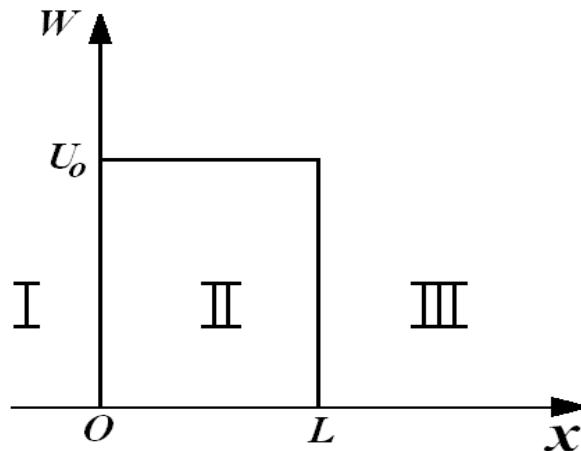
1.8 – расм. L кенгликка эга квант чуқурлик.

Интерференция эффектлари (ҳодисалари). Түлқин интерференцияси деб түлқинлар устама – уст тушганда фазонинг нүкталарида уларнинг ўзаро кучайиши бошқа нүкталарида эса – сусайиши кузатиладиган ҳодисага айтилади. Энг содда ҳолда **турғун түлқин** иккита бир – бирига тескари томонларга тарқалаётган түлқинларнинг устма – уст тушиши натижасида, агар частоталари, амплитудалари ва тебраниш йўналишлари бир хил бўлса, ҳосил бўлади.

1.5. Наноэлектрон асбоблар ва тизимлар.

1.9 – расм. Нанотузилмаларга мисоллар:
квант чуқурлик (а), сим (б) и нүқта (в).

Туннеллашув. Наноэлектрон асбоб микроэлектрон асбоблардаги p - n ўтишларга ўхшаб потенциал чукурлар ва потенциал тўсиқлардан ташкил топади. Электрон чапдан ўнгга харакатланади ва йўлида U_0 баландлик ва L кенгликка эга бўлган потенциал тўсиқقا рўпара келади деб фараз қиласлик (1.10 - расм).



1.10 – расм. Потенциал тўсиқ.

Кремнийли майдоний нанотузилмалар. ИМСларнинг, шу жумладан микропроцессорлар ва хотира микросхемаларининг асосий актив элементи бўлиб кремнийли МДЯ – транзисторлар хизмат қиласди. МДЯ – транзисторлар “диэлектрик сиртига кремний олиш” (ДСКО) технологияси бўйича тайёрланадилар. Бунда тузилманинг механик мустаҳкамлигини таъминловчи, етарлича қалин кремнийли асос сиртига кислород ионлари имплантация қилинади, натижада сиртдан маълум чуқурликкача кириб борган ионлар чуқурлашган диэлектрик қатламни ҳосил қиласди. Шундан кейин молекуляр – нурли эпитаксия (МНЭ) ёрдамида асоснинг диэлектрикли томони сиртига берилган ўтказувчанлик турига эга яримўтказгичнинг кристал тузилишли мукаммал монокристал қатлами ўстирилади. МНЭ қалинлиги бир неча кристал панжара даври қалинлигига эга қатлам олиш имконини беради (бир давр 2\AA га яқин). Монокристал қатлам қалинлиги Н – транзистор канали қалинлиги билан аниқланади. Кейин юқори ажратувчанликка эга литография ёрдамида нанотранзистор канали ҳосил қилинади. Канал SiO_2 сиртида жойлашган қалин бруск шаклига эга бўлади. Диэлектрик қатлам юпқалаштирилгани сабабли у орқали оқувчи сизилиш токи (туннель ток) транзисторларни микроминиатюрашда катта тўсиқ бўлиб турибди. Амалий натижалар билан тасдиқланган назарий баҳолашларнинг кўрсатишига қараганда, кремийли МДЯ – транзистор канали узунлиги 6 нм гача, SiO_2 қатлам қалинлиги 1,2 нм гача камайтирилганда “очик–берк” ҳолатлар токлари нисбатини 10^8 тартибда сақланган ҳолда

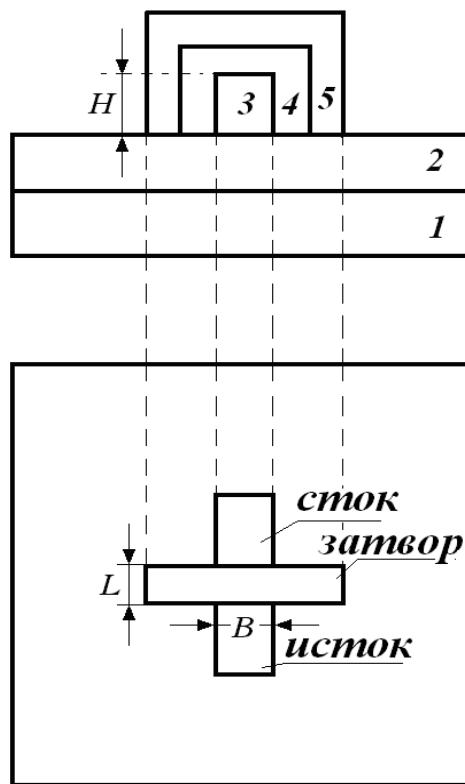
характеристиканинг юқори тиклигига эга бўлади. SiO_2 қатлам қалинлиги яна ҳам юпқалаштирилганда сизилиш токи ортиб кетиши ҳисобига транзисторни бошқариш имконияти йўқолади.

Ноқулай ҳолатдан қутилиш учун диэлектрик сингдирувчанлиги юқорироқ (high-k) бошқа диэлектрикдан фойдаланиш зарур бўлади. Бундай материал сифатида Al_2O_3 , ZrO_2 , HfO_2 ва бошқалар хизмат қилди. Натижада сизилиш токини ўн мартадан ортиқроқ камайтиришга эришилди. Янги диэлектрик нанотранзисторларда 2007 йилдан кўлланила бошлади. Ушбу ютуқни Г. Мур “60 – йиллардан буён транзисторлар технологиясида энг муҳим ўзгариш” деб атади.

Лекин янги диэлектрик поликремнийли затвор билан “чиқишмади”. Бу юқори тезкорликка эришишга қаршилик қилди. Шунинг учун затвор материалини ҳам ўзгартиришга тўғри келди. Бу материал таркиби ҳозиргача Intel корпорацияси томонидан сир сақланиб келинмоқда. Затвор узунлиги 20 нм ни ташкил этувчи янги транзистор очилиши ва беркилиши учун 30 % кам энергия талаб этилади, микропроцессорлар эса 10^9 та атрофидаги транзисторларга эга ва 20 Гц частотада 1 Вдан кичик кучланишларда ишлайди. ДСКО технология АМД ва Intel компаниялари томонидан ёппасига ишлаб чиқарилаётган замонавий Pentium ва Athlon серияли микропроцессорларда кўлланилмоқда.

Замонавий кремнийли МДЯ – нанотранзисторлар конструкцияси стандарт МДЯ – микротранзисторлардан затвор тури билан ҳам фарқ қиласи. Затворларнинг асосий турлари: а) бир затворли планар; б) икки затворли “балиқ сузгичли” (адабиётларда FitFET деб номланади); в) уч затворли.

ДСКО технология асосида яратилган кремнийли уч затворли нанотранзистор конструкцияси 8.10 – расмда кўрсатилган. Канал уч томондан затворости диэлектрик қатлам билан ўралган. Унинг номи шундан келиб чиқади.



1.11 – расм. Уч затворли кремнийли нанотранзистор.

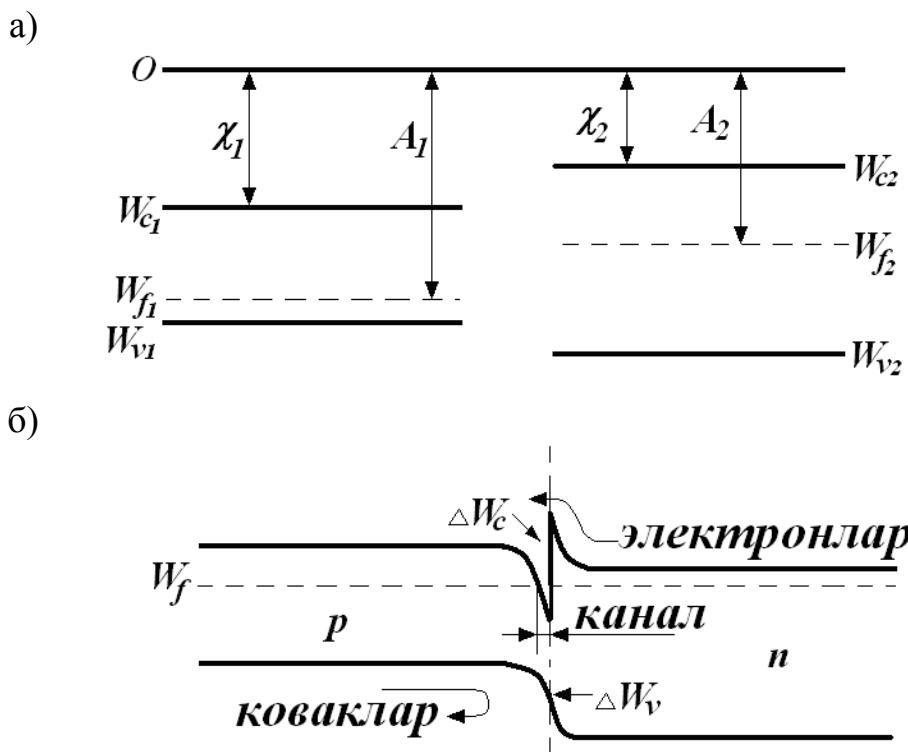
1 – кремнийли асос; 2 – чуқурлашган SiO_2 қатлам;

3 – канал; 4 – затворости диэлектрик (high-k);

5 – метал затвор.

Шундай қилиб, кремнийли МДЯ – транзисторлар тезкорлиги затвор материали ва затворости диэлектрик тури ўзгартирилгандан кейин канал узунлигини камайтириш ҳисобига оширилади.

Гетеротузилмалар асосидаги майдоний транзисторлар. Яримўтказгич гетеротузилмалар энг юқори частотали транзисторлар, лазерлар, ҳамда инеграл схемалар (чиплар) яратишнинг асоси бўлдилар. Гетероўтиш деб тақиқланган зоналари кенглиги бир – бириникидан фарқ қилувчи яримўтказгичлар ҳосил қилган ўтишларга айтилади. Гетероўтишлар монокристал ва поликристал материаллар орасида ҳосил қилиниши мумкин. Улар, шунингдек, анизотип ($p-n$ – гетероўтишлар) ва изотип ($p-p$ - ва $n-n$ -гетероўтишлар) бўлиши мумкин. Гетероўтишлар **гетеротузилмани** ҳосил қиласади.



1.12 – расм.*n*–Al_xGa_{1-x}As ва *p*-GaAs яримўтказгичларнинг (а) ва *p-n* гетероўтишнинг зоналар энергетик диаграммаларининг тузилиши (б).

1.12 – расмда кенг тақиқланган зонага эга *n*–Al_xGa_{1-x}As ва нисбатан тор тақиқланган зонага эга *p*-GaAs ларнинг (а) ва улар орасида ҳосил қилинган гетероўтишнинг энергетик диаграммаси (б) келтирилган. *n*–Al_xGa_{1-x}As нинг тақиқланган зонаси кенгилиги қаттиқ эритма таркибидаги алюминийнинг моляр миқдорига боғлиқ ва 1,43 ÷ 2,16 эВ оралиқда (AlAs бирикманинг тақиқланган зонаси кенглиги) ўзгариши мумкин.

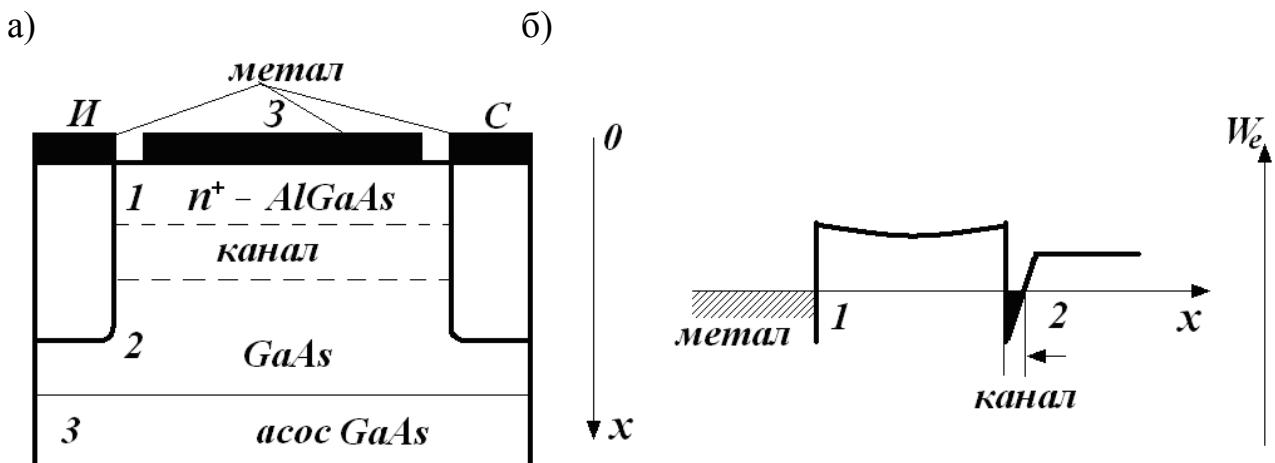
Бу ерда вакуумдаги электрон энергияси нол сатх сифатида қабул қилинган. χ – катталик электроннинг яримўтказгичдан вакуумга асл чиқишиши. Термодинамик чиқишиши А деб белгиланган.

Яримўтказгичлар контактга келтирилганда уларнинг Ферми сатҳлари W_f бир хил бўлади. $\chi_1 > \chi_2$ бўлгани учун *n* – соҳанинг чегарадош қисмидан *p* – соҳадан келган электронларга нисбатан, кўпроқ электронлар нариги соҳага ўтади.

Тақиқланган зонаси кенгилиги катта яримўтказгичнинг чегарадош қисми электронлар билан камбағаллашади, унда мусбат фазовий заряд ҳосил бўлади, энергетик зоналар чети юқорига эгилади. Нисбатан тор зонали яримўтказгичнинг чегарадош қисми электронлар билан бойийди, бу электронлар манфий фазовий заряд (канал) ҳосил қиласди ва зоналар чети пастга эгилади. χ_1 ва χ_2 катталиклар қийматлари турлича, шунинг учун

яримүтказгичлар чегарасида ўтказувчанлик зоналари орасида ΔW_C ва валент зоналари орасида ΔW_V узилишлар ҳосил бўлади. Ўтказувчанлик зонасида узилиш қиймати $\Delta W_C = \chi_2 - \chi_1$ га тенг. Валент зонада эса узилиш қийматига контактлашувчи яримүтказгичлар тақиқланган зоналари фарқи қўшилади. Шунинг учун электрон ва ковакларда потенциал тўсиқлар баландлиги ҳар хил бўлади. Кўриб чиқилаётган ҳолда коваклар учун тўсиқ катта. Тўғри йўналишда кучланиш берилганда электронлар учун бўлган потенциал тўсиқ камаяди ва электронлар n – яримүтказгичдан p – яримүтказгичга инжекцияланадилар. Ковакларнинг потенциал тўсиғи ҳам камаяди, лекин у катталигича қолади ва p – яримүтказгичдан n – яримүтказгичга амалда инжекция бўлмайди. Шундай қилиб гетероўтишларда **бир томонлама инжекция режими** амалга ошади. Агар кенг зонали яримүтказгич p – турли бўлса, тўсиқ баландлиги электронлар учун катта бўлади.

Затвор сифатида Шоттки барьеридан фойдаланилган ва гетероўтишли майдоний транзистор тузилиши 1.13, а–расмда, канал кўндаланг кесимидағи зоналар диаграммаси 8.12, б – расмда кўрсатилган.



1.13 – расм. Гетероўтишли майдоний транзистор тузилиши (а) ва зоналар диаграммаси (б).

Асос 3 сифатида одатда яримизоляцияловчи галлий арсениди қўлланилади. Асос сиртига легирланмаган юқори омли GaAs 2 қатlam ўстирилади. Кейин ўтиш ҳосил қилиш учун юқори легирланган кенг зонали n^+ AlGaAs қатlam 1 ўстирилади. қатlam қалинлиги 50÷60 нм ни ташкил этади, шунинг учун у диэлектриклик хусусиятини намоён этади, чунки электронларнинг бир қисми затвор металига ўтади, бошқа қисми эса каналга ўтади. Шундай қилиб бундай тузилмада канал соҳаси ва легирловчи

киритмали соҳа фазовий ажратилган ва электронлар ҳаракатчанлиги сезиларли ошади.

Транзисторнинг ишлаш принципи. Затворда кучланиш бўлмаган ҳолда сток токи ($U_{CH} > 0$) бўлганда максимал қийматга эга бўлади. Затвордаги манфий кучланиш ортган сайин потенциал чуқур чукурлиги камаяди, у билан биргаликда канал ўтказувчанлиги камаяди. Затвордаги кучланишнинг маълум қийматида чуқур йўқолади. Бу каналнинг тўлиқ беркилишига тўғри келади.

Заряд ташувчилар ҳаракатчанлигининг ортишига асосланган транзисторлар, ҳаракатчанлиги юқори ёки НЕМТ (High Electron Mobility Transistor) транзисторлар номини олган. Амалда заряд ташувчилар ҳаракатчанлиги юқорилигидан тўлиқ фойдаланиб бўлмайди. Катта интеграл схемаларда канал узунлиги 1 мкм дан кичик. Бунда бўйлама майдон кучланганлиги шунчалик катта – ки, дрейф тезлик ϑ_{dr} тўйинишга эга бўлади. Бу электронлар ҳаракатчанлигининг камайишини англатаиб, тезлик ва майдон кучланганлиги орасидаги пропорционаллик бузилади. Шунинг учун майдоний транзисторлар тикилигини катта даражада оширишни иложи йўқ. Шунга қарамасдан гетеротузилмали майдоний транзисторлар сунъий йўлдошли алоқа тизимларининг кам шовқинли кучайтиргичларида кенг ишлатиладилар, чунки шовқин коэффициенти затвор узунлигига пропорционал. Ҳозирги замонда бундай транзисторлар асосида $f = 20$ ГГц частотада шовқин коэффициенти $K_{sh} < 1$ дБ, кучайтириш коэффициенти $K_p \approx 12$ дБ бўлган кучайтиргичлар ишлаб чиқилмоқда, частота 60 ГГцдан юқори бўлганда $K_p \approx 4$ дБ, $K_{sh} < 3$ дБ ташкил этади.

Ахборотларни қайта ишлаш ва узатишнинг оптик усуллари ривожланиши билан оптоэлектрон қурилмалар ва тизимларни ишлаб чиқиши муҳим касб этмоқда. Улар учун самарадорлиги юқори фотоқабулқилгичлар ва лазерлар яратилган. Бундан кейин кенг тарқалган кўчкили фотодиодлар ва гетеротузилмалар асосидаги наноэлектрон лазерлар кўриб чиқилади.

Наноэлектрон лазерлар. Лазер оптик диапазондаги электромагнит тебранишларни кучайтириш ва генерациялаш учун хизмат қилувчи квант асбоб. Унинг ишлаши яримўтказгичдаги электронлар ички энергиясини ўзгартиришга асосланади. Оптик диапазондаги квант асбоблар инглизча Light Amplification by Stimulation Emission of Radiation га мувофиқ, яъни мажбурий нурланиш ёрдамида нурни кучайтириш маъносини англатади. Нурланиш электрон – ковак жуфтликларнинг рекомбинацияси ҳисобига юз беради, электрон энергия йўқотиб уни электромагнит нурланиш (фотон) квANTI кўринишида чиқаради. Бундай рекомбинация **нурланувчи рекомбинация** деб аталади. Рекомбинация ўз–ўзидан бошқа нурланишлар бўлмаган ҳолда амалга ошиши мумкин. Бунда ҳосил бўлувчи нурланиш спонтан нурланиш дейилади. Бундай нурланиш маъноси шунда–ки, фотон

ўтказувчанлик электрони билан таъсирлашиб уни валент зонадаги бўш сатҳга ўтишга мажбурлайди, бундай ўтишда электрон ўзининг ортиқча энергиясини фотон сифатида чиқаради. Мажбурий нурланиш ҳисобига ҳосил бўлган фотонлар нурланиш ҳосил қилган фотонларнинг айнан нусҳаси бўлиб худди шундай частота, ўша ҳаракат йўналишига, бир хил бошланғич фазага ва бир хил қутбланишга эга. Натижада битта квант ўрнига иккита квантга эга бўлинади, яъни нур кучайиши кузатилади. Бундай нурланиш **лазер нурланиши** деб аталади.

Фотон электроннинг валент зонадан ўтказувчанлик зонанинг бўш ҳолатига ўтиши ҳисобига ютилиши ҳам мумкин. Иккала жараён – ютилиш ва мажбурий нурланиш жараёнлари эҳтимоллиги бир хил. Кристал валент зонасидаги электронлар сони унинг ўтказувчанлик зонасидаги электронлар сонига қараганда анча кўп бўлгани сабабли, ютилиш актлари сони нурланиш актлари сонига қараганда бир неча мартаба кўп бўлади, яъни бундай яrimўтказгич фақат нур ютади.

Яrimўтказгич нурни кучайтириш имконияга эга бўлиши учун иккита асосий шарт бажарилиши зарур. Биринчидан, яrimўтказгичда **энергетик сатҳларнинг тўлдирилишида инверсия**га эришиш, яъни ўтказувчанлик зонада валент зонага нисбатан кўпроқ электронлар бўлишига эришиш лозим. Бу ҳолда нурланиш актлари сони ютилиш актларига нисбатан кўпроқ бўлади ва яrimўтказгич нурни кучайтиради. Иккинчидан, яrimўтказгичда шундай шароит ҳосил қилиш керак-ки, фотонлар фақат мажбурий ўтишларда ҳосил бўлсин. Бунинг учун мажбурий нурланиш актлари содир бўладиган актив муҳитни оптик резонаторга ёки қайтариш коэффициенти етарли катта кўзгулар тизимиға жойлаштириш зарур. Шунда актив соҳада юзага келувчи бирламчи спонтан фотон ҳаракати давомида ўзига ўхшаш фотон чиқаради. Демак, модда ҳажмида 2 та фотон бўлади, кейин 4 та ва х.з. Резонатор кўзгуларига етиб борган деярли ҳар бир фотон қайтади ва яна актив модда ҳажмиға киради, у ерда янги фотонлар ҳосил бўлишида қатнашади. Резонатор ичида лазер нурланиш зичлиги резонатор ҳажмидан ташқарига чиқаётган фотонлар сони резонатор ичида мажбурий ўтишлар ҳисобига юзага келаётган фотонлар сонига тенглашмагунча ортиб бораверади. Шундагина турғун генерация режими юзага келади.

Инжекция нурланиш ҳосил қилишнинг энг муҳим усули. *p-n* ўтиш тўғри силжитилганда ноасосий заряд ташувчиларнинг ўтиш орқали инжекцияси эффектив нурланувчи рекомбинацияга олиб келади, чунки бу ҳолда электр энергия бевосита фотонлар энергиясига ўзгартирилади.

Гомо *p-n* ўтишларда ҳосил қилинган биринчи инжекцион лазерлар генерацияси ва эксплуатация (фойдаланиш) параметлари нисбатан паст эди- $20\div100$ kA/cm^2 гача катта бўсағавий ток, хизмат қилиш даври қисқа ва кичик ФИК. Бу лазер генерациялаш жараёнининг квант самарадорлиги пастилиги ва

кatta оптик йўқотишилар билан боғлиқ эди. Оптик йўқотишилар лазернинг актив соҳасида эркин заряд ташувчилар ва нуқсонлар томонидан нурнинг ютилиши билан боғлиқ эди. Гап шунда-ки, гомоўтишиларда инверс тўлдирилиш юқори легирлангандагина амалга ошириларди, натижада мувозанат ҳолатда заряд ташувчилар концентрацияси катта бўлар ва актив соҳада кристал панжара нуқсонлари ортиб кетарди. Бундан ташқари, актив соҳада ҳосил бўлаётган нурлар актив бўлмаган қўшни соҳаларга тарқаларди. Лазер генерациялаш жараёнининг квант самарадорлигининг пастлиги асосан кўп электронларнинг тезлиги катта бўлгани ҳисобига актив соҳадан сакраб ўтиши ва коваклар билан рекомбинациялашиб улгурмаслиги билан боғлиқ эди.

Акустоэлектроника асбоблари. Акустоэлектрон асбобларнинг ишлаши электр сигнални ультратовуш тўлқинларга, уни товуш ўтказувчи орқали тарқалишига ва кейинчалик чиқиши электр сигналга ўзгартирилишига асосланади.

Шундай қилиб, бундай асбобларда кириш билан чиқиши орасида ахборот ташувчи бўлиб ультратовуш (акустик) сигнал деб аталувчи динамик бир жинслимаслик хизмат қиласи. У 10^{13} Гц частотали тебранишлардан иборат бўлиб, қаттиқ жисмда $1,5 \div 5,5$ км/с товуш тезлигига тарқалади. Акустик тўлқин тезлиги электромагнит тебранишлар тарқалиш тезлигига нисбатан 5 тартибга кичикилиги кўриниб турибди. Шунинг учун ушбу хусусиятдан биринчи навбатда кичик ўлчамли кечикириш линияларини ишлаб чиқишида фойдаланилди. Акустоэлектрон асбоблар микроэлектроникада қўлланиладиган усуллар билан ҳосил қилиниши ва ИМСларга ўхшашлиги билан эътиборга лойик.

Магнитоэлектроника асбоблари. Магнитоэлектрон асбобларда ферромагнит материаллар ишлатилиди. Улар домен тузилишга эга, яъни бутун ҳажми кўп сонли локал соҳалар – доменлардан ташкил топади. Доменлар тўйингунча спонтан магнитланган. Улар **полосали, лабиринтсимон** ва **цилиндрик** шаклга эга бўлиши мумкин. Доменнинг чизиқли ўлчамлари миллимметрнинг мингларча улушидан ўнларча улушига teng. Доменлар ўзаро **чегарадоши деворлар** (Блох деворлари) билан ажралиб туради. Бу деворларда битта домен магнитланганлик векторига нисбатан аста ўзгаришлари содир бўлади.

Магнитоэлектроника асбобларида ахборот сигналини ташувчи сифатида қўйидаги динамик биржинслимасликларнинг биридан фойдаланилди:

- 1) цилиндрик шаклдаги доменлар;
- 2) чизиқли доменларда вертикал Блох чизиқлар (ВБЧ). Кўшни ВБЧлар орасидаги масофа етарли кичик, ўлчами 0,5 мкм бўлган чизиқли домен деворида 100 битгача ахборот сақлаш мумкин;

3) ферромагнит материални частотаси квант ўтишлар частотасига тенг ёруғлик билан ёритилганды ҳосил бўлувчи резонанслар ва тўлқинлар;

4) спин тўлқинлари ва бошқаларнинг квант тебранишларини акс эттирувчи квазизаррачалар – магнонлар.

Назорат саволлари

1. Нанотехнологияларга таъриф беринг.
2. Нанозаррачаларнинг қандай турларини биласиз?
3. Сканерловчи туннель микроскоп ишлаш принципини тушунтириңг.
4. Атом – куч микроскоп ишлаш принципини тушунтириңг.
5. Молекуляр – нурли этипаксия имкониятларини айтиб беринг.
6. МОБ эпитаксия усули нималарга асосланади?
7. Юқори ажратувчанликка эга литографиянинг ўзига хос хусусиятларини айтиб беринг.
8. Квант компьютерлар гояси нимада?
9. Нанотузилмаларнинг қандай кўринишларини биласиз?
10. Мур қонунини айтиб беринг.
11. Электронларнинг квант – механик ҳаракати микрозарраларнинг механик ҳаракатидан қандай фарқланади?
12. Квант чуқурлари бўлган яrimўтказгич тузилмаларга мисол келтириңг.
13. Туннель эффектнинг физик маъносини тушунтириңг.
14. Квант чуқурлари ва симларида энергетик ҳолатлар зичлиги тақсимланишининг ўзига хослиги нимада?
15. Гетероўтишлар ёрдамида қандай қилиб квант чуқурини ҳосил қилиш мумкин?
16. Потенциал чуқурдаги нанозаррага эга бўладиган минимал энергиянинг қиймати қандай бўлади?
17. Кремнийли нанотранзисторнинг ишлаш принципини тушунтириңг.
18. Кўчкили фотодиод ишлаш принципини тушунтириңг.
19. Диэлектрик сиртига кремний олиш (ДСКО) технология нимадан иборат?

Фойдаланилган адабиётлар

1. Introductory Circuit Analysis, by Robert L. Boylestad, Pearson Education Limited, 2014. Chapter 2, 18.
2. Х.К. Арипов, А.М. Абдуллаев, Н.Б. Алимова, Х.Х. Бустанов, Е.В. ОБъедков, Ш.Т. Тошматов. Схемотехника. Т.: ТАФАККУР БЎСТОНИ, 2013.

2- мавзу: Наноэлектрон тизимлар истиқболли йүналишлари.

Замонавий рақамли ўлчаш усуллари

Режа:

- 2.1. Наноэлектрон тизимлар истиқболли йүналишлари.
- 2.2. Замонавий рақамли ўлчаш усуллари.

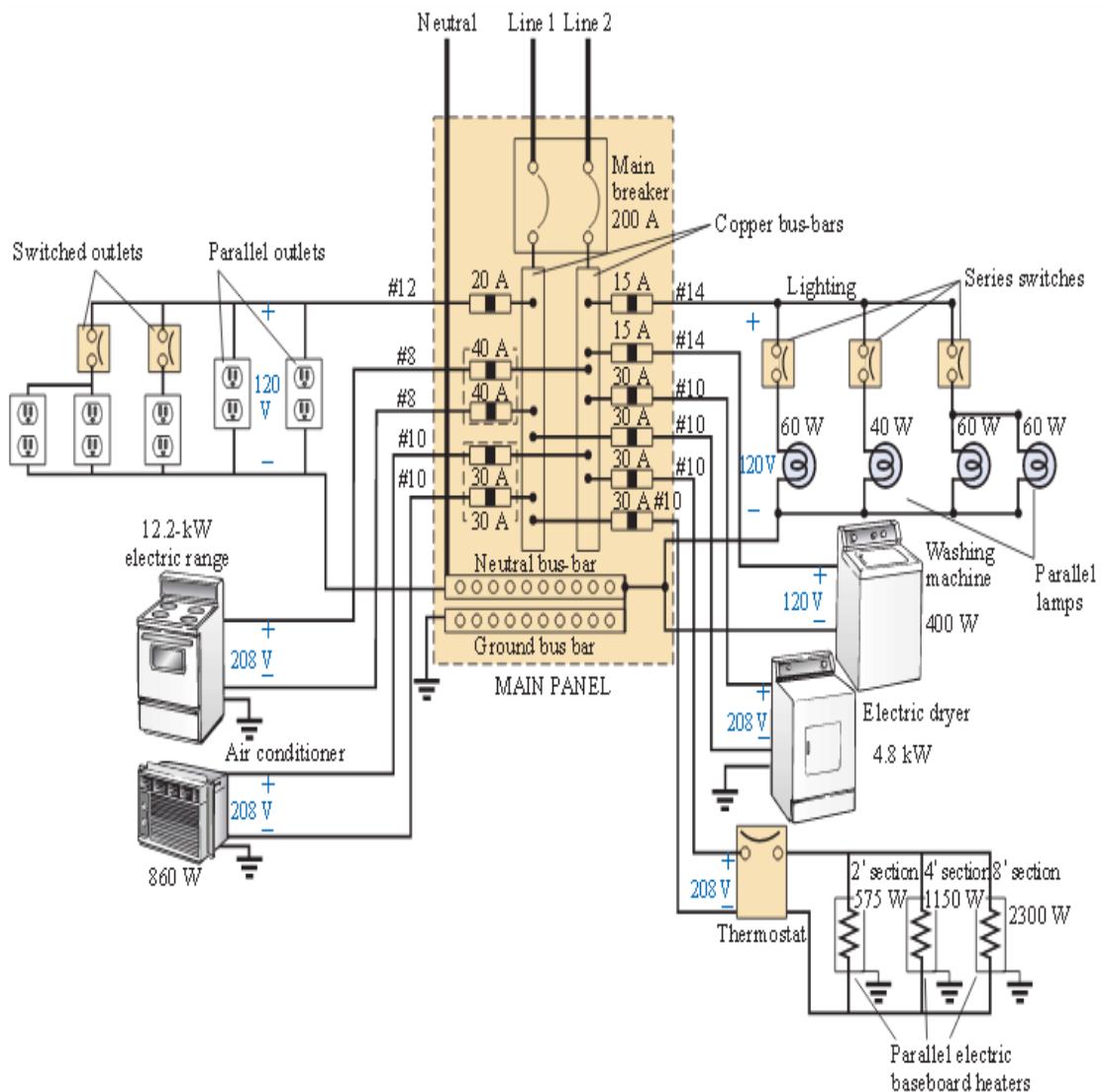
Таянч иборалар: динамик, GPS-қабул, GSM/GPRS, WCDMA, CDMA, SIM, DRAM, SRAM, UtRAM, фотокабул қилувч, акустоэлектроника, пьезоэффект, магнитоэлектроника.

2.1. Наноэлектрон тизимлар истиқболли йүналишлари.

Яримўтказгич ИМСлар аналог микроэлектрон аппаратлар ҳисоблаш техникаси тизимлари ва қурилмаларининг элемент базасини ташкил этади. Микроэлектроника ривожининг асосий тенденцияси интеграция даражасини Мур қонунига мувофиқ орттиришдан иборат. Интеграция даражасини оширишнинг битта йўли транзистор тузилмаларнинг ўлчамларини кичиклаштиришдан иборат. Бунда биполяр ИМСлар компонентлари бирбиридан ва яримўтказгич асосдан қўшимча конструктив элементлар ёрдамида электр жиҳатдан изоляцияланади. Компонентлар ички уланишларни металлаш йўли билан функционал схемага бирлаштирилади, чунки уланаётган соҳалар турли электр ўтказувчанликка (электрон ёки ковакли) эга. Схема элементлари ўлчамларининг кичиклашиши (диод, транзистор, резисторлар) схема зичлигини оширади ва, натижада, сигнал ўтиш вақтини, яъни қурилмалар тезкорлигини оширади. Интеграция даражасининг ошиши билан кристалнинг ўзаро уланишлар билан банд погон сифимга эга улуши ортади. Алоқа линияси C погон сифимга эга бўлсин. Агар алоқа линияси узунлиги l бўлса, ва у орқали t секунд давомида амплитудаси U бўлган импульс узатилса, ҳар бир импульс билан линияга $P = (CIU^2)/t$ кувват киритилади. Импульс қувватини ошириб мантиқ элемент қайта уланиш тезлигини ошириши мумкин. Схемага киритилаётган импульс қувват оширилиши билан унда кўпроқ ажралаётган иссиқликни олиб кетиш ҳам керак. Шунинг учун замонавий схемотехник электроника қурилмаларида ахборотларни қайта ишлаш тезлиги секундига $10^9 \div 10^{10}$ операциядан ошмайди. Бундай характеристикалар ахборотларнинг катта массивларига реал вақт масштабида ишлов беришга имконият бермайди (образларни

аниқлаш, конструкцияларни синтез қилиш, билимлар базасини бошқариш, сунъий интеллект яратиш ва х.з.).

Электроника ривожининг тезкорликни оширишга йўналтирилган альтернатив йўлларидан бири анъанавий элементлардан четлашишдан ва катта массивга эга ахборотларга ишлов беришда ахборот ташувчи сифатида қаттиқ жисмдаги **динамик бир жинслимасликлардан** фойдаланишдан иборат. Бу бир жинслимасликлар динамик деб аталишига сабаб шундаки, улар турли физик ҳодисалар ёрдамида ҳосил бўлади, силжиши, шаклини, ҳолатини ўзгартириши, бошқа бир жинслимасликлар билан таъсирлашиши мумкин.²



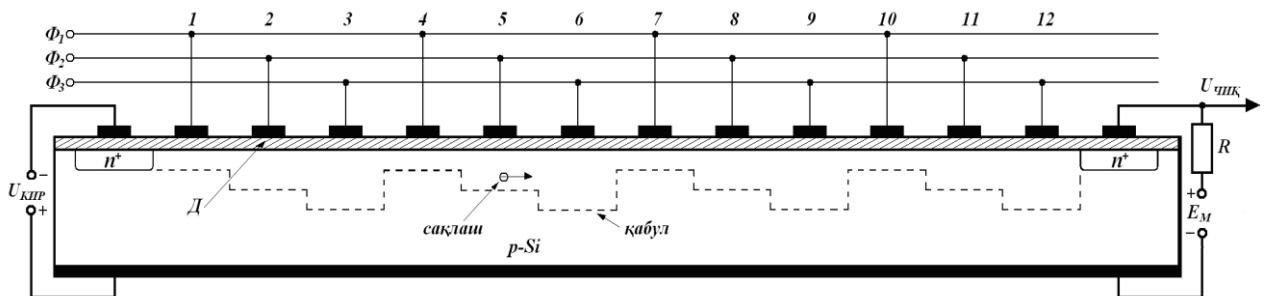
2.1 – расм. Наноэлектроника ёрдамида уйнинг электр таминоти.

² Introductory Circuit Analysis, by Robert L. Boylestad, Pearson Education Limited, 2014. Chapter 15.

ИМСларда компонентли тузилишдан четлашиш ва динамик бир жинсликмаслилардан фойдаланишга асосланган йўналиш “**функционал электроника**” номини олди. Функционал электроника (ФЭ) ривожланишининг бошлангич босқичида турибди. ФЭнинг кўп қурилмалари микроэлектрониканинг рақамли қурилмалари билан ишлашга мослашган. Улар биринчи навбатда юқори тезкорлик ва $10^5 \div 10^7$ бит сифимга эга хотира қурилмаларидир.

Функционал электрониканинг энг истиқболли баъзи асбоблари ишлаш принципларини кўриб чиқамиз.

Заряд алоқали асбоб (ЗАА) (2.2 – расм) юпқа диэлектрик қатлам \mathcal{D} билан қопланган ва юзасига 12 та бошқарувчи метал электродлар тизими жойлаштирилган яримўтказгич кристалдан (масалан p – турли) иборат. Шундай қилиб 12 та МДЯ – тизим ҳосил қилинади. Тизимлар сони N элементлар орасидаги масофага, ёзувчи импульс давомийлигига боғлиқ бўлади ва $N = 200$ га этиши мумкин. Ҳар бир электрод кенглиги $10 \div 12$ мкм ни, улар орасидаги масофа эса $2 \div 4$ мкм ни ташкил этиши мумкин.



2.2 – расм. ЗАА туркумидаги уч фазали силжитувчи регистр тизимида заряд кўчиши.

Барча электродларга бўсағавий кучланиш U_0 берилганда диэлектрик билан яримўтказгич орасида камбағаллашган соҳа ҳосил бўлади, бу соҳа потенциал чуқур деб аталади. Алоҳида электроддаги кучланиш қиймати ахборотни сақлаш кучланиши $U_{CAK} > U_0$ гача ўзгартирилганда, ушбу электрод остидаги камбағаллашган соҳа яримўтказгичнинг бошқа юзаларига қараганда “чукурроқ” бўлади. Потенциал чуқурда электронларни (пакетини) тўплаш мумкин. Демак, МДЯ – тузилма маълум вақтгача потенциал чуқурдаги зарядга мос ахборотни эслаб қолувчи элемент сифатида хизмат қилиши мумкин. Электрон пакетни сақлаш жараёнида маълум электрод (затвор) остида термогенерация ҳисобига қўшимча электронлар ҳосил бўлиши мумкин. Агар

заряд ўзгаришининг рухсат этилган қиймати 1 % ни ташкил этса, ахборотни сақлаш вақти эса бир неча секунддан ошмайди. Шунинг учун ЗАА **динамик турдаги асбоб**дир. Бирламчи тўпланган ва маълум аниқ потенциал чуқур билан боғлиқ зарядлар, яримўтказгич сирти бўйлаб потенциал чуқур силжитилган ҳолда кўчирилиши мумкин. Бунинг учун затворлардаги кучланишлар аниқ кетма – кетлиқда ўзгартирилиши мумкин.

Зарядни маълум йўналишда кўчириш учун ҳар бир электрод уч фазали бошқариш тизимининг Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 такт шиналаридан бирига уланади. Демак, ЗААнинг бир элементи учта МДЯ – тузилмали ячейкадан иборат бўлади. Агар ЗАА қўшни электродларига берилган кучланишлар қиймат жиҳатдан бир–биридан фарқ қиласа, қўшни потенциал чуқурлар орасида электр майдон ҳосил бўлади. Ушбу майдон йўналиши шундай-ки, электронлар каттароқ потенциалга эга соҳага дрейф харакат қиласи, яъни “саёзрок” потенциал чуқурдан нисбатан “чуқуррок”қа кўчади.

Агар заряд биринчи электрод остида тўпланган бўлса–ю, уни иккинчи электрод остига силжитиш зарур бўлса, унга каттароқ кучланиш берилади, бунда заряд юқорироқ кучланишли электрод остига кўчади. Кейинги тактда юқорироқ кучланиш навбатдаги электродга берилади ва заряд унга кўчади. Заряд кўчиришнинг уч тактли тизимида 1,4,7,10 ва шунга ўхшаш электродлар Φ_1 шинага, 2,5,8,11 электродлар Φ_2 шинага, 3,6,9,12 ва шунга ўхшаш электродлар эса Φ_3 шинага уланади.

Зарядларнинг электродлараро циркуляцияси барча ЗААлар қўлланишларнинг асоси ҳисобланади. Зарядларни кўчириш имконияти ЗААлар асосида силжитувчи регистрлар ва хотира қурилмалар яратиш имконини беради. Регистр деб иккилик код асосида берилган кўп разрядли ахборотни ёзиш, сақлаш ёки силжитиш учун қўлланиладиган қурилмага айтилади.

Сигналнинг заряд пакетларини бир неча усуллар билан, p – n ўтишдан заряд ташувчиларни метал электродлар остига инжекциялаш, МДЯ – турдаги тузилмада юза бўйлаб кўчкисимон тешилиш ёки метал электродлар орасидаги аниқ жойлар орқали ёруғлик киритиб электрон – ковак жуфтликларни генерациялаш билан ҳосил қилиш мумкин.

Номувозанат заряд ҳосил қилиш ва уни $p - n^+$ ўтишлардан фойдаланган ҳолда ЗААдан чиқариш усули 8.17 – расмда кўрсатилган.

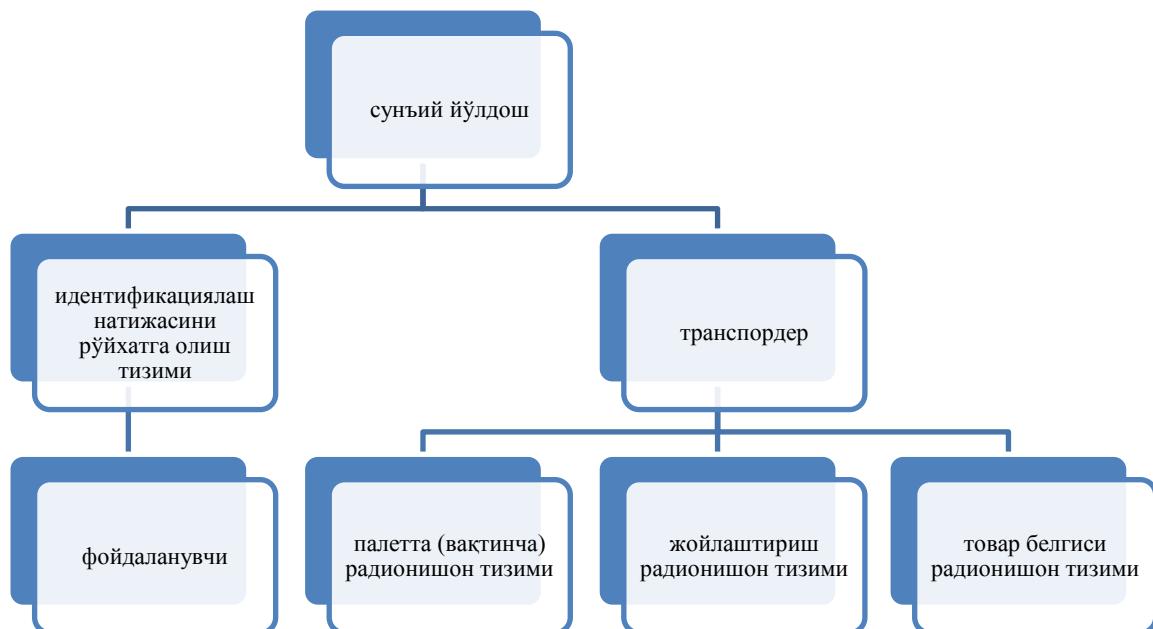
Электронлар пакетини биринчи затвор остига киритиш учун $n^+ -$ рўтишга тўғри силжитиш берилади. Пакет заряди қиймати кириш сигнални амплитудаси ортиши билан $p - n$ ўтиш ВАХига мувофиқ экспоненциал қонун билан ортади ва унинг узлуксизлигига боғлиқ бўлади. Сигнал киритишнинг ушбу усули афзаллиги – бир неча наносекундни ташкил этувчи тезкор ишлашидан иборат. Чиқишидаги $n^+ - p$ ўтишга тескари силжитиш берилгани

учун 11 затвордан 12 затворга ўтувчи электронлар электр майдон таъсирига учрайди ва чиқиш занжирида ток импульси ҳосил қиласи.

ЗААнинг иккита: ахборот зарядини сақлаш ва узатиш режимлари мавжуд. Ушбу турдаги ЗААлар учун ахборотни сақлашнинг максимал вақти 100 мсек \div 10 сек ни ташкил этади. Такомиллашган (яширин каналли ва иккى фазали бошқарувга эга ЗААларда ҳамда кремний оксидига пуркалган кремний нитриди Si_3N_4 ли диэлектрик қатламли МНОЯ – тузилмаларда) ёзиб олинган ахбортни сақлаш вақти бир неча ўн минг соатларни ташкил этади. ЗААларда яратилган хотира қурилмалар рақамли техникада қўлланилади ва катта ($8 \div 16$ Кбит) сифимга эга.

Хозирги кунда радиочастота тизимларини УКИС ва ГИСларни тадқиқ этиш истиқболлари ва ишлаб чиқаришга жорий этиш талаблари кундан кунга ортиб бормоқда. Шу билан бирга уларни турли хил бинолар, автомобиллар, самолётлар ва бошқаларни лойихалашда кенг қўлланилмоқда.

Турли хил обьектлар билан симсиз мулоқатда бўлиш ва чипларнинг арzonлиги техника тараққиёти босқичида радиотехник идентификациялаш (REID) жадал ривожланиш босқичида намоён бўлади. Бундай тизимларда талаб деярли барча турдаги транспорт воситалари, савдо, чегара ва кўриқлаш хизматларида ишлатилади. Бундай радиочастота идентификациялаш REID (тенглаштириш) тизимлари қуйидаги расмда кўрсатилган.



2.3–расм. Радиочастота идентификациялашни амалга ошириш тизими

Бу тизимда сунъий йўлдош узатувчиси, GPS-қабул қилгич (транспордер), “Bluetooth” стандартидаги REID қабул қилгич-узатгич, палетта (вақтингчалик) радионишон, бир кристалли GPS-қабул қилгич ва REID қабул қилгич-узатгич (таъсир доираси 50м), MEMS фазовий коррекция

блоки, жойлаштириш радионишони, товар белгиси радионишони, узатувчи REID қурилмасидан (таъсир доираси 10м) ташкил топади.

Бу тизимларнинг аксарияти иккиёқлама ишлатиш имкониятига эга, бунда қўриқланаётган территория мониторинги, персонални бир жойдан бошқа жойга кўчиши текширишда ва антитеррористик фаолиятда кенг кўлланилади.

Ушбу тизимлар мобиллик, интелектуаллик ва космик радиолиниялар орқали глобал уланишга эга бўлиши турли техник тизимларни кенг кўламда ривожланиш ўрнини белгилаб беради. Унинг техник таъминотига мобил аппаратларнинг GPS навигатор тизими, мобил тизимлардаги датчик комплексларидан то симсиз сенсор тармоқларининг боғлиқлигини кўришимиз мумкин. Улар маълумотларни мустақил равишда жамлайди, саралайди, қайта ишлайди ва узата олади. Компьютерларнинг автоном ишлаши учун кам энергия сарфи ва паст тан нархга эга бўлиши лозим.

Индивидуал симсиз алоқанинг асосий воситаларидан бири - мобил телефон ҳисобланади. Мобил телефонлар ўзида сенсор, чип лабораторияси, процессорли видеокамера, қабул қилгич-узатгич, марказий ва мультимедия процесори, смарт SIM, GPS харита, DRAM, SRAM, UtRAM тизим хотираси, GSM/GPRS модем, WCDMA CDMA ларга эга бўлиши керак.

Сенсор микрокомпьютерлари нафақат атроф муҳитни англаш, балки ҳолатдан келиб чиқсан ҳолда қарор қабул қилиши керак. Юқоридаги талабларни бажариш проактив концепция тизими ёрдамида амалга оширилади. Интерактив тизимда инсон ва автоматнинг ўзаро таъсиридан фарқли ўланроқ, проактив тизимда инсон билан таъсирлашиш минимумга келтирилади, тизим автоматлашган ҳолда мустақил ишлайди. Бу эса тизимда инсон ўрнини радикал равишда ўзгартиради.

Сенсор микрокомпьютерлар мустақил фикрлаш қобилиятига, яъни сунъий интелектга эга бўлиб, атроф муҳит, техник тизим ёки инсон эҳтиёжларини олдиндан мониторинг ўтказиш ва таҳлил қилиш қобилиятига эга.

Юқорида айтилганларни ҳисобга олган ҳолда автоматлашган тармоқ узатгич-қабул қилгич, бошқарув компьютери, автоном кучланиш манбаи, сунъий интелектга эга бўлган 1мм^3 тартибдаги “Заррачалар” истиқболи жуда ёрқин деб хулоса қилиш мумкин.

Электрониканинг ривожланиши асосан симсиз сенсор тармоқларни ишлаб чиқариш истиқболларини беради, бунда юз миллиардлаб микроскопик датчиклар ўзаро ва атроф муҳит билан таъсирлашиб, кўпгина фойдали масалаларни ечишда қўл келади. Юқорида келтирилган тизим концепцияси симсиз проактив сенсор тизимларининг ўрнини белгилайди ва юқори эффектив наноэлектрон қурилмаларни яратишга имкон беради.

2.2. Замонавий рақамли ўлчаш усуллари

Фотоқабул қилувчи ЗААлар. Зарядли пакет нафақат инжекция йўли билан балки сиртни локал ёритиш йўли билан ҳам ҳосил қилиниши мумкин. Бу ҳолда заряд алоқали фотосезгир асбоб (ЗАФА) ҳосил бўлади. Ёритилганда мос затвор остида ёритилганлик Φ га пропорционал заряд ҳосил бўлади. Натижада затворлар остидаги зарядлар мажмуй тасвирни характерлайди. Электродлар чизик (сатр) ёки матрица шаклида жойлашади. Электродларга хос ўлчамлар: узунлиги 5 мкм, кенглиги 40 мкм. Электродлар орасидаги масофа $1 \div 2$ мкм. Матрица кўринишидаги ЗАФАда электродлар сони 10^6 дан катта бўлиши мумкин. Шунинг учун ЗАА катта интеграл схемадек қаралиши мумкин.

Уч фазали бошқариш амалга оширилганда ЗАФАнинг элементар ячейкаси (пиксел) битта сатрнинг учта қўшни электродига 1,2,3 (4,5,6 ва х.з.) эга бўлиши шарт. Бунда ячейканинг ҳар бир электроди учта бошқа – бошқа тект шиналари (фазалари) Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 га (8.17 – расмдагидек) уланади. Биринчи тект давомида 2 (5,8,11 ш.ў.) электродга мусбат сақлаш кучланиши $U_{CAK} > U_0$ ($10 \div 20$ В) берилади. Натижада ушбу электрод остида камбағаллашган соҳа ҳосил бўлади. Бу соҳа электронлар учун потенциал чуқурни ҳосил қиласди. Сирт ёритилганда электрон – ковак жуфтликлар сони локал ёритилганлик ва ёритиш вақти билан белгиланади. Бунда электронлар потенциал чуқурликда йиғилиб, зарядли пакетни ҳосил қиласди. Пакет етарли вақт ($1 \div 100$ мс) сақланиши мумкин.

Иккинчи тект давомида 3 электродга ўқиш кучланиши U_{yK} берилади. Ўқиш кучланиши қиймати сақлаш кучланишидан катта бўлади. Натижада электронлар 3 электрод остидаги чуқурроқ потенциал чуқурликка дрейф силжийди.

Учинчи тект давомида 3 электроддаги кучланиш қиймати сақлаш кучланиши қийматигача камаяди, 2 электроддан эса потенциал олинади. Сақлаш ёки ўқиш кучланиши берилмаган электродларга ҳамма вақт катта бўлмаган силжитувчи кучланиш бериб қўйилади. Шу билан зарядли пакетлар ҳаракатининг бир томонлама бўлишига эришилади. Ҳар бир сатр охирида чиқувчи элемент мавжуд. $n^+ - p$ ўтиш орқали чиқувчи заряд пакетлар R юклама резисторида видеоимпульслар кетма-кетлигини таъминлайди. Видеоимпульслар амплитудаси турли соҳалар ёритилганлигига пропорционал бўлади. Матрицасифат ЗАФАда бутун кадр бир вақтнинг ўзида ҳосил бўлади, чизиқлида эса – кетма-кет иккинчи координата бўйича қўшимча ёйиш билан ҳосил қилинади. Бундай тасвир сигналларни ҳосил қилувчилардан фойдаланиш кичик ўлчамли, кам энергия сарфловчи яримўтказгич узатувчи телевизион камералар, жумладан, рангли телевидение учун ҳам яратиш имконини беради. Пикселларнинг максимал формати

пикселнинг минимал ўлчами $3\div5$ мкмни ташкил этганда 4080×4080 мкмни ташкил этади. Частота 30 кадр/сек бўлганда истеъмол этилаётган қувват $0,03\div0,1$ мВт/пикセルни ташкил этади.

ЗАФА факат тасвирни қабул қилувчи функциясини бажаришини айтиб ўтиш керак. Телевизион сигнал ҳосил қилиш учун бошқарувчи схемалар, ҳар бир устун чиқишида ўқувчи аналог кучайтиргичлар, аналог-рақамли ўзгартгич ва қатор бошқа блоклар бўлиши зарур.

Ҳозирги замонда ЗАФАларни такомиллаштиришдан ташқари кристал ҳажмида жойлашган бошқарувчи схемаларга ва тасвирга ишлов берувчи бир кристалли ЗАФАлар ишлаб чиқилаяпти. Бир кристалли фотокабулқилувчи қурилмаларнинг элемент базаси сифатида ФД ва комплементар МДЯ – транзисторлар асосида ҳосил қилинган актив фотосезгир элементлар (актив пикселлар) матрицаси хизмат қиласи. Шунинг учун ЎКИС деб аталади. КМДЯ – фотодиодли қурилманинг асосий афзаллиги истеъмол қувватини кичиклиги, фойдаланувчиларни қизиқтирган “ойналарни” дастурлаш имконияти ва ўқиш тезлигининг катталиги билан аниқланади. Асосий камчиликлари – шовқинларнинг юқорилиги, фотосезгирлигининг кичиклиги, актив элемент ўлчамларининг катталиги, ЗАФАларга қараганда кичикроқ ажратиш хусусиятига эгалиги билан белгиланади. КМДЯ – фотодиодли ЎКИСлар ёрдамида бир кристалли хонадонбоп фото ва видеокамералар, автомобилларни қўриқлаш тизимлари, видеотелефонлар ҳосил қилинади.

Шундай қилиб ЗААлар универсал тузилмалар бўлиб хизмат қиласи. ЗААлар асосида сиғими катта хотира қурилмалар, бошқарилувчи кечикириш линиялари, мослаштирилган ва полосали фильтрлар, ҳамда юқорида айтиб ўтилган рақамли камералар ишлаб чиқилган.

Акустоэлектроника асбоблари. Акустоэлектрон асбобларнинг ишлаши электр сигнални ультратовуш тўлқинларга, уни товуш ўтказувчи орқали тарқалишига ва кейинчалик чиқиш электр сигналга ўзгарилишига асосланади.

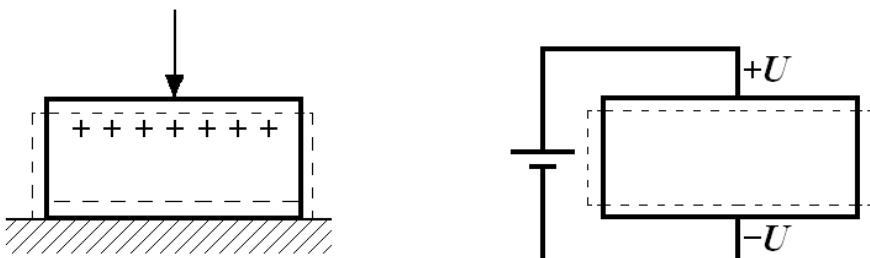
Шундай қилиб, бундай асбобларда кириш билан чиқиш орасида ахборот ташувчи бўлиб ультратовуш (акустик) сигнал деб аталувчи динамик бир жинслимаслик хизмат қиласи. У 10^{13} Гц частотали тебранишлардан иборат бўлиб, қаттиқ жисмда $1,5 \div 5,5$ км/с товуш тезлигига тарқалади. Акустик тўлқин тезлиги электромагнит тебранишлар тарқалиш тезлигига нисбатан 5 тартибга кичиклиги кўриниб турибди. Шунинг учун ушбу хусусиятдан биринчи навбатда кичик ўлчамли кечикириш линияларини ишлаб чиқишида фойдаланилди. Акустоэлектрон асбоблар микроэлектроникада қўлланиладиган усуллар билан ҳосил қилиниши ва ИМСларга ўхшашлиги билан эътиборга лойик.

Ультратовуш тўлқинлар пьезоактив материалларда (пьезоэлектрикларда) ҳосил қилиниши мумкин. Шунинг учун ушбу синф

асбоблар учун ишчи муҳит сифатида пьезоэффект жуда яққол наомён бўладиган диэлектрик ва яримўтказгич кристаллар хизмат қилади. **Тўғри пьезоэффект** деб меканик кучланиш натижасида пьезоэлектрикнинг кутбланиш ҳодисасига айтилади (2.4, а – расм). Кутбланиш натижасида пьезоэлектрикнинг қарама – қарши томонларида пьезо – ЭЮК деб аталувчи потенциаллар фарқи ҳосил бўлади. **Тескари пьезоэффект** деб берилган ташки кучланиш таъсирида жисмнинг геометрик ўлчамлари ўзгаришига айтилади (2.4, б – расм). Расмда жисмнинг деформациядан кейинги ўлчамлари пункттир чизик билан кўрсатилган.

Кучланиш берилган жойда электр майдон кучланганлиги йўналишига боғлиқ холда пьезоэлектрик сиқиласиди ёки кенгаяди. Натижада, товуш ўтказувчи деб аталашиб, кристал пластинада кўндаланг ёки бўйлама акустик ультратовуш частотаси берилган кучланиш частотасига тенг бўлади. Пьезоэлектрик маълум хусусий меканик тебранишлар частотасига эга бўлгани сабабли, ташки ЭЮК частотаси билан пластина хусусий тебранишлар частотаси бир – бирига тенг бўлганда (резонанс ҳодисаси) пластиинанинг тебранишлари амплитудаси энг катта қийматга эга бўлади.

а) б)

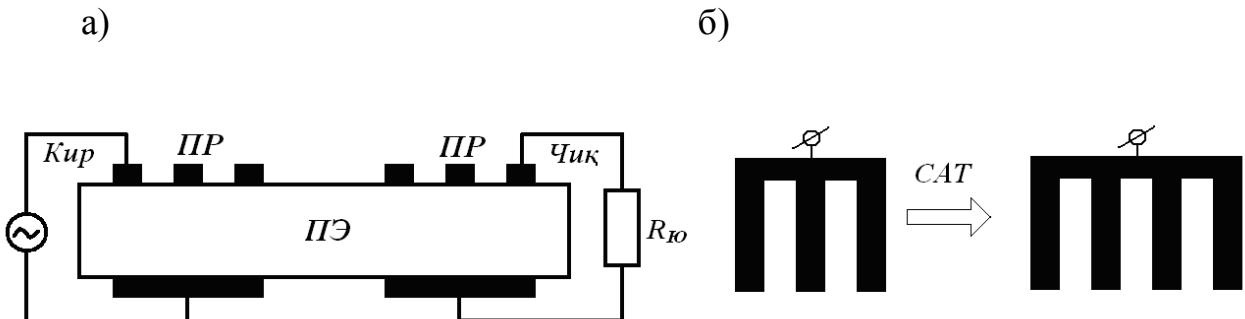


2.4 – расм. Тўғри (а) ва тескари (б) пьезоэффект.

Акустоэлектроника асбобларидаги частотаси $1 \div 10$ ГГЦ бўлган, кварц, литий ниобити ва танталати ҳамда CdS, ZnS, ZnO, GaAs, InSb ва бошқа юпқа яримўтказгич қатламларда генерацияланадиган ультратовуш тўлқинлар ишлатилиди. Ушбу диапазондаги ҳажмий ва сирт акустик тўлқинлар (САТ) ишлатилиди. САТларда ишлайдиган акустоэлектрон асбоблар кенг тарқалган. Уларга кечикириш линиялари, полосали фильтрлар, резонаторлар, турли датчиклар ва шунга ўхшашлар киради. Бу асбобларда электр сигналларни акустик сигналга ва аксинча ўзгарттириш махсус ўзгартиргичлар ёрдамида амалга ошади. САТлар ўзгартгичларининг етти тури мавжуд бўлиб, амалда икки метал электродлари синфаз ва қозиқсимон жойлашган турлари кенг тарқалган.

САТлар асосидаги содда акустоэлектрон асбоб – синфаз ўзгартгичли кечикириш линиялари тузилиши 2.5 – расмда кўрсатилган. Синфаз ўзгартгич пьезоэлектрик пластиинанинг астойдил сайқалланган қарама – қарши юзаларига жойлаштириладиган иккита электроддан ташкил топади.

Үзгартгичлар қалинлиги $0,1 \div 0,5$ мкм ни ташкил этувчи юпқа метал парда күренишида бўлади.



2.5 – расм. Электроакустик кечикритувчи линиянинг тузилиши:
ён томондан (а) ва остидан (б) кўриниши.

Юкорида жойлашган электрод тароқсимон тузилишга эга бўлиб, фазовий даври сирт тўлқин узунлигига тенг бўлиши керак. Чапдаги синфаз үзгартгич киравчи электр сигнал таъсирида кристалда сирт тўлқинини уйғотади (тескари пьезоэффект ҳодисаси). Акустик тўлқин узунлиги акустик тебранишларнинг тарқалиш тезлиги ϑ_{ak} ва электр тебранишлар частотаси f га боғлик: $\lambda_{ak} = \vartheta_{ak} / f$.

Тўлқин узатгичда бўйлама гармоник акустик тўлқин ҳосил қилинди дейлик. Ушбу тўлқин кристалда қалинлиги тахминан тўлқин узунлигига тенг бўлган сиртқи қатлам бўйлаб бир нуқтадан иккинчи нуқтага босимни ўзгартириб тарқалади. Босимнинг ўзгариши кристалнинг деформацияланишига ва қарама – қарши ишорали зарядлар (пьезо – ЭЮК) ҳосил бўлишига олиб келади. Кристал сиқилган жойларда зарядлар ишоралари бир хил тақсимланади, кристал чўзилган жойларда эса зарядлар тақсимланиши тескарисига ўзгаради. Бу кристалда, жумладан, чиқиш синфаз үзгартгич электродлари орасида ҳам ўзгарувчан электр майдон ҳосил бўлишига олиб келади. Натижада чиқишдаги үзгартгич (унга R_{IO} юклама уланган) акустик сигнални электр сигналга айлантиради (тўғри пьезоэффект). Сигнал кечикиш вақти акустик тўлқиннинг үзгартгичлар орасидаги ўтиш ватқи билан аниқланади.

Бундай қурилманинг асосий камчилиги товуш ўтказгичда сочиладиган қувватнинг катталигидадир. Гап шундаки, акустик тўлқин кристалдаги эркин электронлар билан таъсирлашиб, уларни тўлқин тарқалиш йўналишида олиб кетади. Бунда тўлқин қўшимча сўнади. Лекин, агар кристалга заряд ташувчиларни тўлқин тарқалиш йўналишида $\vartheta_e \geq \vartheta_{ak}$ тезлик билан дрейф

ҳаракат қилдирувчи күчланиш берилса, заряд ташувчилар ўзларининг маълум энергиясини тўлқинга узатади, натижада акустик тўлқин кучаяди. Бунда акустик сигналлар кучайтиргичи ёки актив ультратовушли кечикириш линияси ҳосил бўлади.

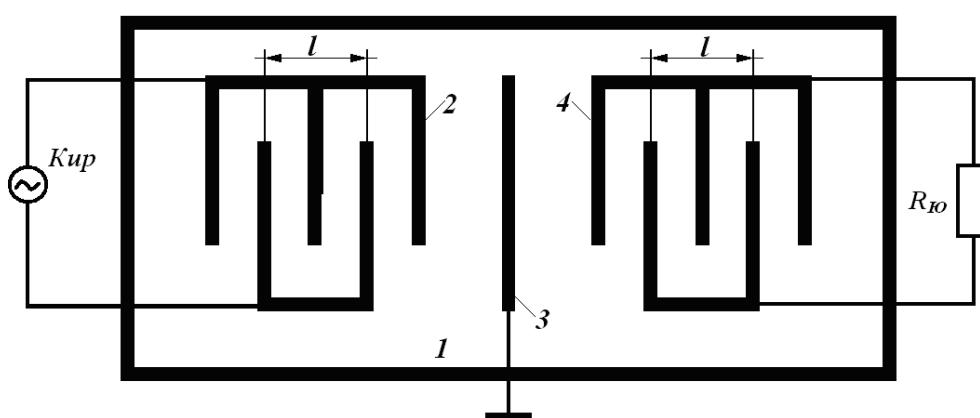
Қандайдир f_1 дан f_2 гача частоталар орасидаги тебранишларни ўтказувчи полосали фильтрлар ва кенг полосали кечикириш линиялари ҳосил қилишда қарама – қарши қозиқсимон ўзгартиришлар ишлатилади (ҚҚҚЎ).

Киришдаги ҚҚҚЎнинг геометрик ўлчамлари ва шакли электр сигнални акустик тўлқинга айлантириш самарадорлигини белгилайди. Ҳар бир частота учун ҚҚҚЎнинг маълум ўлчамлардагина энг самарали ўзгартириш ҳосил бўлади. ҚҚҚЎ асосида ҳосил қилинган САТ фильтрининг тузилиши 2.6 – расмда келтирилган.

Фильтр пьезоэлектрик асос 1 (масалан, литий ниобити, пьезокварц, пьезокерамика) ва унга фотолитография усуллари билан ҳосил қилинган иккита ҚҚҚЎ 2, 4 ҳамда экранловчи электрод 3 дан тузилган. Киришдаги ҚҚҚЎ сигнал манбаи билан, чиқишидагиси эса электр сигнал ҳосил қилувчи юклама билан уланган.

Берилган f_0 частота учун тароқ қадами l акустиктўлқин узунлиги λ_{ak} билан бир хил бўлиши керак. ҚҚҚЎда фильтрининг ўтказиш полосаси қозиқлар сони N билан аниқланади

$$\Delta f_H = f_0 / N.$$



2.6 – расм. ҚҚҚЎли САТли фильтр.

Қозиқлар сони $N=2$ бўлганда фильтр энг кенг ўтказиш полосасига эга бўлади. Қозиқлар сони ортиши билан фильтрининг ўтказиш полосаси кенглиги тораяди. Акустоэлектрон фильтрининг юкори ишчи частотаси фотолитографиянинг ажратиш хусусияти билан белгиланади. ҚҚҚЎлар

электродлари кенглиги $\lambda_{ak}/4$ га тенг қилиб олинади. Бунда 100 МГц частотали САТли фильтр электродлари 8 мкм ни ташкил этади.

САТли фильтрлар кўп каналли электр алоқа ва космик алоқа тизимлари фильтрлари сифатида кенг ишлатилади. Улар телевизион қабулқилгичларнинг тасвир орқали частота кучайтиргич блокларида *LC* – фильтрларни алмаштирумокда. Ҳозирги вақтда тасвирни ташиш частотаси 38 ва 38,9 МГц ни ташкил этувчи САТли телевизион фильтрлар серияли равишда ишлаб чиқарилмоқда.

Замонавий САТли фильтрлар $\Delta f=0,05\text{--}50\%$ ўтказиш полосасига эга, ўтказиш полосасидаги сўниш $2 \div 6$ дБ, селективлиги 100 дБ гача. Бундай фильтрлар 900 МГц гача частоталарда ишлайди.

Магнитоэлектроника асбоблари. Магнитоэлектрон асбобларда ферромагнит материаллар ишлатилади. Улар домен тузилишга эга, яъни бутун ҳажми кўп сонли локал соҳалар – доменлардан ташкил топади. Доменлар тўйингунча спонтан магнитланган. Улар **полосали**, **лабиринтсимон** ва **цилиндрик** шаклга эга бўлиши мумкин. Доменнинг чизиқли ўлчамлари миллиметрнинг мингларча улушидан ўнларча улушига тенг. Доменлар ўзаро **чегарадош деворлар** (Блох деворлари) билан ажралиб туради. Бу деворларда битта домен магнитланганлик векторига нисбатан аста ўзгаришлари содир бўлади.

Магнитоэлектроника асбобларида ахборот сигналини ташувчи сифатида қўйидаги динамик биржинслимасликларнинг биридан фойдаланилади:

- 1) цилиндрик шаклдаги доменлар;
- 2) чизиқли доменларда вертикал Блох чизиқлар (ВБЧ). Қўшни ВБЧлар орасидаги масофа етарли кичик, ўлчами 0,5 мкм бўлган чизиқли домен деворида 100 битгача ахборот сақлаш мумкин;
- 3) ферромагнит материални частотаси квант ўтишлар частотасига тенг ёруғлик билан ёритилганда ҳосил бўлувчи резонанслар ва тўлқинлар;
- 4) спин тўлқинлари ва бошқаларнинг квант тебранишларини акс эттирувчи квазизаррачалар – магнонлар.

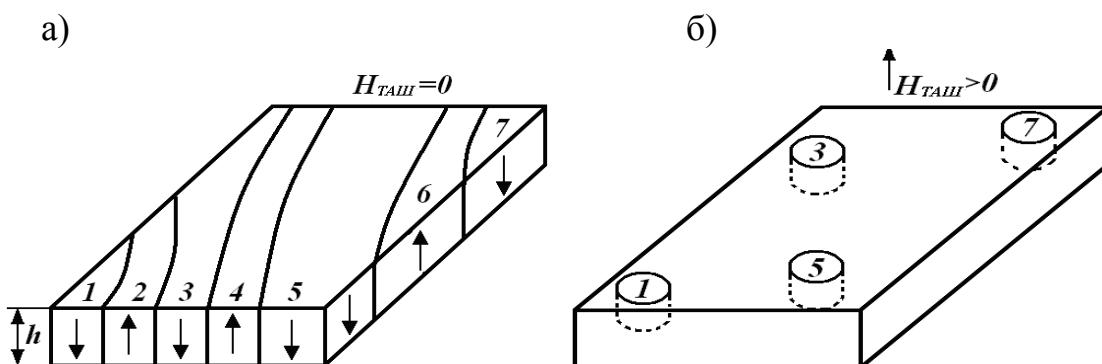
Цилиндрик магнит домен (ЦМД)лар асосидаги функционал электроника асбобларининг тузилиш ва ишлаш принципи билан танишамиз.

Барча магнитоэлектрон қурилмаларда доменлар иштироқидаги жараёнлар ишлатилади, қурилмаларнинг ўзи эса иккилиқ саноқ тизимида акс эттирилган ахборотни қайта ишлаш ва сақлаш учун ишлатилади. ЦМД маълум шароитда умумий формуласи $RFeO_3$ бўлган монокристал пластиналар ёки баъзи ферритларнинг юпқа пардаларида ҳосил бўлади. Агар формуладаги R – ер ишқорий элемент бўлса, модда **ортоФеррит** деб, агар иттрий бўлса **гранат** деб аталади. Қалинлиги $h = 3 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-3}$ смли ортоферрит пластина ёки гранат пардаси ташки магнит майдон мавжуд

бўлмаган ҳолда магнитланганлик векторлари қарама – қарши йўналган чизиқли доменлардан тузилади. Келтирилган қалинликларда доменлар материалнинг бутун кўндаланг кесимини эгаллади ва турли шаклга эга бўлади. Еттига чизиқли доменга эга парда (кристал)нинг бир қисми 2.7, а – расмда кўрсатилган. Парда сиртига тик йўналган ташки магнит майдон H_{Tash} таъсир этганда майдон вектори йўналиши ташки майдонники билан бир хил доменлар катталашади, майдон векторига тескари йўналган доменлар эса кичиклашади ва ташки магнит майдоннинг маълум қийматида ЦМДларга айланади (2.7, б – расм). Ташки магнит майдон ортган сари доменлар диаметри улар йўқолиб кетгунича камаяди ва парда бир текис магнитланади, яъни битта яхлит домен ҳосил бўлгандек бўлади.

ЦМДлар диаметри феррит материалига қараб $50 \div 1$ мкм бўлади. ЦМДларнинг турғун сақланиши ташки магнит майдон борлиги ҳисобига амалга ошади. ЦМДларнинг борлиги (ёки йўқлиги) иккилик саноқ тизимида акс эттирилган ахборотнинг сақланишига тенг деб қаралиши мумкин. Ушбу ҳолат катта ҳажмга эга хотира қурилмаларни ҳосил қилиш учун ишлатилиади, чунки ортоферрит кристалининг 1 см^2 юзасида чамаси 10^7 бит ахборот сақланиши мумкин.

Бошқа томондан ёндошилганда, агар кристалнинг маълум позицияларида ЦМДлар генерацияси таъминланса, улар дискрет силжитиш ахборотларни ёзиш ва ўқиш, ҳамда ўчириш учун ишлатилиши мумкин.

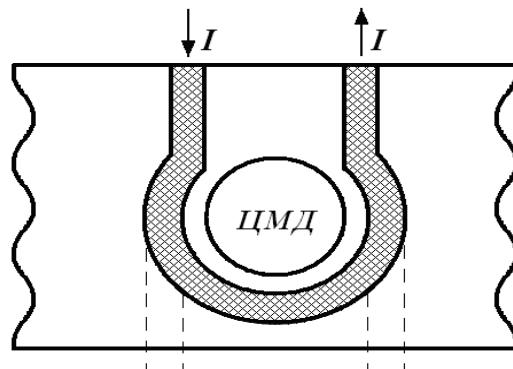


2.7 - расм. Чизиқли (а) ва цилиндрик (б) доменларнинг тузилиши.

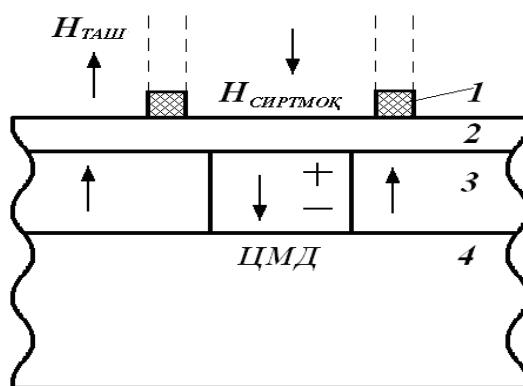
Хотира қурилмасининг магнит ИСларида ЦМДлар токли сим сиртмоқ кўринишидаги доменлар генератори ёрдамида ҳосил қилинади (2.8, а – расм). Токли сиртмоқ 1 асос 4 сиртида жойлашган асосий феррит парда 3 сиртидаги изоляцияловчи парда 2 га пуркаш билан ҳосил қилинади. Монокристал

пардалар (ферритлар, гранатлар) бүг фазадан магнитланмайдиган, масалан, гадолиний – галлийли гранат асосга кимёвий ўтказиш йўли билан олинади.

а)



б)



2.8 – расм. ЦМД асосидаги хотира қурилмаси:
устидан кўриниши (а) ва қирқими (б).

ЦМД ҳалқа орқали парданинг локал соҳасини қайта магнитлаш учун етарли амплитудаси юзларча мАни ташкил этувчи I ток импульси ўтказилганда ҳосил бўлади. Доменларни ўчириш давомийлиги 1 мкс, амплитудаси 200 мА ва йўналиши ЦМД ҳосил қилувчи ток йўналишига тескари ток ўтказиш билан амалга оширилади.

Мусбат (+) ва манфий (-) ишоралар билан мос равишида ЦМДнинг жанубий ва шимолий қутблари белгиланган.

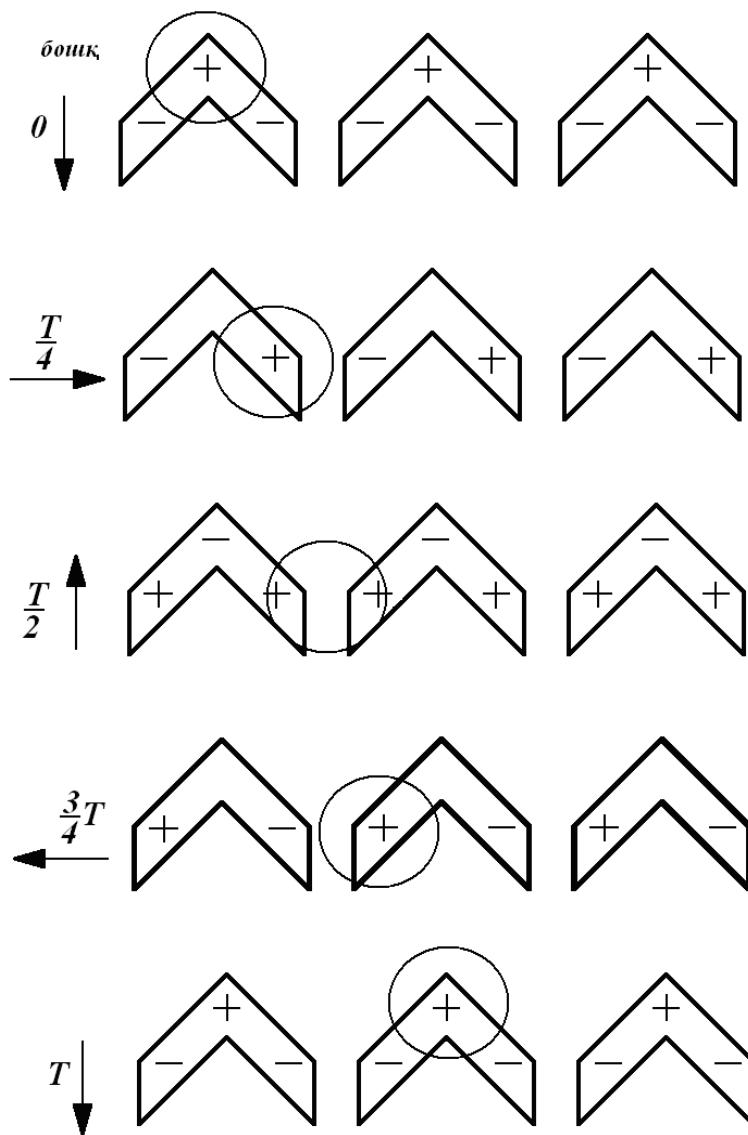
ЦМДни юпқа парданинг маълум соҳасида фиксация қилиш учун магнитостатик тутгичлардан фойдаланилади. Тутгич маҳсус магнит юмшоқ материал пермоллойдан ясалган маълум шаклдаги аппликациялардан иборат. Аппликация остидаги соҳада ташқи магнит майдон экранланади ва потенциал чуқур – тутгич ҳосил бўлади. Шунинг учун ЦМД чуқурга тушиб исталганча узоқ вақт сақланиши мумкин.

ЦМДнинг маълум нуқтага (манзилга) силжитилиши қуйидагича амалга оширилади. Асосий юпқа парда сиртида аппликацияларга айланиш ўқи асосий парда сиртига тик йўналган айланиб турувчи ташқи $H_{Бошк}$ майдон таъсир этади. Айланиб турувчи магнит майдон бир – бирига нисбатан 90^0 га бурилган, икки фазали ток билан таъминланувчи иккита ғалтак ёрдамида ҳосил қилинади. Бу ҳолда натижаловчи майдон $H_{Бошк}$ вектори соат стрелкаси бўйлаб ω бурчак тезлик билан текис буралади. $H_{Бошк}$ майдон ЦМДга амалий таъсир кўрсатмайди, лекин пермаллойли аппликацияларда магнит зарядлар кутбларининг даврий қайта тақсимланишини ҳосил қиласди. Айтиб ўтилган кутбларнинг ЦМДга таъсири уни чапдан ўнгга силжишига олиб келади.

ЦМДларнинг силжиши Т – симон ёки шевронли пермаллой аппликациялар орқали амалга ошиши мумкин. Шевронли аппликациялар кенг қўлланилади. Улар зич жойлашиши ва диаметри 1 мкм амтрофида бўлган доменлар силжишини таъминлайди. Учта шевронли аппликациядан ташкил топган тузилма, $H_{Бошк}$ йўналиши, аппликацияларда магнит қутблар ҳолати ва майдоннинг турли ҳолатларида ЦМД ҳолати 2.9 – расмда кўрсатилган. Аппликациялар доменнинг жанбуий қутбига тегади деб фараз қилинади.

Аппликациялар бир – биридан ~ 1 мкм масофада жойлашиб регистрни ҳосил қиласди. ЦМД асосидаги хотира қурилмаларида 8 та ёки 16 та бир – бирига яқин жойлашган доменлар генераторлари ҳосил қилинади ва улар 8 ёки 16 разрядли сонларни ёзувчи регистрни ташкил этади. Доменлар силжиш тезлиги секундига юзларча метрни ташкил этиши мумкин, ахборотни ёзиш тезлиги эса $10^5 \div 10^6$ бит/с ни ташкил этади. Ахборотни ўқиш учун магниторезистив эффектга эга яrimўтказгич халқадан фойдаланилади. Магниторезистив эффект содир бўлганда яrimўтказгич остидан ЦМД ўтганда унинг электр қаршилиги ўзгаради. Бунинг учун халқа (датчик) орқали ўзгармас ток ўтказилади. Агар датчик остидан ЦМД ўтса халқадаги магнит майдон ўзгаради. У билан биргаликда халқа қаршилиги ва ундан ўтадиган ток қиймати ҳам ўзгаради. Мантикий кўприк схемага уланган бундай микровольтли датчикнинг сигнали кейинчалик кучайтирилади.

ЦМДлар асосида КИС ва ЎКИСли яrimўтказгич хотира қурилмалар яратилади. Уларнинг ахборот сифими 92 ёки 250 Кбитли катта бўлмаган секциялар билан ошириб борилади. Шундай қилиб керакли сифимли хотирани ҳосил қилиш мумкин. ЦМД асосидаги хотира қурилмалар юқори ишончлиликка эга ва магнит дисклардаги шундай қурилмаларга нисбатан тезкор ишлайди, хотирасида сақловчи ахборотнинг кўплиги ва масса ҳамда ўлчамларининг кичикилиги билан фарқ қиласди. Улар анча кам энергия истеъмол қиласди. Бундан ташқари, ЦМД асосидаги асбоблар ёрдамида мантиқ элементларнинг тўлиқ тўпламини ҳосил қилиш мумкин.



2.9 – расм. ЦМДларнинг шевронли аппликациялар бўйлаб силжиши.

Назорат саволлари

1. Оддий яримўтказгич лазерларга нисбатан квант чуқурликли лазерлар афзаликларини тушунтиринг.
2. Функционал электроника асбобларига таъриф беринг.
3. Заряд алоқали асбобларнинг ишлаш принципини тушунтиринг.
4. Акустоэлектрон асбобларга таъриф беринг.

5. Сирт акустик түлқинли асбобларнинг тузилиши ва ишлашини тушунтиринг.
6. Магнитоэлектрон асбобларга таъриф беринг.
7. Цилиндрик магнит доменлар асосидаги магнитоэлектрон асбобларнинг ишлаш принципини тушунтиринг.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Introductory Circuit Analysis, by Robert L. Boylestad, Pearson Education Limited, 2014. Chapter 15.
2. А.Н. Игнатов. Микросхемотехника и наноэлектроника. СПб.: Издательство “Лань”, 2011. – 528 с.
3. Х.К. Арипов, А.М. Абдуллаев, Н.Б. Алимова, Х.Х. Бустанов, Е.В. Объедков, Ш.Т. Тошматов. Схемотехника. Т.: ТАФАККУР БЎСТОНИ, 2013.

IV. БҮЛІМ

АМАЛИЙ МАШФУЛОТ
МАТЕРИАЛЛАРИ

IV. АМАЛИЙ МАШФУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1- амалий машғулот. Моделлаш ва тестдан ўтказишсулларини Labview технологиясида амалга ошириш.

Ишдан мақсад: Моделлаш ва тестдан ўтказишсулларини Labview технологияси ёрдамида тажрибадан ўтказиш.

Лаборатория стендини ўлчашларга тайёрлаш

Лаборатория стенді аппарат – дастурий мажмуа бўлиб, унинг таркибиға қуйидагилар киради:

- компьютер;
- NI ELVIS лаборатория станцияси;
- лаборатория модуллари комплекси;
- улаш учун симлар комплекти.

Аппарат воситаларига қўйиладиган асосий талаблар ва уларни ўлчашларга тайёрлаш тартиби билан танишиб чиқамиз.

Компьютер. Лаборатория ишларини бажариш учун қуйидаги параметрларга эга бўлган IBM-мослашувчи компьютери талаб қилинади:

- 733 МГц дан паст бўлмаган частотали Pentium III синфига мансуб процессор;
- 256 Мб дан кичик бўлмаган оператив хотира;
- 2Гб ли эркин диск ҳажми.

Компьютерда қуйидаги дастурий воситалар ўрнатилган бўлиши керак:

- Windows 2003/XP оператив тизими;
- Lab VIEW 8.2 ва ундан юқори график дастурлаш муҳити;
- Microsoft Office WORD 2003 ёки ундан юқори матн редактори.

NI ELVIS лаборатория станцияси. NI ELVIS лаборатория станцияси National Instruments компаниясининг олий ўқув юртлари ва коллежлар учун лаборатория практикуми ҳамда ўқув лабораторияларини яратиш бўйича негиз ишланма ҳисобланади. Унинг таркибиға қуйидагилар киради:

1. Ўқитувчилар ҳамда талабалар томонидан мустақил ишлаб чиқиши учун электр занжирлари ва қурилмалари, датчиклар ва бошқарув тизимларини монтаж қилиш учун мўлжалланган макет платаси (2800 киришли). Макет платаси тузилган схемаларга маълумотлар тўплаш қурилмасидан сигналлар бериш имконини беради.

2. PCI-6251 турдаги күпфункционал маълумотлар тўплаш платасига эга бўлган NI ELVIS платформаси, схемага күпфункционал маълумотлар тўплаш қурилмасидан берилаётган сигналларни, макет платада яратилган схемаларни мувофиқлаштириш учун хизмат қиласи, ҳамда кўпгина қўшимча бошқарилувчи қурилмаларга эга:

- $\pm 12V$ диапазонида созланувчи доимий кучланиш манбаи;
- $+5V, \pm 15V$ ли барқарорлашган доимий кучланиш манбалари;
- ўрнатилган стандарт сигналлар генератори: синусоидал, тўғри бурчак, уч бурчак;
- мультиметр ва осциллограф учун BNC разъемлари;
- қисқа туташув ва юқори кучланишлардан ҳимоялаш схемалари.

3. Рақамли мультиметр, осциллограф, функционал генератор, ихтиёрий шаклдаги сигналлар генератори, қайта ўрнатилувчи доимий кучланиш манбалари, АЧХ ва ФЧХ анализаторлари, спектр анализатори, ВАХ анализатори, рақамли сигналларни ёзиш ва ўқиш қурилмаси функцияларини амалга оширувчи дастурий таъминот.

4. Драйверлар ва Lab VIEW учун намуналар мажмуаси.

NI ELVIS лаборатория станциясидан фойдаланишдан аввал:

- компьютернинг PCI шинасига PC1-6251DAQ-платасини ўрнатиш;
- DAQ-платаси чиқиши разъемини кабель ёрдамида NI ELVIS платформаси разъеми билан туташтириш;
- NI ELVIS платформасига манба блокини улаш ва аввал орқа панель, сўнгра олди панельдаги қайта улагичларни “ON” ҳолатига ўтказиш;
- компьютерни ёкиш;
- NI ELVIS лаборатория станцияси таркибига кирувчи дастурий таъминот ҳамда драйверларни ўрнатиш лозим.

NI ELVIS лаборатория станцияси иккита режимда ишлиши мумкин: “NORMAL” ва “BYPASS”. Режимдан режимга ўтиш “COMMUNICATION” қайта улагичи ёрдамида амалга оширилади.

“NORMAL” режимида платформанинг олд панелида жойлашган бошқарув органлари ёрдамида бевосита ўзгартириш мумкин бўлган аппарат воситалар қўлланилган.

“BYPASS” режимида аппарат воситалар ўчирилган бўлиб, бевосита DAQ-платаси ресурсларидан фойдаланиш мумкин.

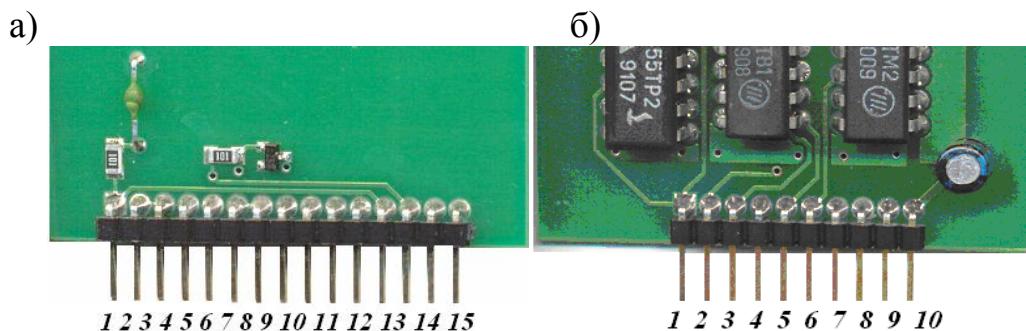
Аналог ва рақамли электроника практикумларининг дастурий таъминотлари бевосита DAQ-платаси ёрдами ишишга мўлжалланган. Шунинг учун бу лаборатория ишларини бажаришда NI ELVISни “BYPASS” режимига ўтиш керак.

Макет платасини тайёрлаш. Лаборатория практикуми мажмуи **9 та лаборатория модулидан** ташкил топган бўлиб, уларда тадқиқ этилаётган

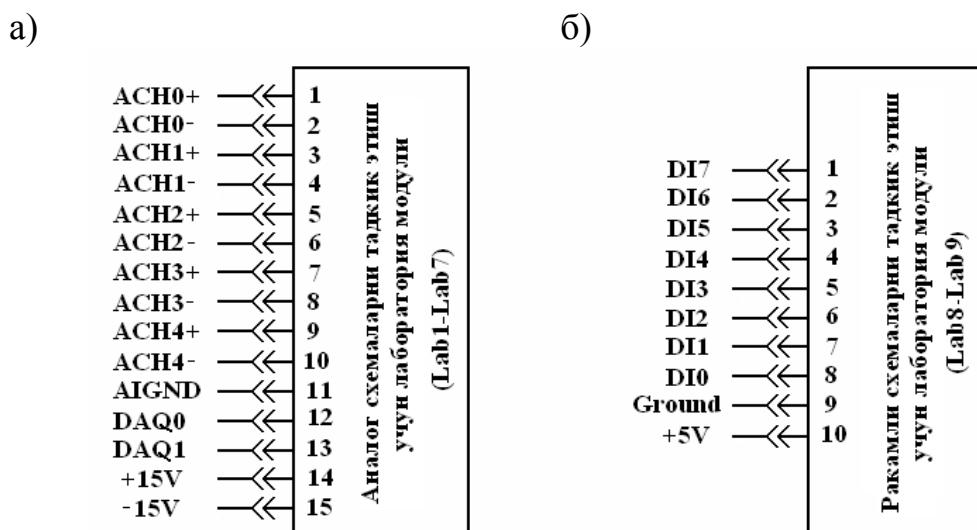
схемалар йигилган. Lab1A -Lab7A модуллари аналог схемаларни, Lab8A ва Lab9A модуллари эса рақамли схемаларни тадқиқ этиш учун мұлжалланган. Ҳар бир аналог модуль 15 та, рақамли модуллар эса – 10 та контакт разъемларига эга. Лаборатория модулларининг мазкур разъемларининг рақамланиши 1 – расмда көлтирилген.

NI ELVIS лаборатория станцияси сигналларининг аналог (2, а – расм) ва рақамли (2, б – расм) схемаларни тадқиқ этишда лаборатория модуллари контактларига уланиш схемалари көлтирилган.

Лаборатория ишларини бажаришдан олдин NI ELVIS макет платасини күрсатмаларга мос равища тайёрлаш лозим. Тайёрланған макет платасининг ташқи күриниши 3 – расмда көлтирилган.



1.1 – расм. Лаборатория модулларининг аналог (а) ва рақамли (б) разъемларининг рақамланиши.

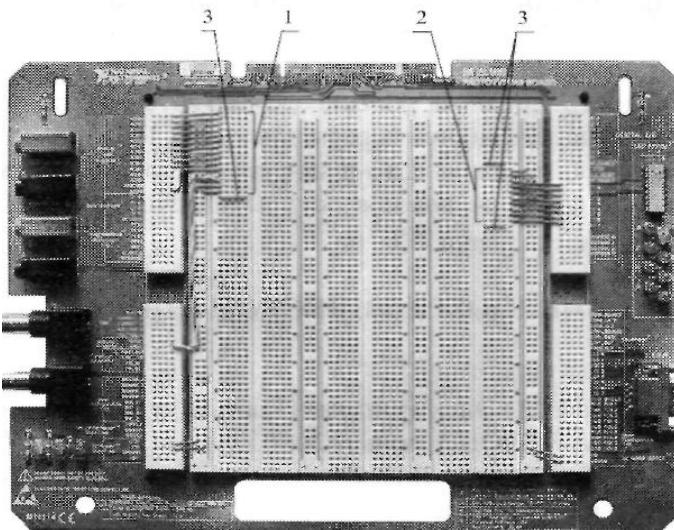


1.2 – расм. Аналог (а) ва рақамли (б) қурилмаларни тадқиқ этишда қўлланиладиган модуллар уланиш схемалари.

Макет платасидаги электр **боғланишлар** мажмуа таркибига киругчи монтаж қисмлари ёрдамида амалга оширилади. Лаборатория модулини нотүғри йиғишини олдини олиш мақсадида монтаж симлардан чеклагичлар ўрнатилган. Макет платасига лаборатория модулларини 6 – расмда кўрсатилган белгиларга мос равишда ўрнатиш керак. Ўрнатилган модулларнинг кўриниши 4 – расмда келтирилган.

Амалиётни таъминловчи дастурни ўрнатиш.

Амалиётни таъминловчи дастурий таъминот 8.2 ёки ундан юқори версиядаги Lab VIEW муҳитида бажаришга мўлжалланган бўлиб CD дискнинг “**Lab**” папкасида жойлашган. Ишни бошлашдан аввал тегишли папкани копьютерингизни қаттиқ дискига нусха кўчиринг. Лаборатория ишини бажариш вақтида **Lab** папкасини очинг ва **Lab-n.vi** дастурни ишга туширинг (бу ерда n – лаборатория ишининг тартиб рақами). Дастурни ишга тушириш  ифодаланган RUN тугмасини босиш орқали амалга оширилади.

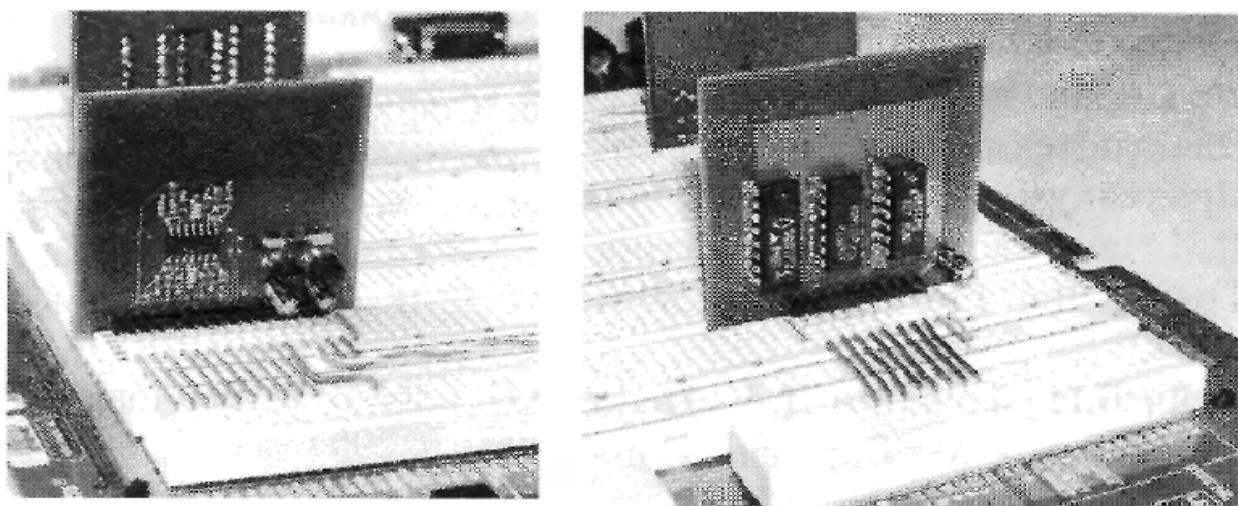


1.3 – расм. Тайёрланган макет платасининг ташқи кўриниши:

- 1 – аналог модулларни ўрнатиш жойи, 2 – рақамли модулларни ўрнатиш жойи,
- 3 – модуллар учун ўрнатиш жойлари чеклагичи.

a)

б)



1.4 – расм. Макет платасида аналог (а) ва рақамли (б) лаборатория модулларининг жойлашиши.

2– амалий машғулот. Компьютер графикаси мухитида виртуал асбобларни лойихалаштиш.

Операцион кучайтиргич асосидаги схемаларни тадқиқ этиш

Ишнинг мақсади

- операцион кучайтиргич характеристикалари билан танишиш;
- операцион кучайтиргич асосидаги аналог сигналларни ўзгартериш схемаларининг тузилиш принциплари билан танишиш;
- операцион кучайтиргич асосидаги инверслайдиган ва инверсламайдиган кучайтиргичларни тадқиқ этиш;
- аналог сигналларни интегралловчи ва дифференциалловчи схемаларни тадқиқ этиш.

Иш бажариш юзасидан маълумотлар

Иш бажаришдан аввал қуидагилар билан танишишиб чиқиш тавсия этилади:

- операцион кучайтиргич тузилмаси ва асосий характеристикалари;
- операцион кучайтиргич асосида кучайтиргичлар қуриш усуллари;
- операцион кучайтиргич асосида аналог сигналларни ўзгартирувчи қурилмаларини қуриш усуллари.

Лаборатория стенди тавсифи

Лаборатория стенди таркибиға қуидагилар киради:

- асосий лаборатория стенди;
- операцион кучайтиргич асосидаги схемаларни тадқиқ этиш учун Lab6А лаборатория модули.

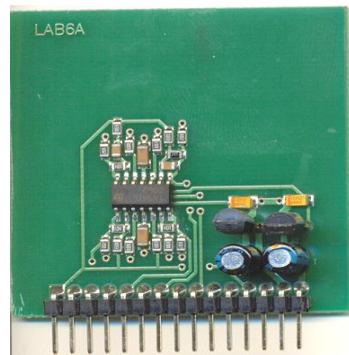
Топшириқлар

MS Word таҳририда хисобот шаблонини тайёрланг.

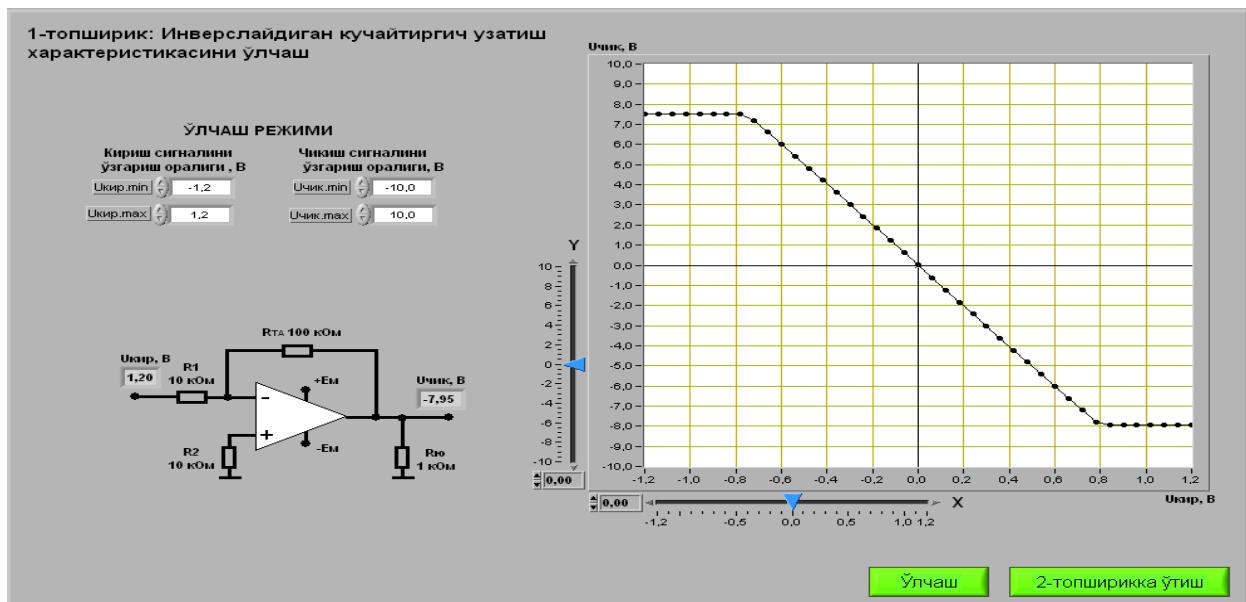
NI ELVIS лаборатория станциясининг макет платасига **Lab6A** лаборатория модулини ўрнатинг. Модулнинг ташқи қўриниши 2.1 – расмда келтирилган.

Lab-6.vi дастурини ишга туширинг.

Ишнинг мақсади билан танишишиб чиққач “**Ишни бошлаш**” тутмасини босинг. Экранда 1 – топшириқни бажаришда қўлланиладиган ВА тасвири пайдо бўлади (2.2 – расм).



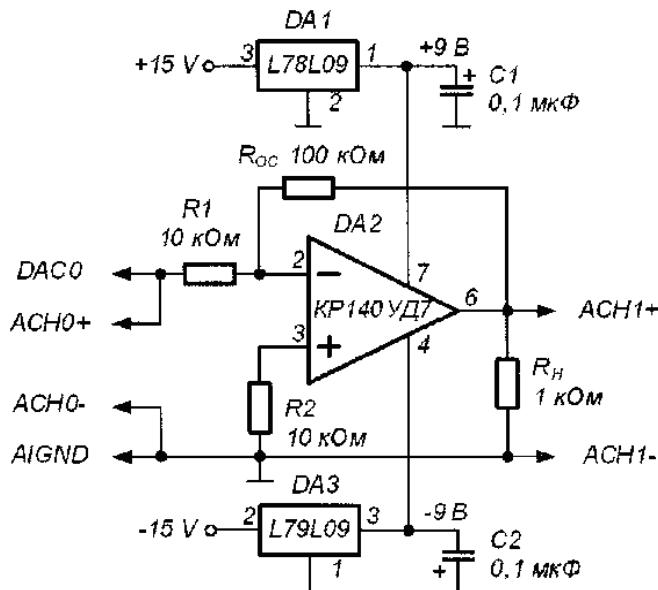
2.1 – расм. Операцион кучайтиригич асосидаги схемаларни тадқиқ этишда қўлланиладиган **Lab6A** модулининг ташқи кўриниши.



2.2 – расм. 1- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

1 - топширик. Инверслайдиган кучайтиригич узатиш характеристикасини ўлчаш

Инверслайдиган кучайтиригич характеристикаларини тадқиқ этиш учун 2.3 – расмда келтирилган схемадан фойдаланилади.

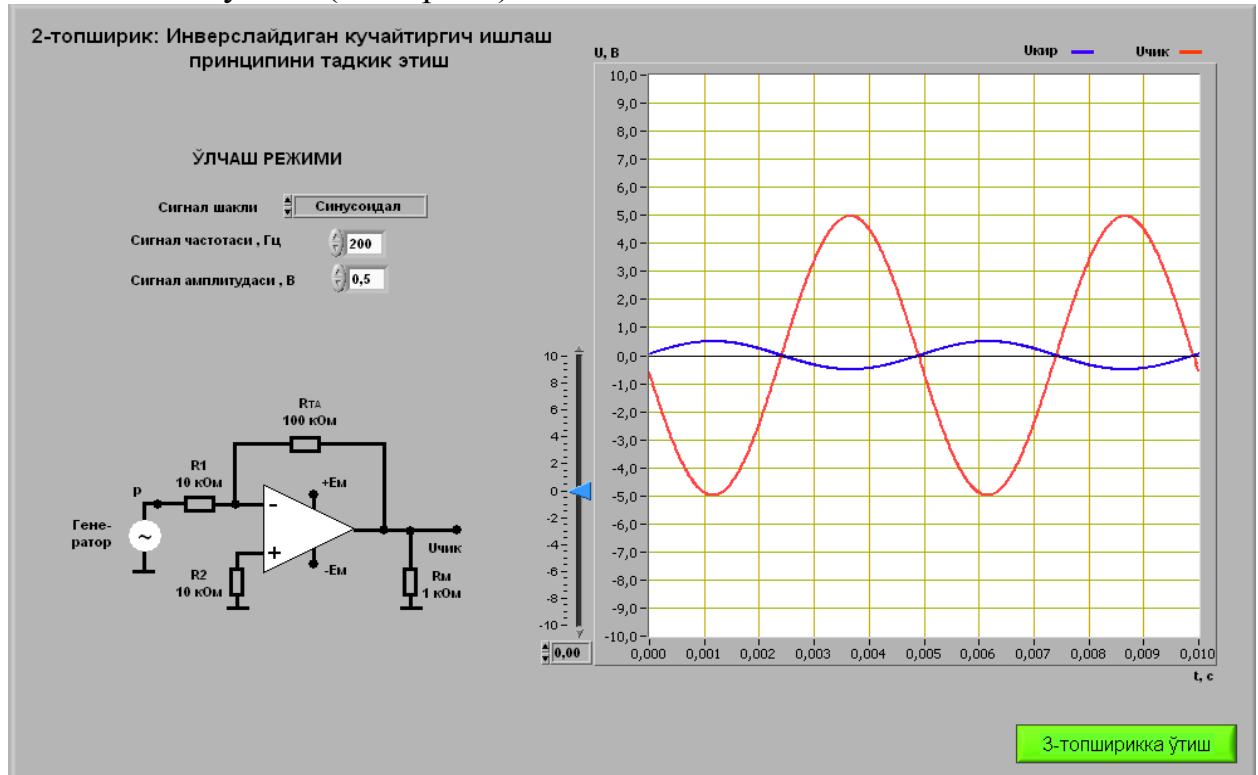


2.3 – расм. Инверслайдиган кучайтиргич характеристикаларини тадқиқ этишда қўлланиладиган принципиал электр схема.

Изоҳ: Операцион кучайтиргич асосидаги барча схемаларда кучланиш манбай қийматини $\pm 15\text{V}$ дан $\pm 9\text{V}$ гача пасайтириш мақсадида DA1 L78L09 (чиқиш кучланиши $+9\text{V}$) ҳамда DA3 L79L09 (чиқиш кучланиши -9V) турдаги кучланиш стабилизаторлари қўлланилган бўлиб, улар операцион кучайтиргич чиқишидаги сигналнинг ўзгариш диапазонини DAQ-платадаги аналог-рақамли ўзгартиргич канали ўлчаш оралиғи ($\pm 10\text{V}$) билан мувофиқлаштириш учун зарур.

- 1.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув элементлари ёрдамида кириш сигнални ўзгариш диапазонини (тавсия этилаётган қийматлар $U_{КИР,min}=-1,2\text{ V}$, $U_{КИР,max}=2\text{ V}$) ҳамда чиқиш сигнални ўзгариш диапазонини (тавсия этилаётган қийматлар $U_{ЧИК,min}=-10\text{ V}$, $U_{ЧИК,max}=10\text{ V}$) ўрнатинг. ВА панелидаги “Ўлчаш” тутгасини босинг. ВА нинг график индикаторида инверслайдиган кучайтиргич узатиш характеристикаси тасвири ҳосил бўлади. Олинган графикни ҳисоботга кўчиринг.
- 1.2. Узатиш характеристикасидан схема чиқишидаги сигнални чегараловчи мусбат $U_{ЧЕГ+}$ ва манфий $U_{ЧЕГ-}$ кучланиш қийматларини аниқланг. Бунинг учун ВА созлагичи ёрдамида ўзгартириладиган горизонтал визир чизиқдан фойдаланинг. Натижани ҳисоботга киритинг.
- 1.3. Инверслайдиган кучайтириш коэффициентини аниқланг. Бунинг учун визир чизиқлари ёрдамида узатиш характеристикасининг тик соҳасида ихтиёрий икки нуқта координаталарни белгилаб олинг ва $K_U = (U_{ЧИК,2} - U_{ЧИК,1}) / (U_{КИР,2} - U_{КИР,1})$ формула ёрдамида ҳисоблашни амалга оширинг. Натижани ҳисоботга киритинг.

- 1.4. ВА ташқи панелидаги “2-топшириққа ўтиш” тұгасини босинг. Экранда 2 – топшириқни бажаришга мүлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (2.4 – расм).



2.4 – расм. 2- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

2 - топширик. Инверслайдиган кучайтиргич ишлаш принципини тадқиқ этиш

- ВА ташқи панелидаги бошқарув элементлари ёрдамида қуидаги ўлчаш режимини ўрнатинг: сигнал шакли –*синусоидал*, сигнал частотаси - **200 Гц**. Кириш сигналы амплитудаси катталиги шундай танланади-ки, ВА график индикаторида кузатилаётган чиқиши сигналы бузилишлардан ҳоли ва кузатув учун қулай бўлсин. Ҳосил бўлган чиқиши сигналы тасвирини маълумотлар буферига, сўнгра эса ҳисобот варағига кўчиринг.
- ВА график индикаторларидағи кириш ва чиқиши сигналлари тасвиридан, ВА горизонтал визир чизиқлари ёрдамида кириш сигналы амплитудаси $U_{\text{кир.м}}$ ҳамда чиқиши сигналы амплитудаси $U_{\text{чиқ.м}}$ ни аниқланг. Олинган натижалар ёрдамида инверслайдиган кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициентини $K = R_{TA}/R_I$ формула орқали ҳисобланг.

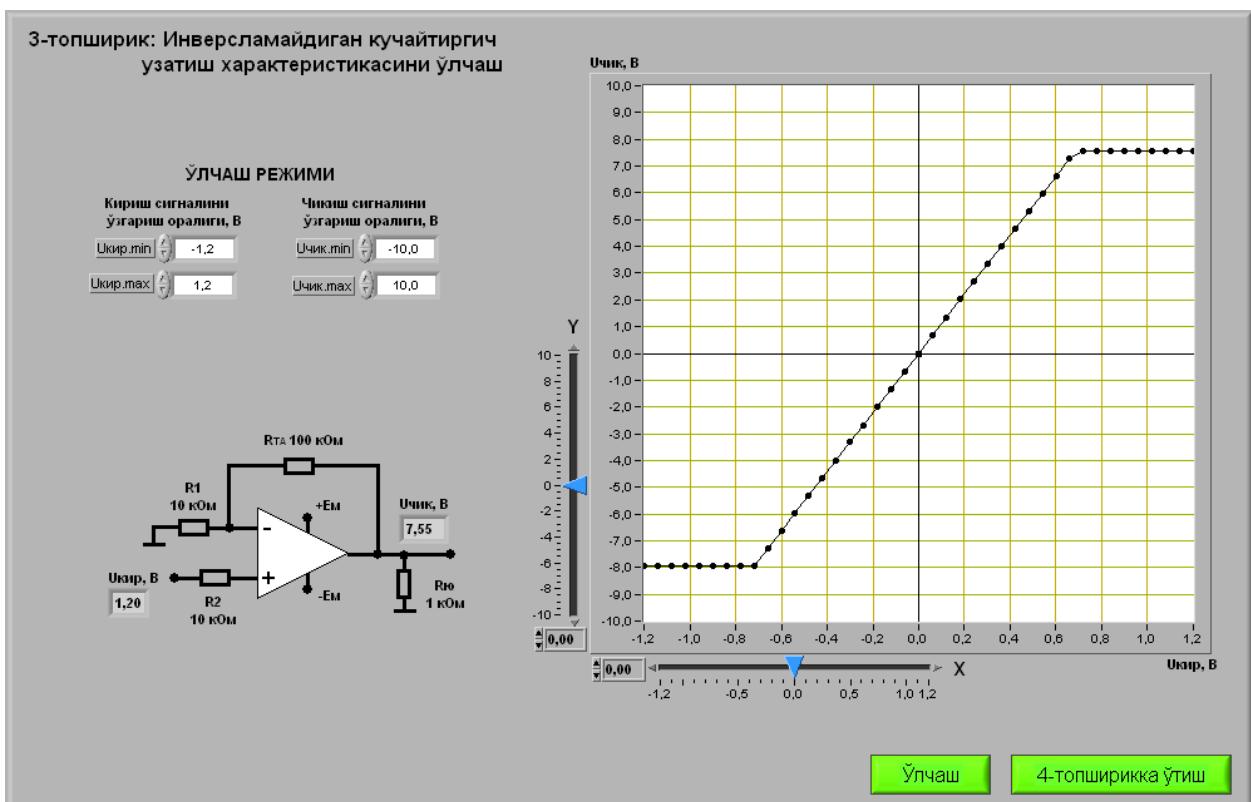
Изоҳ: Сигнал амплитудасини аниқлаш учун унимаксимал U_{max} ва минимал U_{min} оний қийматларини аниқлаш ва $U_m = (U_{max} - U_{min})/2$ формула ёрдамида ҳисоблашни амалга ошириш керак.

ВА график индикаторидаги тасвирлардан фойдаланиб, инверслайдиган кучайтиргич кириши ва чиқишидаги сигнал фазаларини таққосланг. Инверслайдиган кучайтиргич сигнал фазаларини ўзгартириши ҳақида хулоса чиқаринг ва уни ҳисбототга ёзиб олинг.

2.3. Инверслайдиган кучайтиргич кучайтириш коэффициентини ҳисбланг. Бунинг учун $K = R_{TA}/R_I$ формуладан фойдаланинг. Натижани ҳисбототга ёзиб олинг.

Узатиш характеристикасидан, ўлчаш натижалари ҳамда ҳисблаб топилган кучайтириш коэффициентлари қийматларини таққосланг. Хулоса чиқаринг ва уни ҳисбототга киритинг.

2.4. ВА ташқи панелидаги “3-топшириққа ўтиш” тугмасини босинг. Экранда 3 – топшириқни бажаришга мўлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (2.5 – расм).



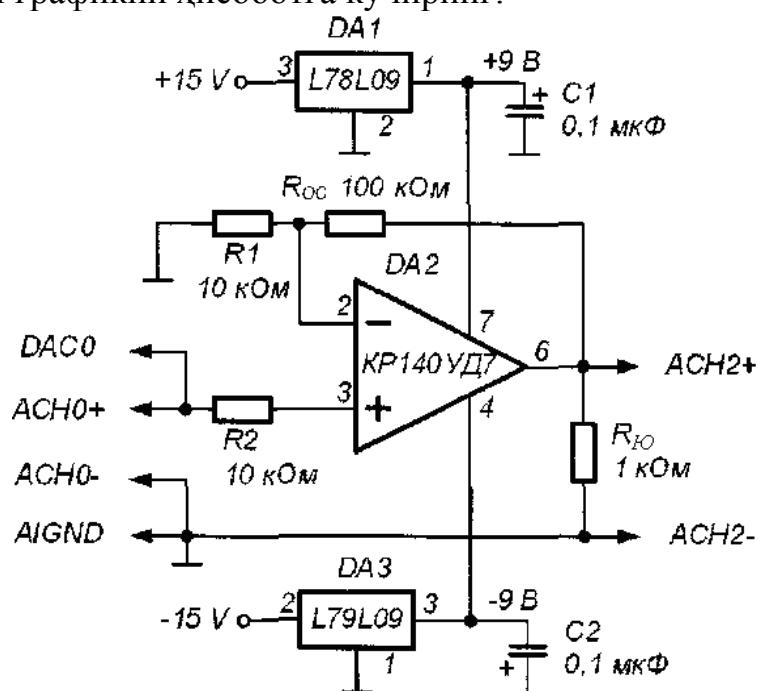
2.5 – расм. 3- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

З-топширик. **Инверсламайдиган** **кучайтиргич** **узатиши**
характеристикасини ўлчаш

Инверсламайдиган кучайтиргич характеристикаларини тадқиқ этиш учун 2.5 – расмда келтирилган схемадан фойдаланилади.

- 3.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув элементлари ёрдамида кириш сигналы ўзгариш диапазонини (тавсия этилаётган қийматлар $U_{КИР,min}=-1,2$ В, $U_{КИР,max}=2$ В) хамда чиқиши сигналы ўзгариш диапазонини (тавсия этилаётган қийматлар $U_{ЧИК,min}=-10$ В, $U_{ЧИК,max}=10$ В) ўрнатинг. ВА панелидаги “Ўлчаш” тұғмасини босинг. ВА нинг график индикаторида инверсламайдиган кучайтиргич узатиши характеристикаси тасвири ҳосил бўлади.

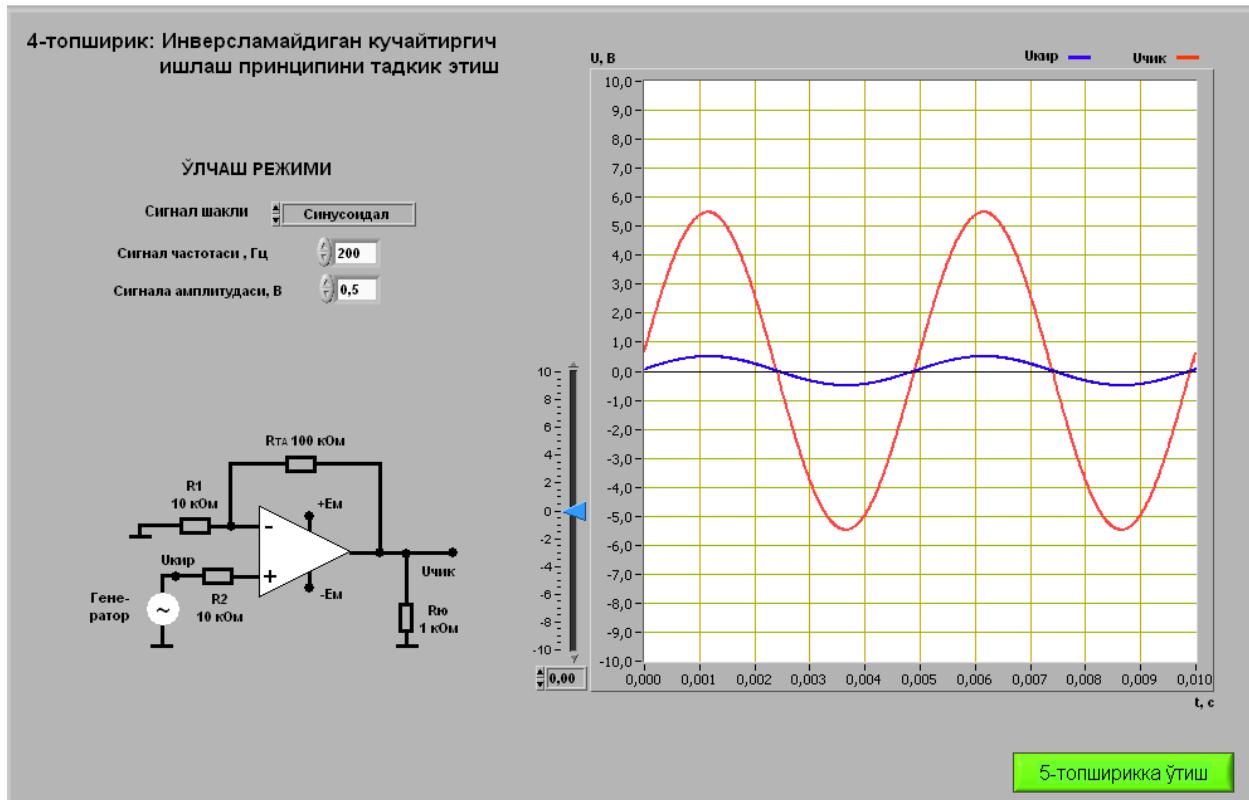
Олинган графикни ҳисоботга кўчиринг.



2.6 – расм. Инверсламайдиган кучайтиргич характеристикаларини тадқиқ этишда қўлланиладиган принципиал электр схема.

- 3.2. Узатиши характеристикасидан схема чиқишидаги сигнални чегараловчи мусбат $U_{чег+}$ ва манфий $U_{чег-}$ кучланиш қийматларини аниқланг. Бунинг учун ВА созлагиши ёрдамида ўзгартириладиган горизонтал визир чизикдан фойдаланинг. Натижани ҳисоботга киритинг.

3.3. ВА ташқи панелидаги “4-топшириққа ўтиш” түгасини босинг. Экранда 4 – топшириқни бажаришга мүлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (2.7 – расм).



2.7 – расм. 4- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

4 - топшириқ. Инверсламайдиган кучайтиргич ишлаш принципини тадқиқ этиш

4.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув элементлари ёрдамида қўйидаги ўлчаш режимини ўрнатинг: сигнал шакли – **синусоидал**, сигнал частотаси - **200 Гц**. Кириш сигнални амплитудаси катталиги шундай танланади-ки, ВА график индикаторида кузатилаётган чиқиш сигнални бузилишлардан ҳоли ва кузатув учун қулай бўлсин. Ҳосил бўлган чиқиш сигнални тасвирини маълумотлар буферига, сўнгра эса ҳисобот варагига кўчиринг.

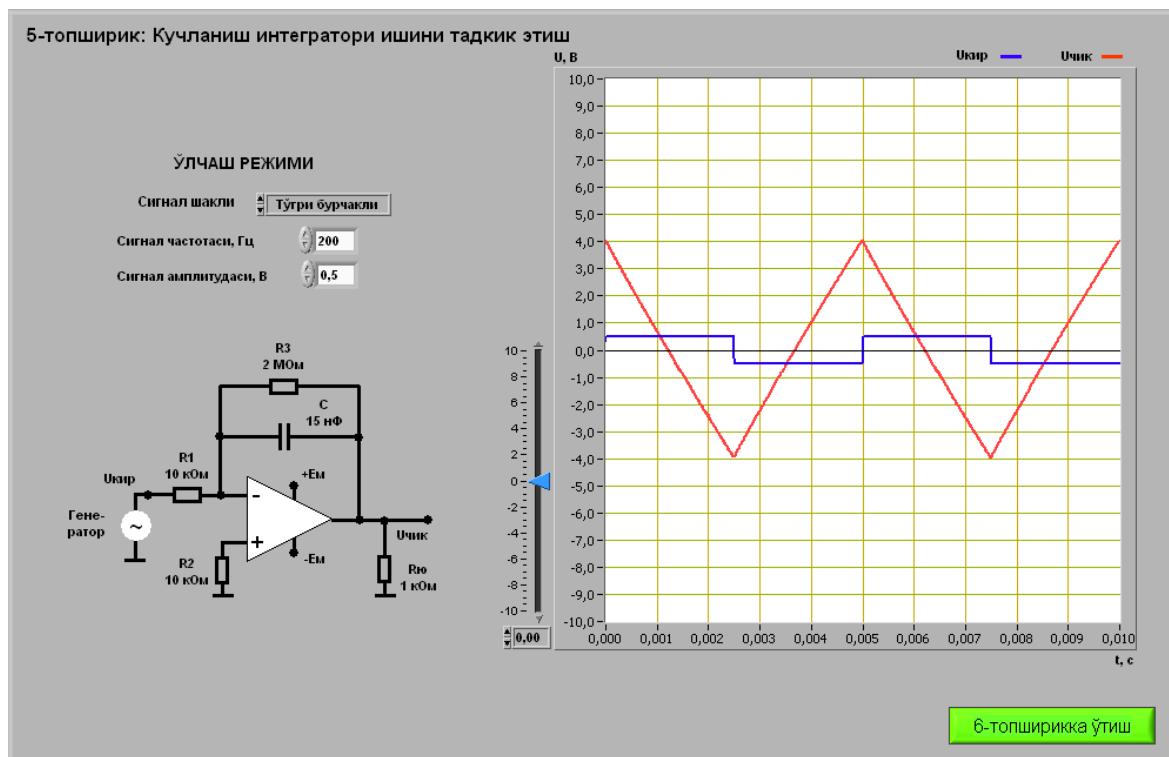
ВА график индикаторидаги тасвиirlардан фойдаланиб, инверсламайдиган кучайтиргич кириши ва чиқишидаги сигнал фазаларини таққосланг. Инверсламайдиган кучайтиргичда сигнал фазаси ўзгариши хақида хулоса чиқаринг ва уни ҳисбототга ёзиб олинг.

4.2. Инверсламайдиган кучайтиргич кучайтириш коэффициентини ҳисобланг. Бунинг учун $K=R_{TA}/R_I$ формуладан фойдаланинг. Натижани ҳисоботга ёзиб олинг.

Осцилограммадан ВА визир чизиқлари ёрдамида кириш сигналы амплитудаси $U_{КИР.m}$ ҳамда чиқиши сигналы амплитудаси $U_{ЧИК.m}$ ни аниқланг. Инверсламайдиган кучайтиргич кучайтириш коэффициентини $K=U_{ЧИК.m}/U_{КИР.m}$ формула ёрдамида ҳисобланг. Натижани ҳисоботга ёзиб олинг.

Узатиш характеристикасидан, ўлчаш натижалари асосидаги ҳамда ҳисоблаб топилган кучайтириш коэффициентлари қийматларини таққосланг. Ҳулоса чиқаринг ва уни ҳисоботга киритинг.

4.3. ВА ташқи панелидаги “5-топшириққа ўтиш” тутмасини босинг. Экранда 5 – топшириқни бажаришга мүлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (2.8 – расм).



2.8 – расм. 5- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

5 - топшириқ. Кучланиш интегратори ишини тадқиқ этиш

Кучланиш интегратори ишини тадқиқ этиш учун 2.9 – расмда келтирилган электр схемани йифинг.

5.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув элементлари ёрдамида қуидаги ўлчаш режимини ўрнатинг: сигнал шакли – **тұғри бурчак**, сигнал частотаси - **200 Гц**. Интегратор киришидаги сигнал амплитудаси катталиги шундай танланади-ки, ВА график индикаторида кузатилаётган чиқиш сигналы бузилишлардан ҳоли ва кузатув учун қулай бўлсин.

ВА график индикаторида уч бурчак шаклига яқин қўринишдаги чиқиш сигнални (интеграллаш натижаси) ҳосил бўлади ва унинг тасвирини маълумотлар буферига, сўнгра эса ҳисбот варагига кўчиринг.

5.2. ВА график индикаторида ҳосил бўлган чиқиш сигнални тасвиридан фойдаланиб, уни ўзгариш тезлигини аниқланг ва ҳисботга киритинг. Бунинг учун визир чизиқлари ёрдамида сигналнинг максимал U_{max} ва минимал U_{min} оний қийматларини аниқланг ва

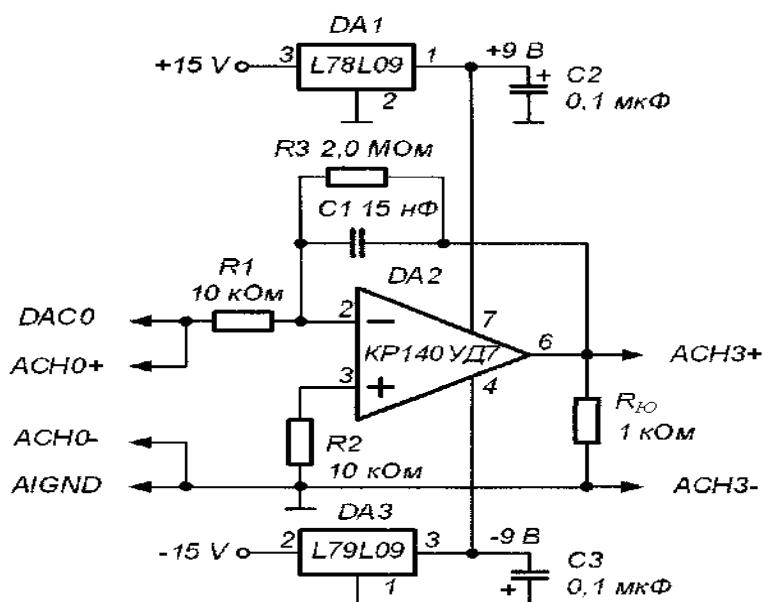
$$\frac{\Delta U_{ЧИК}}{\Delta t} = \frac{2(U_{max} - U_{min})}{T}$$

катталикни ҳисобланг.

Схема элементлари параметрлари қийматларидан фойдаланиб, идеал интегратор формуласи

$$\frac{\Delta U_{ЧИК}}{\Delta t} = -\frac{U_{КИР}}{R_1 \cdot C}$$

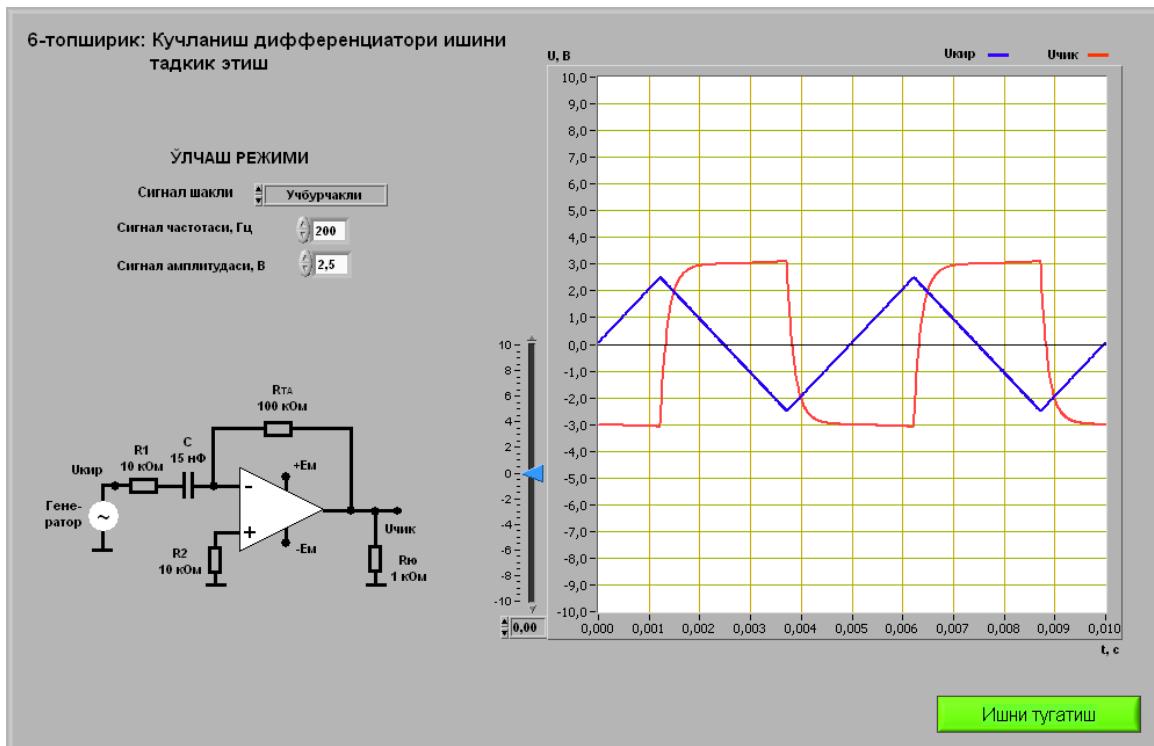
дан чиқиш сигналининг ўзгариш тезлигини аниқланг ва ҳисботга ёзиб олинг.



2.9 – расм. Кучланиш интегратори ишини тадқиқ этишда қўлланиладиган принципиал электр схема.

Үлчаш ҳамда ҳисоблашлар натижаларида олинган интегратор чиқишидаги сигнал қийматини таққосланг. Интеграторнинг идеаллик даражаси ҳақида хулоса чиқаринг.

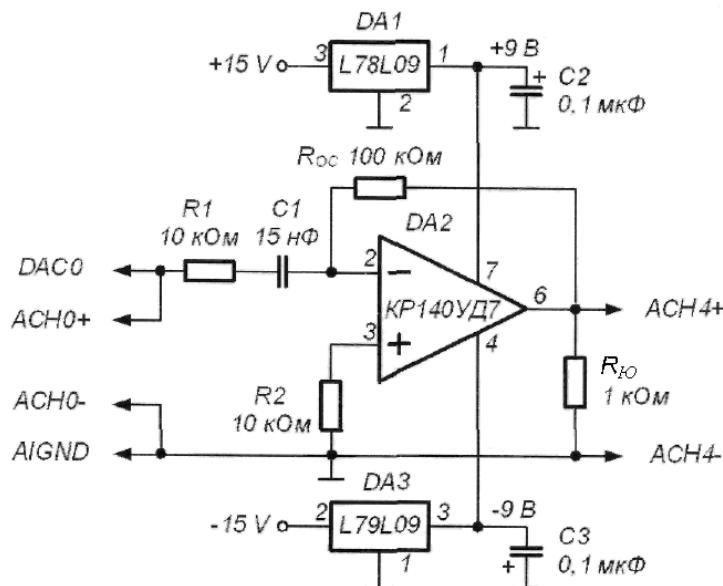
- 5.3.** *Синусоидал, уч бурчак ва арасимон шаклдаги кириш синаллари учун ҳам чиқиши сигнал осцилограммаларини ҳосил қилинг ва ҳисботга киритинг. Олинган натижаларни изоҳланг. Синусоидал шаклдаги кириш синали учун интегратор кириши ва чиқишидаги сигнал фазалари фарқини баҳоланг. Олинган натижани изоҳланг.*
- 5.4.** ВА ташқи панелидаги “**6-топшириққа ўтиш**” тұгмасини босинг. Экранда 6 – топшириқни бажаришга мүлжалланған ВА ташқи панели пайдо бўлади (2.10 – расм).



2.10 – расм. 6 - топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

6 - топшириқ. Кучланиш дифференциатори ишини тадқиқ этиш

Кучланиш дифференциатори ишини тадқиқ этиш учун 2.11 – расмда келтирилган электр схемани йиғинг.



2.11 – расм. Кучланиш дифференциатори ишини тадқиқ этишда күлланиладиган принципиал электр схема.

- 6.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув элементлари ёрдамида қуидаги ўлчаш режимини ўрнатинг: сигнал шакли – **уч бурчак**, сигнал частотаси - **200 Гц**. Дифференциатор киришидаги сигнал амплитудаси катталиги шундай танланади-ки, ВА график индикаторида кузатилаётган чиқиш сигнали бузилишлардан ҳоли ва кузатув учун қулай бўлсин.

ВА график индикаторида шакли тўғри бурчакка яқин кўринишдаги чиқиш сигнали (дифференциаллаш натижаси) ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган чиқиш сигнали тасвирини маълумотлар буферига, сўнгра эса ҳисбот варағига кўчиринг.

- 6.2. ВА график индикаторида ҳосил бўлган чиқиш сигнали тасвиридан фойдаланиб, ВА визир чиқизиқлари ёрдамида мувозанатлашган қиймати соҳасида чиқиш сигнали амплитудаси **$U_{ЧИК}$** ни аниқланг. Натижани ҳисботга ёзиб олинг.
- 6.3. ВА график индикаторидаги кириш сигнали тасвиридан фойдаланиб, унинг ўзгариш тезлигини аниқланг ва ҳисботга киритинг. Бунинг учун

$$\frac{\Delta U_{KIP}}{\Delta t} = \frac{4U_m}{T}$$

формуладан фойдаланинг.

- 6.4. Берилган схема элементлари параметрлари ҳамда 4.6.3 б.да аниқланган кириш синалиниң ўзгариш тезлиги қийматидан фойдаланиб, идеал дифференциатор формуласи

$$U_{ЧИК} = -R_{TA} \cdot C \cdot \frac{\Delta U_{KIP}}{\Delta t}$$

дан чиқиши кучланиши амплитуда қийматини аниқланг.

- 6.5. Ўлчаш ҳамда ҳисоблашлар натижаларини таққосланг. Дифференциаторнинг идеаллик даражаси ҳақида хулоса чиқаринг.
- 6.6. *Синусоидал, тўғри бурчак* ва *аррасимон* шаклдаги кириш синаллари учун ҳам чиқиши сигнали осцилограммаларини ҳосил қилинг ва ҳисботга киритинг. Олинган натижаларни изоҳланг.
- 6.7. Синусоидал шаклдаги кириш синали учун дифференциатор кириши ва чиқишидаги сигнал фазалари фарқини баҳоланг. Олинган натижани изоҳланг.
- 6.8. ВА ни ўчиринг, бунинг учун ВА нинг ташқи панелидаги “**Ишни тугатиш**” тутмасини босинг.

5. Назорат саволлари

1. Операцион кучайтиргич нима ?
2. Операцион кучайтиргичнинг асосий характеристикалари ва уларни ўлчаш усулларини санаб беринг.
3. ОК асосидаги масштабли ўзгартиргичлар схемалари ва узатиш коэффициентини ҳисоблаш ифодаларини келтиринг.
4. ОК асосидаги инверслайдиган кучайтиргич кириши ва чиқишидаги сигнал фазалари фарқи қандай ? Сабаби ?
5. ОК асосидаги инверсламайдиган кучайтиргич кириши ва чиқишидаги сигнал фазалари фарқи қандай ? Сабаби ?
6. ОК асосидаги кучайтиргич чиқиши кучланишининг доимий ташкил этувчиси нима билан аниқланади ?
7. Кучланиш интегратори схемасини ҳамда унинг кириши ва чиқишидаги сигналларнинг вақт диаграммаларини келтиринг.
8. Интегратор чиқишидаги сигналнинг ўзгариш тезлиги қандай ҳисобланади ?
9. Кучланиш интегратори схемасини ва чиқиши сигналларини ҳисоблаш ифодасини келтиринг.
10. Дифференциатор чиқишидаги сигнал унинг киришидаги сигнал ўзгариш тезлигига қандай боғлиқ ?
11. Қандай холда ОК асосидаги электр схемалар ишлаш принципини изоҳлашда идеал ОК ишини ифодаловчи муносабатлардан фойдаланиш мумкин ?
12. ОК асосидаги электр схемалар параметрлари қанчалик аниқ ўлчанган ? Олинган натижаларнинг сифати нималарга боғлиқ ?

3 – амалий машғулот. Рақамли улчов асбоблари ёрдамида қурилмаларни тестдан ўтказиши. Аналог кучланиш компаратори характеристикаларини тадқиқ этиши

Ишнинг мақсади:

- аналог кучланиш компараторлари характеристикалари билан танишиш;
- бир бўсағали компаратор ишини тадқиқ этиш;
- гистерезисли компаратор ишини тадқиқ этиш.

Иш бажариш юзасидан маълумотлар

Иш бажаришдан аввал қуйидагилар билан танишишиб чиқиш тавсия этилади:

- аналог компараторларнинг вазифаси, ишлаш принципи ва синфланиши;
- операцион кучайтиргич (ОК) ни аналог сигналларни таққослаш схемаси сифатида ишлаш хоссалари;
- ОК асосидаги бир бўсағали компаратор тузилиш принципи ва характеристикалари;
- ОК асосидаги гистерезисли компаратор тузилиш принципи ва характеристикалари.

Лаборатория стенди тавсифи

Лаборатория стенди таркибига қуйидагилар киради:

- асосий лаборатория стенди;
- аналог кучланиш компараторлари характеристикаларини тадқиқ этиши учун **Lab7A** лаборатория модули.

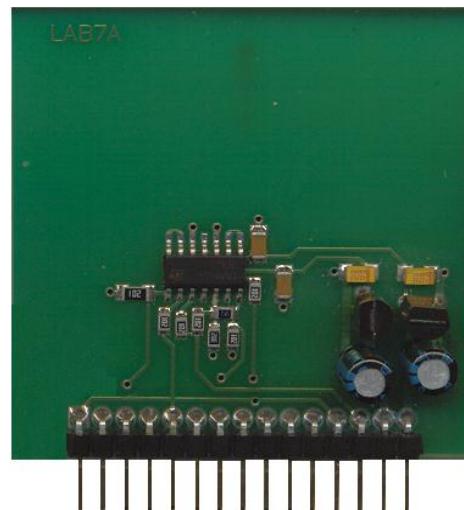
Топшириқлар

MS Word таҳририда ҳисбот шаблонини тайёрланг.

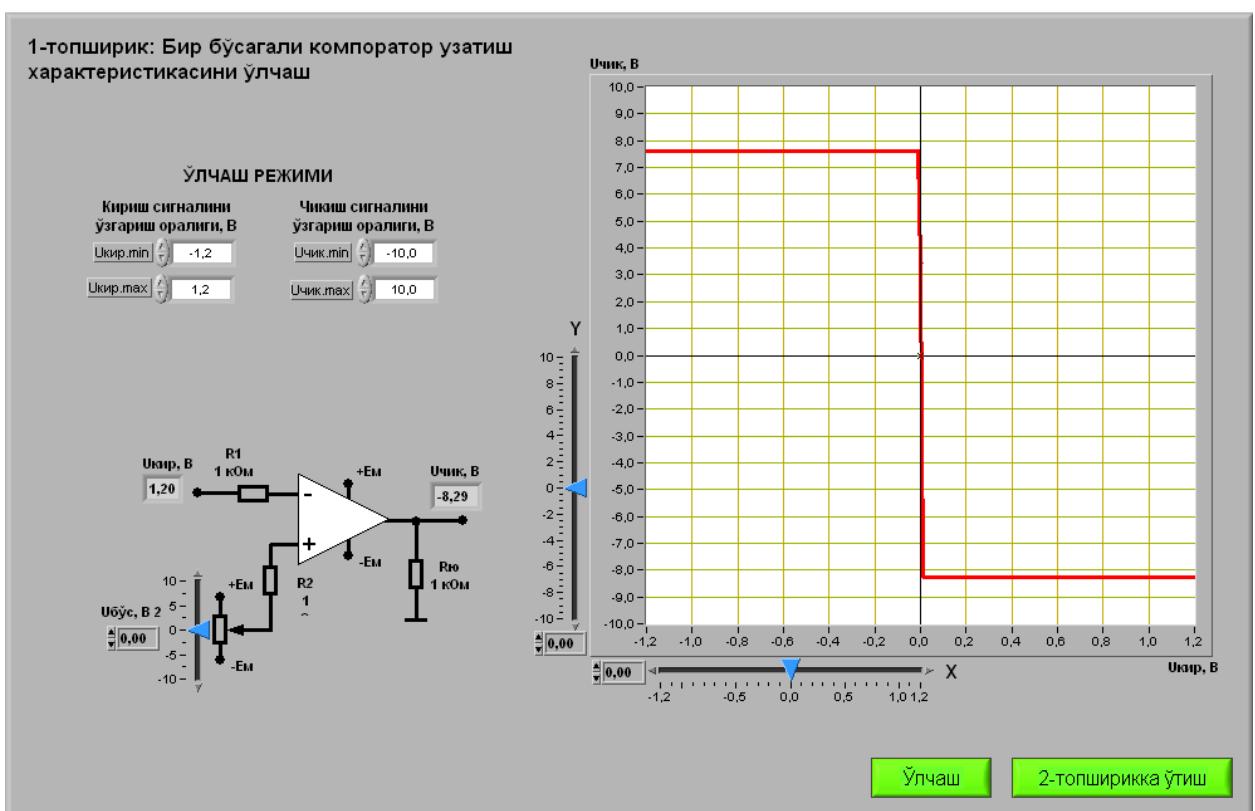
NI ELVIS лаборатория станциясининг макет платасига **Lab7A** лаборатория модулини ўрнатинг. Модулнинг ташки кўриниши 44 – расмда келтирилган.

Lab-7.vi дастурини ишга туширинг.

Ишнинг мақсади билан танишиб чиққаچ “**Ишни бошлаш**” тутмасини босинг. Экранда 1 – топшириқни бажаришда қўлланиладиган ВА тасвири пайдо бўлади (3.2 – расм).



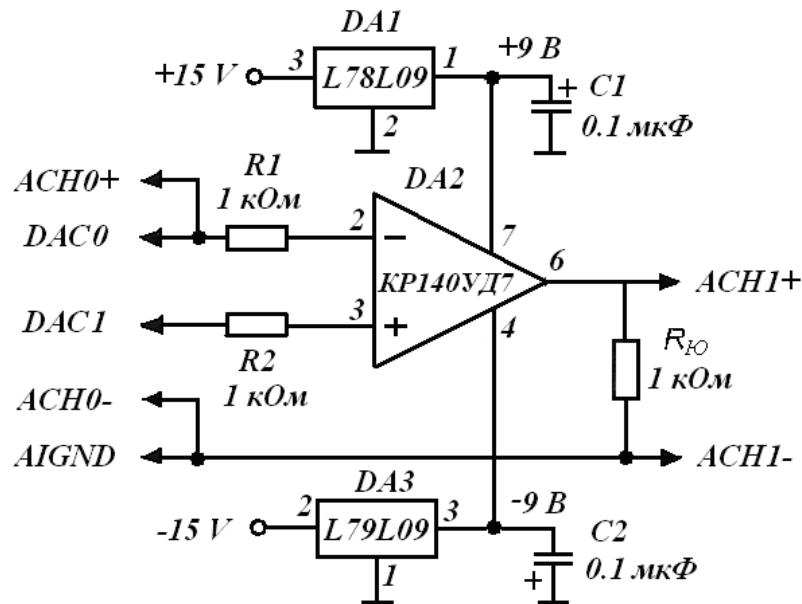
3.1 – расм. Аналог кучланиш компараторлари характеристикаларини тадқиқ этишда қўлланиладиган **Lab7A** модулининг ташқи қўриниши.



3.2 – расм. 1- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

1 - топширик. Бир бўсағали компаратор узатиш характеристикаларини ўлчаш

Бир бўсағали компаратор узатиш характеристикаларини ўлчаш учун 3.3 – расмда келтирилган схемадан фойдаланилади.



3.3 – расм. Бир бўсағали компаратор узатишхарактеристикаларини тадқиқ этишда қўлланиладиган принципиал электр схема.

1.1. ВА ташки панелидаги бошқарув элементлари ёрдамида кириш сигнални ўзгариш диапазонини (тавсия этилаётган қийматлар $U_{КИР,min}=-10$ В, $U_{КИР,max}=10$ В) ҳамда чиқиш сигнални ўзгариш чегарасини (тавсия этилаётган қийматлар $U_{ЧИҚ,min}=-10$ В, $U_{ЧИҚ,max}=10$ В) ўрнатинг.

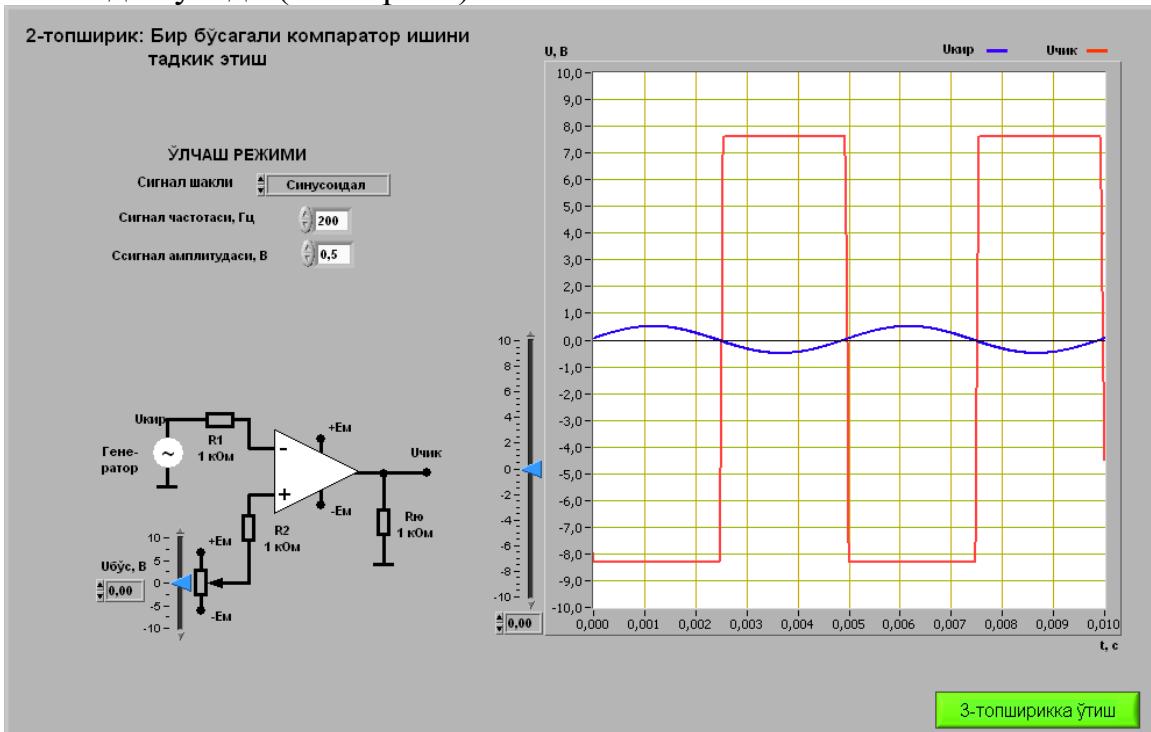
1.2. Созлагич ёрдамида компаратор ишлай бошлайдиган бўсағавий кучланиш қиймати $U_{бўс} = 0$ В ни ўрнатинг. ВА панелидаги “Ўлчаш” тутмасини босинг. ВА нинг график индикаторида компаратор узатиш характеристикиси тасвири ҳосил бўлади. Олинган графикни ҳисботга кўчиринг.

1.3. Узатиш характеристикасидан компаратор чиқишидаги мусбат $U_{ЧИҚ+}$ -ва манфий $U_{ЧИҚ-}$ кучланиш қийматларини аниқланг. Бунинг учун ВА “Y” созлагичи ёрдамида ўзгартириладиган горизонтал визир чизиқдан фойдаланинг. Натижани ҳисботга киритинг.

1.4. Компараторнинг қайта уланиш содир бўладиган кириш сигнални $U_{КИР}$ катталигини аниқланг. Бунинг учун ВА “X” созлагичи ёрдамида ўзгартириладиган вертикал визир чизиқдан фойдаланинг. Олинаётган натижаларнинг аниқлигини ошириш мақсадида узатиш характеристикасидаги кириш сигналларининг ўзгариш диапазонини ($U_{КИР,min}, U_{КИР,max}$) қулай қилиб

ўрнатиши ва “Ўлчаш” тугмасини қайта босиш керак. Натижани ҳисоботга киритинг. Олинган қийматни ўрнатилган компаратор ишлай бошлайдиган бўсағавий кучланиш қиймати $U_{\text{б}\ddot{\text{ы}}\text{с}}$ билан таққосланг.

- 1.5. Компаратор ишлай бошлайдиган бўсағавий кучланиш қийматини **-2,5В** ва **+1,7В** қилиб ўрнатиб, 4.1.2 – 4.1.4 б.лардаги амалларни бажаринг.
- 1.6. ВА ташқи панелидаги “**2-топшириқقا ўтиш**” тугмасини босинг. Экранда 2 – топшириқни бажаришга мўлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (3.4 – расм).



3.4 – расм. 2- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

2 - топшириқ. Бир бўсағали компаратор ишини тадқиқ этиш

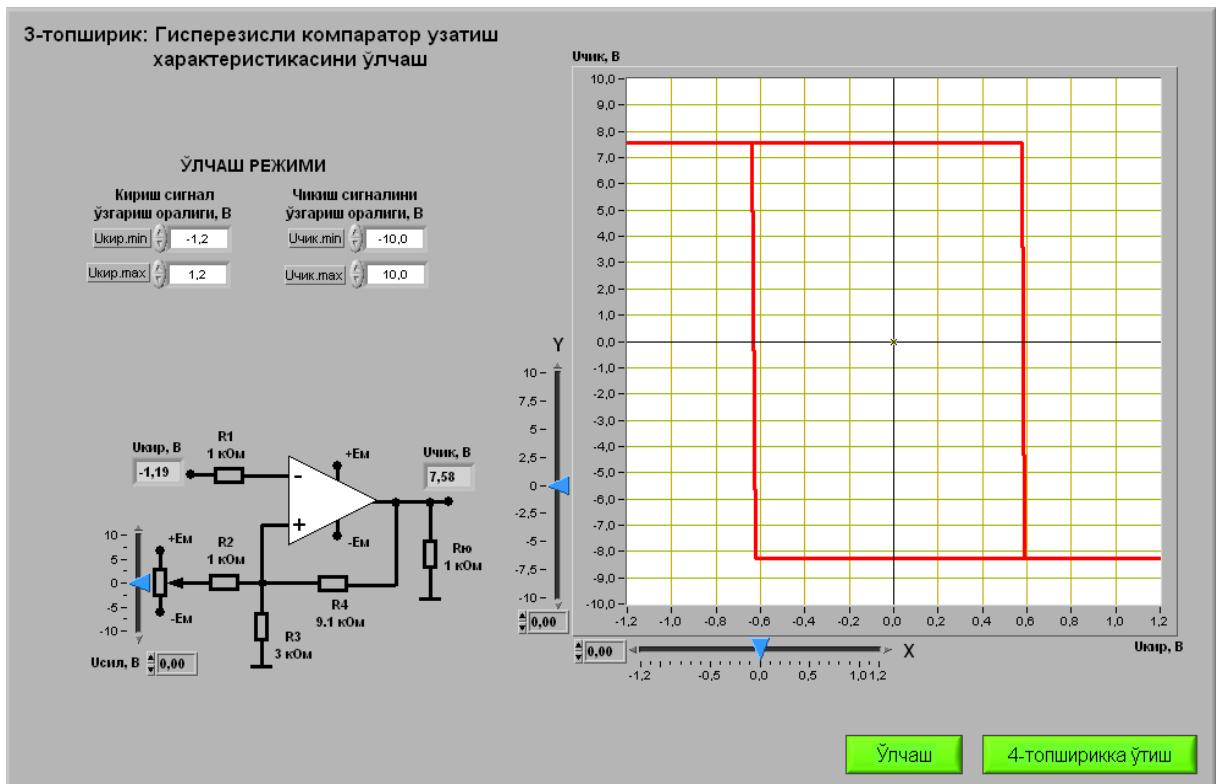
- 2.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув элементлари ёрдамида қўйидаги ўлчаш режимини ўрнатинг: сигнал шакли – *синусоидал*, сигнал частотаси - **200 Гц**, кириш сигнали амплитудаси **7,0В**.
- 2.2. Созлагич ёрдамида компаратор ишлай бошлайдиган бўсағавий кучланиш қиймати $U_{\text{б}\ddot{\text{ы}}\text{с}} = 0\text{В}$ ўрнатинг. ВА нинг график индикаторида компаратор кириши ва чиқишидаги сигналлар тасвири ҳосил бўлади. Олинган графикни ҳисоботга кўчиринг.
- 2.3. Ҳосил бўлган тасвиirlарни маълумотлар буферига, сўнгра эса ҳисобот варагига кўчиринг.

ВА график индикаторидаги тасвиirlардан фойдаланиб, ВА визир чизиқлари ёрдамида кириш кучланишининг бўсағавий қиймати $U_{\text{КИР.б}\ddot{\text{ы}}\text{с}}$ ни аниқланг. Натижани ҳисоботга ёзиб олинг.

2.4. Компаратор ишлай бошлайдиган бўсағавий кучланиш қийматини -5В ва +5В қилиб ўрнатиб, 4.2.2 – 4.2.3 б.лардаги амалларни бажаринг.

2.5. Бошқа шаклдаги кириш сигналлари (*уч бурчак*, *тўғри бурчак*, *аррасимон*) учун ҳам бир бўсағали компаратор ишини тадқиқ этинг.

2.6. ВА ташқи панелидаги “3-топшириққа ўтиш” тугмасини босинг. Экранда 3 – топшириқни бажаришга мўлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (3.5 – расм).



3.5 – расм. 3- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

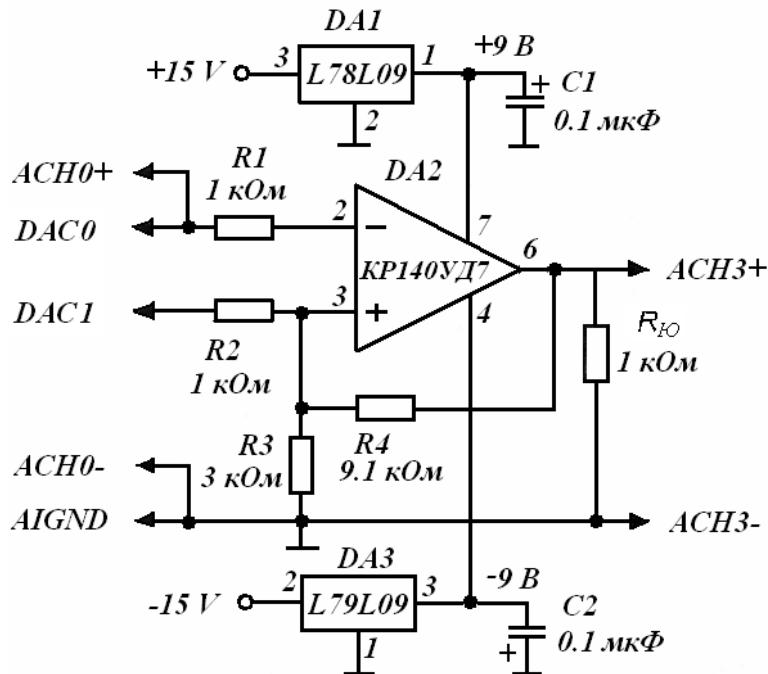
3 - топшириқ. Гистерезисли компаратор узатиш характеристикаларини ўлчаш

Гистерезисли компаратор узатиш характеристикаларини ўлчаш учун 3.6 – расмда келтирилган схемадан фойдаланилади.

3.1. ВА ташқи панелида жойлашган бошқарув элементлари ёрдамида кириш сигнални ўзгариш диапазонини (тавсия этилаётган қийматлар $U_{КИР,min}=-10$ В, $U_{КИР,max}=10$ В) ҳамда чиқиш сигнални ўзгариш чегарасини (тавсия этилаётган қийматлар $U_{ЧИК,min}=-10$ В, $U_{ЧИК,max}=10$ В) ўрнатинг.

3.2. Созлагич ёрдамида узатиш характеристикасининг силжитувчи кучланиш манбаи қиймати $U_{сил}=0$ В ни ўрнатинг. ВА панелидаги “Ўлчаш”

тұгмасини босинг. ВА нинг график индикаторида компаратор узатиши характеристикаси тасвири ҳосил бўлади. Бир бўсағали компаратордан фарқли равишда гистерезисли компаратор узатиши характеристикасида иккита қайта уланиш даражаси мавжуд: кириш сигналы монотон ошириб бориша ишлаб кетиши кучланиши ($U_{шил}$) ва кириш сигналы монотон камайтириб борилганда қўйиб юбориши кучланиши ($U_{қўй}$). Узатиши характеристикаси тасвирини ҳисоботга қўчиринг.



3.6 – расм. Гистерезисли компаратор узатишихарактеристикаларини тадқиқ этишда қўланиладиган принципиал электр схема.

3.3. Узатишихарактеристикасидан компаратор чиқишидаги мусбат $U_{ЧИК+}$ ва манфий $U_{ЧИК-}$ кучланиш қийматларини аниқланг, ҳамда компараторнинг қайта уланиш кучланишлари $U_{шил}$ ва $U_{қўй}$ аниқланг. Натижаларни ҳисоботга киритинг.

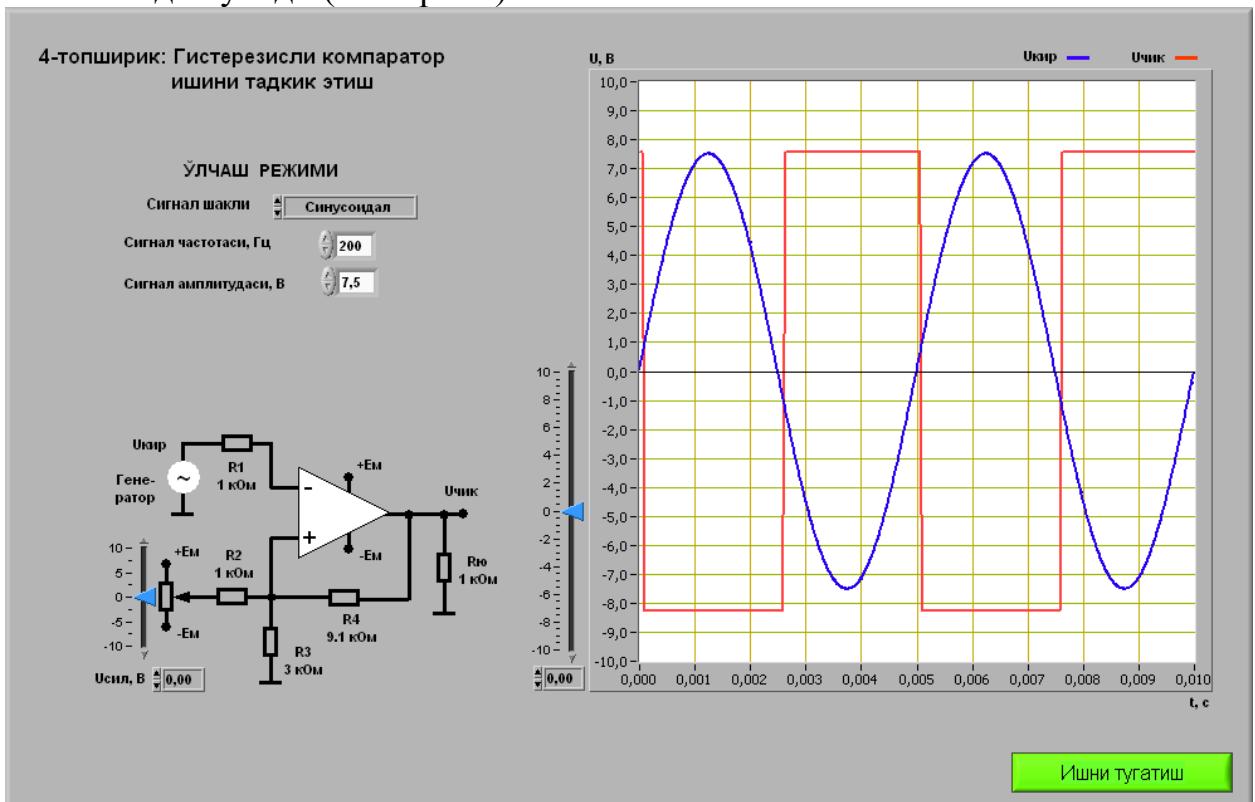
Компараторнинг қайта уланиш ва қўйиб юбориши кучланишларини куйидаги формулалардан ҳисоблаб топинг:

$$U_{шил} = \frac{U_{цил} / R2 + U_{ЧИК}^+ / R4}{1 / R2 + 1 / R3 + 1 / R4}$$

$$U_{\text{ккы}} = \frac{U_{\text{сиг}} / R2 + U_{\text{ЧИК}}^- / R4}{1 / R2 + 1 / R3 + 1 / R4}$$

Хисоблаб топилган қийматларни тажрибада олинган натижалар билан таққосланг.

- 3.4. Силжиш кучланиши қийматларини -10В, -5В, 5В ва +10В қилиб үрнатыб, 4.3.2-4.3.3 б.даги амалларни бажаринг. Бу вақтда компаратор ишга тушиб кетиши кучланиши қиймати ҳамда гистерезис катталиги қанчага ўзгаришини аниқланғ.
- 3.5. ВА ташқи панелидаги “4-топшириққа ўтиш” тұгмасини босинг. Экранда 4 – топшириқни бажаришга мүлжалланған ВА ташқи панели пайдо бўлади (2.7 – расм).



2.7 – расм. 4- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

4 - топшириқ. Гистерезисли компаратор ишини тадқик этиш

- 4.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув элементлари ёрдамида қуйидаги ўлчаш режимини үрнатинг: сигнал шакли –**синусоидал**, сигнал частотаси - **200 Гц**, кириш сигналы амплитудаси **7,0В**.

- 4.2. Созлагич ёрдамида компаратор узатиш характеристикасини силжитувчи кучланиш манбай қиймати $U_{cui} = 0$ В ни ўрнатинг. ВА нинг график индикаторида компаратор кириши ва чиқишидаги сигналлар тасвири ҳосил бўлади. Олинган графикларни ҳисоботга кўчиринг.
- 4.3. ВА график индикаторидаги кириш сигнални графикдан фойдаланиб, ВА горизонтал визир чизиқлари ёрдамида компараторнинг ишга тушиш $U_{шил}$ ва қўйиб юбориш $U_{кўй}$ кучланишларини аниқланг. Натижаларни ҳисоботга ёзиб олинг.
- 4.4. Узатиш характеристикасида силжиш кучланиши қийматларининг -5,0 В ва +5,0 В қилиб ўрнатиб, 4.4.2-4.4.3 блардаги амалларни бажаринг.
- 4.5. Бошқа шаклдаги кириш сигналлари (*уч бурчак, тўғри бурчак, арасимон*) учун ҳам гистерезисли компаратор ишини тадқиқ этинг.
- 4.6. ВА ни ўчиринг, бунинг учун ВА нинг ташқи панелидаги “*Ишни тугатиш*” тутгасини босинг.

3.5. Назорат саволлари

1. Компаратор схемаси кучайтиргич схемасидан нимаси билан фарқ қиласди?
2. Компаратор чиқишида қандай кучланишлар шаклланиши мумкин?
3. ОКнинг компаратор режими деганда нимани тушунасиз?
4. Солишириш схемасининг хатолиги нимада ва бир бўсағали компараторда қандай қилиб уни камайтириш мумкин?
5. Гистерезисли компаратор қандай узатиш характеристикасига эга?
6. Бир бўсағали компараторнинг ишлаб кетиши бўсағасини қандай қилиб ўзгартириш мумкин?
7. Гистерезисли компараторларда узатиш характеристикани силжитувчи кучланиш қандай берилади?
8. Гистерезисли компаратор бир бўсағали компараторга нисбатан қандай афзалликларга эга?
9. Ишда аналог компараторлар параметрлари қанчалик аниқ топилган? Олинган натижаларнинг сифати нималарга боғлиқ бўлади?

4– амалий машғулот. NI MULTISIM 10 NI ва ULTIBOARD 10 мухитида рақамли электрон қурилмаларни лойихалаштириш. Рақамли қурилмаларни ишлаб чиқариш. Рақамли схемаларни тадқиқ этиш

Ишнинг мақсади:

- рақамли мантикий элементлар ишини тадқиқ этиш;
- дешифратор ишини тадқиқ этиш;
- мультиплексор ишини тадқиқ этиш;
- триггерлар ишини тадқиқ этиш;
- счетчиклар ишини тадқиқ этиш.

Иш бажариш юзасидан маълумотлар

Иш бажаришдан аввал қўйидагилар билан танишиб чиқиш тавсия этилади:

- мантикий элементларнинг синфланиши, вазифаси ва хоссалари;
- дешифраторлар ва мультиплексорларнинг қурилиш принципи ва иш режимлари;
- триггерларнинг синфланиши, ишлаш принципи ва уланиш схемалари;
- импульс счетчиклари турлари, уларнинг ишлаш принципи ва қўлланиш хоссалари.

Лаборатория стенди тавсифи:

Лаборатория стенди таркибига қўйидагилар киради:

- асосий лаборатория стенди;
- триггерлар ва счетчиклар ишини тадқиқ этиш учун **Lab8A**ва **Lab9A** лаборатория модуллари.

Топшириқлар.

MS Wordтаҳририда ҳисобот шаблонини тайёрланг.

Lab-8.vi дастурини ишга туширинг.

Ишнинг мақсади билан танишиб чиққач “**Ишни бошлиш**” тутмасини босинг. Экранда 1 – топшириқни бажаришда қўлланиладиган ВА тасвири пайдо бўлади (26 – расм).

NI ELVIS лаборатория станцияси манбасини уланг. Инициализациялаш амалларини кетма-кет бажаринг. Инициализациялаш тутагач экранда 1-топшириқни бажариш учун мўлжалланган ВА ташқи панели ҳосил бўлади (27 – расм).

NI ELVIS лаборатория станциясининг ракамли каналини инициализация килиш

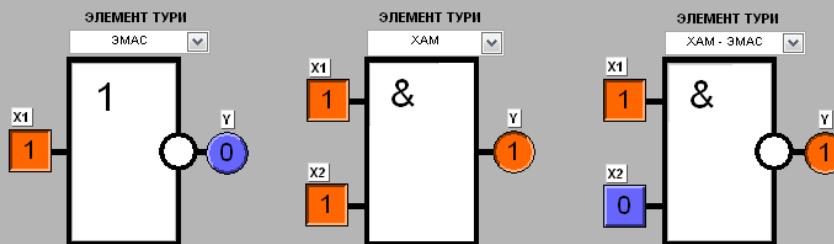
1-кадам. NI ELVIS станцияси олди панелидаги "COMMUNICATION" кайта улагичини "NORMAL" холатга ўрнатинг ва "OK" түгмасини босинг

2-кадам. NI ELVIS станциясининг олди панелидаги "COMMUNICATION" кайта улагичини "BYPASS" холатга ўрнатинг ва "OK" түгмасини босинг

4.1 – расм. NI ELVIS лаборатория станциясининг ракамли каналини инициализациялаш учун ВА ташқи панели.

1-топширик: Ракамли мантикий элементлар ишини тадқик этиш

- Күйнегидеги мантикий элементлар учун хакиқийлик жадвалини тузинг:
ЭМАС, ХАМ, ХАМ-ЭМАС, ЁКИ, ЁКИ-ЭМАС; Истисноли ЁКИ, Истисноли ЁКИ-ЭМАС;
- "Рўйхат"дан мантикий элемент турини танланг.



2-топширикка ўтинг

4.2 – расм. 1- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

1 - топшириқ. Рақамли мантиқий элементлар ишини тадқиқ этиш

- 1.1.** “Рўйхат” номли ВА бошқарув элементлари ёрдамида талаб этилаётган рақамли мантиқий элемент турини активлаштиринг (4.2 – расм).
- 1.2.** Танланган рақамли мантиқий элемент киришларига 4.1 – жадвалда келтирилган мантиқий сатҳларга мос электр сигналлар беринг. Мантиқий сатҳлар мос киришлар олдида тасвирланганквадрат шакл устига “сичқонча” ёрдамида бир маротаба босиш орқали амалга оиширилади. Бу вақтда тугмада киришлар ҳолати (“0” ёки “1”) акс этади.

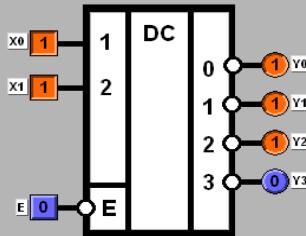
4.1 – жадвал

Кириш X_1	Кириш X_2	Мантиқий функциялар учун Y чиқиши					
		ЭМАС	ХАМ	ҲАМ-ЭМАС	ЁКИ	ЁКИ-ЭМАС	Истиснол иЁКИ
0	0						
0	1						
1	0						
1	1						

4.1-жадвалга мантиқий элемент чиқишилари ҳолатини киритинг. Бу ҳолатлар ВА ташқи панелидаги доира шаклдаги индикатор ёрдамида акс этади.

1.3. Тадқиқотларни 4.1 – жадвалда келтирилган барча мантиқий элементлар учун такрорланг. Олинган ҳақиқийлик жадвалини ҳисоботга киритинг.

2-төпширик: 2 x 4 дешифратор ишини тадқик этиш
(КР555ИД14 микросхема мисолида)



3-төпширикка ўтиш

4.3 – расм. 2- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

1.4. ВА ташқи панелидаги “**2-төпшириққа ўтиш**” түгмасини босинг. Экранда 2 – топшириқни бажаришга мүлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (4.3 – расм).

2 - топшириқ. 2x4 дешифратор ишини тадқиқ этиш

2.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув органлари ёрдамида дешифраторнинг рухсат этувчи “*E*” киришига мантиқий “0” ҳолатни ўрнатинг.

2.2. Дешифраторнинг “ X_0 ” ва “ X_1 ” киришларига 4.2 – жадвалга мос равишда мантиқий сигналлар беринг ва “ Y_0 ” ва “ Y_3 ” чиқишилар ҳолатини назорат қилинг. Олинган натижаларни 4.2 – жадвалнинг мос ячейкаларига киритинг.

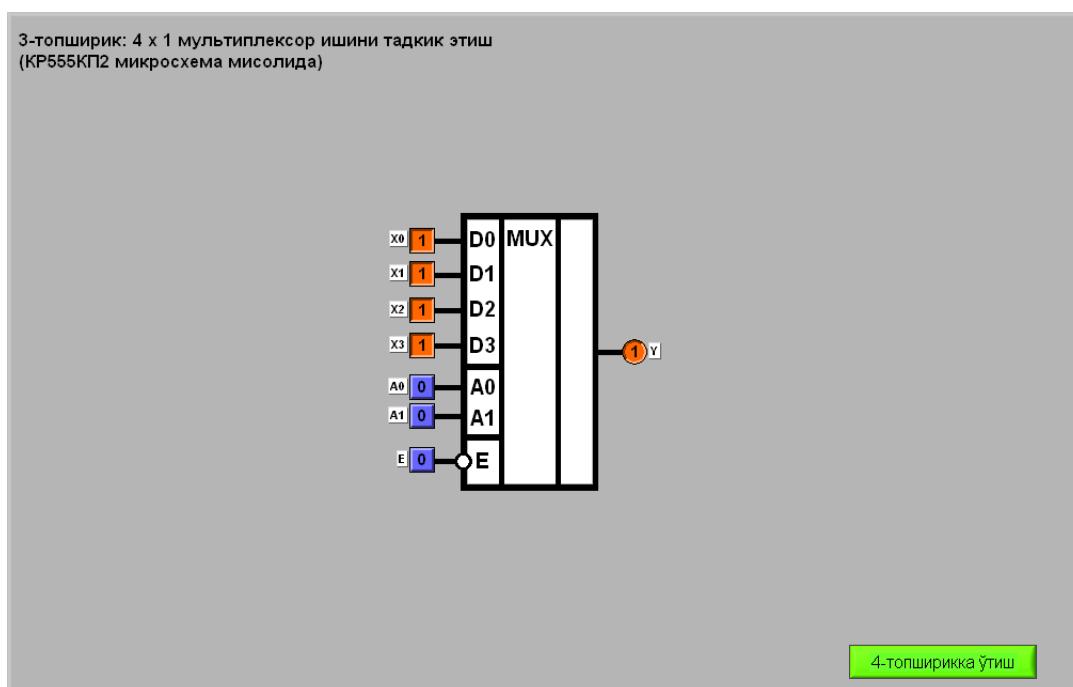
4.2 – жадвал

Кириш <i>E</i>	Кириш X_1	Кириш X_0	Чиқиши Y_0	Чиқиши Y_1	Чиқиши Y_2	Чиқиши Y_3
0	0	0				
	0	1				
	1	0				
	1	1				
1	0	0				
	0	1				
	1	0				
	1	1				

- 2.3. Тадқиқотларни дешифраторнинг рухсат этувчи “*E*” киришига мантиқий “1” берилган ҳолат учун тақрорланг. Тадқиқот натижаларини ҳисоботга киритинг. “*E*” киришнинг қандай ҳолати актив бўлишини аниқланг.
- 2.4. ВА ташқи панелидаги “3-топшириққа ўтиш” тугмасини босинг. Экранда 3 – топшириқни бажаришга мўлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (4.4 – расм).

2 - топшириқ. 4x1 мультиплексор ишини тадқиқ этиш

- 3.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув органлари ёрдамида мультиплексорнинг рухсат этувчи “*E*” киришига мантиқий “0” ҳолатни ўрнатинг.
- 3.2. Мультиплексорнинг “*A₀*” ва “*A₁*” адрес киришларида 8.3 – жадвалга мос мантиқий ҳолатлар комбинациясини ўрнатинг.

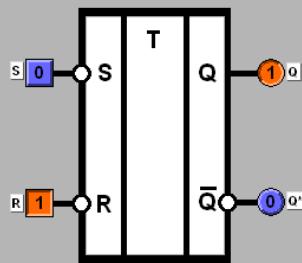


4.4 – расм. 3- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

Кириш Е	Кириш A_1	Кириш A_0	Чиқиши $Y=X_i$
0	0	0	
	0	1	
	1	0	
	1	1	
1	0	0	
	0	1	
	1	0	
	1	1	

- 3.3. Ўрнатилган манзил қийматларида тўртта (X_0 - X_3) ахборот киришлардан қайси бири чиқиши Y га уланганлигини аниқланг. Бунинг учун ВА ташқи панелидаги “ X_0 ” – “ X_3 ” тугмалар ёрдамида мультиплексор кириши ҳолатини кетма-кет ўзгартириб, “ Y ” чиқишдаги индикатор ҳолатини ўзгартираётган кириш рақамини аниқланг. Бу киришнинг белгиланишини 4.3 – жадвалга киритинг. Агар уланган киришни аниқлаб бўлмаса, жадвалга “X” символини ёзиб қўйинг.
- 3.4. Тадқиқотларни мультиплексорнинг рухсат этувчи “E” киришига мантиқий “1” берилган ҳолат учун такрорланг. Тадқиқот натижаларини ҳисоботга киритинг. “E” киришнинг қандай ҳолати актив бўлишини аниқланг.
- 3.5. ВА ташқи панелидаги “**4-топшириққа ўтиш**” тугмасини босинг. Экранда 4 – топшириқни бажаришга мўлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (4.5 – расм).

4-топширик: Асинхрон RS триггер ишини тадқик этиш



5-топширикка ўтиш

4.5 – расм. 4- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

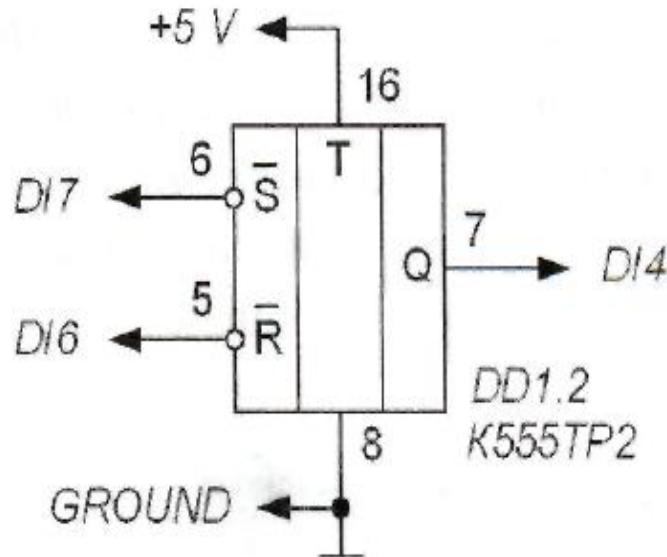
Триггерлар ишини тадқиқ этиш учун NI ELVIS лаборатория станциясига **Lab8A** лаборатория модулини ўрнатинг. Модульнинг ташқи кўриниши 4.6 – расмда келтирилган.



4.6 – расм. Триггерлар ишини тадқиқ этишда қўлланиладиган **Lab8A** модулининг ташқи кўриниши.

4 – топширик. Асинхрон RS-триггер ишини тадқиқ этиш

RS-триггер ишини тадқиқ этишда 4.7 – расмда көлтирилған принципиал электр схемадан фойдаланилади.



4.7 – расм. *RS*-триггер ишини тадқиқ этишда қўлланиладиган принципиал электр схема.

4.1. ВА ташки панелидаги бошқарув органлари ёрдамида, триггернинг *R* ва *S* киришиларига 4.4 – жадвалда кўрсатилған мантикий ҳолатларни галмагал ўрнатинг.

Q_n – триггернинг бошқарув сигналлари берилгунча бўлган ҳолати;
 Q_{n+1} – триггернинг бошқарув сигналлари берилгандан кейинги ҳолати;
 X – киришнинг ихтиёрий ҳолати.

4.2. Кириш сигналларидан келиб чиқсан ҳолда, “ Q ” индикатори ёрдамида триггер чиқишидаги ҳолатни аниқланг ва ҳолатлар жадвалига киритинг (4.4 – жадвал).

4.4 – жадвал

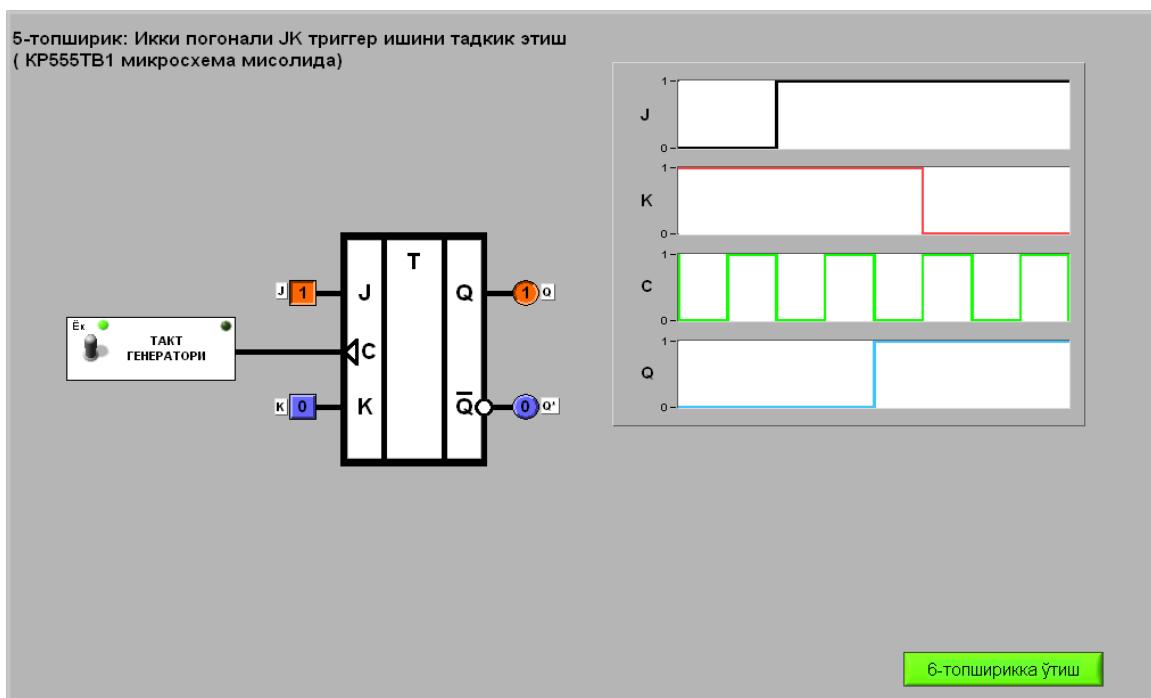
Кириш <i>R</i>	Кириш <i>S</i>	Чиқиш <i>Q_{n+1}</i>
0	0	
0		
1	0	
1	1	

- 4.3. RS-триггер киришидаги ҳолатларни ўзгартириб бориб ўтишлар жадвалини тўлдиринг (4.5 – жадвал). Триггер ҳолати қандай ўтишларда ўзгариши ҳамда ўзгармаслигини белгиланг.

4.5 – жадвал

Чиқиш Q_n	Кириш R	Кириш S	Чиқиш Q_{n+1}
0	X	0	
0	0	1	
1	1	0	
1	0	X	

- 4.4. ВА ташқи панелидаги “5-топшириққа ўтиш” тугмасини босинг. Экранда 5 – топшириқни бажаришга мўлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (4.8 – расм).

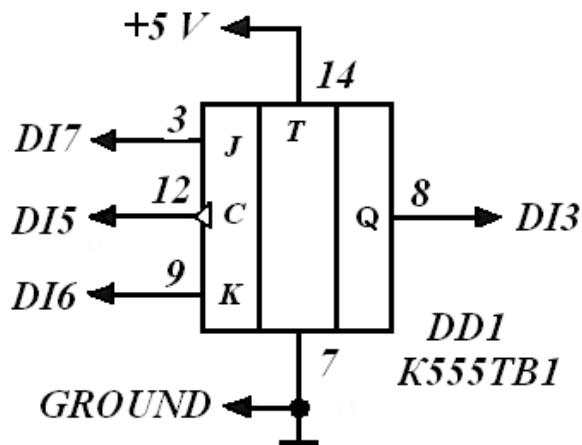


4.8 – расм. 5- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

5 – топшириқ. Икки поғонали JK-триггер ишини тадқик этиш.

JK-триггер ишини тадқик этишда 4.9 – расмда келтирилган принципиал электр схемадан фойдаланилади.

- 5.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув органлари ёрдамида *JK*-триггернинг “*C*” саноқ киришига импульслар бериш учун такт генераторини ёқинг. ВА график индикаторида триггер кириш ва чиқишиларидағи сигналларнинг вақт диаграммалари пайдо бўлади.



4.9 – расм.*JK* -триггер ишини тадқиқ этишда қўлланиладиган принципиал электр схема.

- 5.2. *J* ва *K*- киришлардаги мантиқий ҳолатларни ўзгартириб, вақт диаграммалари ҳамда “*Q*” чиқишидаги индикатор ҳолатини кузатиб бориб, ҳолатлар (4.6 – жадвал) ва *JK*-триггер ўтишлар (4.7 – жадвал) жадвалларини тўлдиринг.

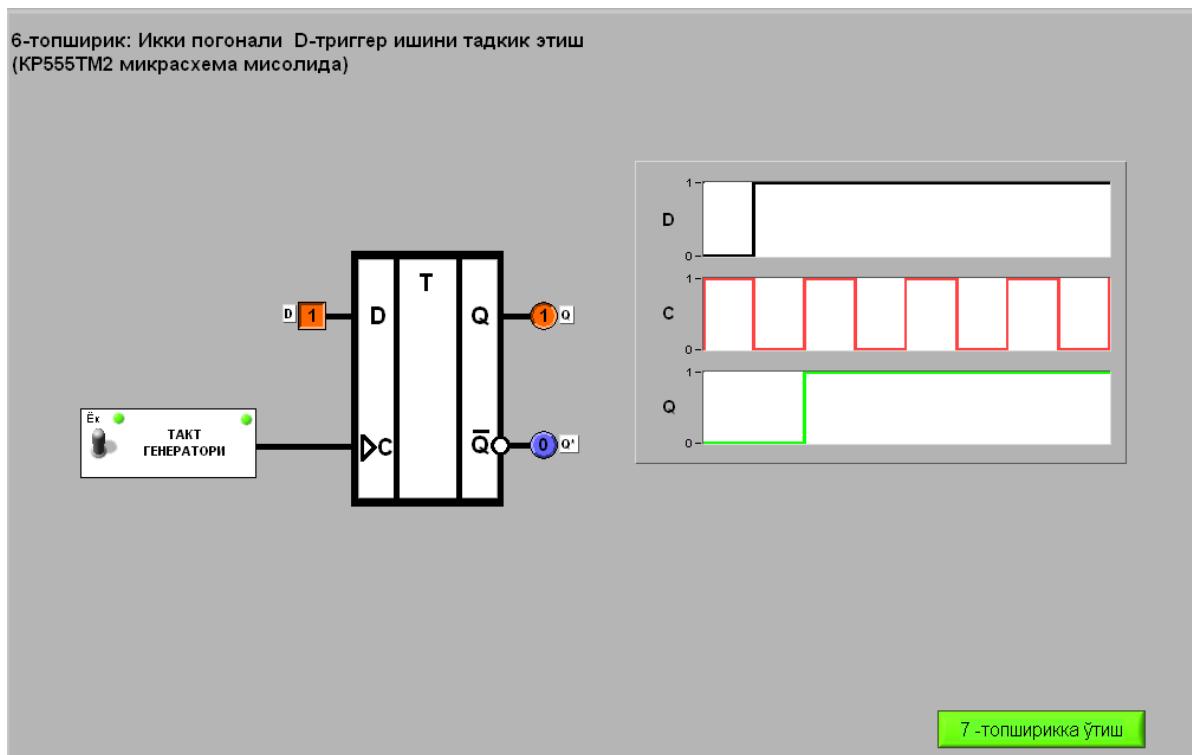
4.6 – жавдал

Кириш <i>J</i>	Кириш <i>K</i>	Кириш <i>C</i>	Чиқиши <i>Q_{n+1}</i>
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

4.7 – жавдал

Чиқиши <i>Q₁</i>	Кириш <i>J</i>	Кириш <i>K</i>	Чиқиши <i>Q_{n+1}</i>
0	X	0	
0	0	1	
1	1	0	
1	0	X	

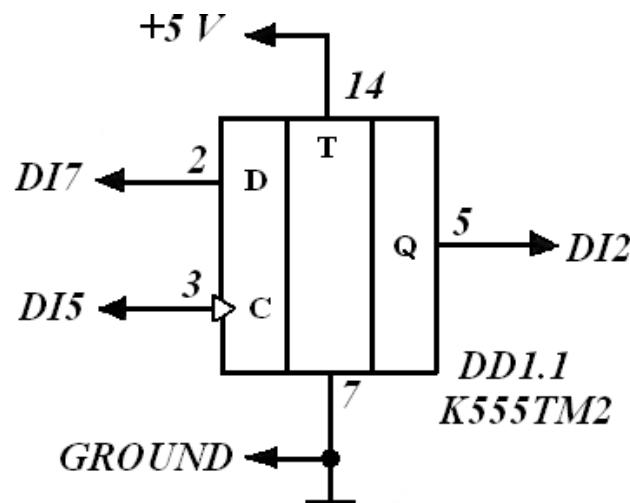
- 5.3. Вақт диаграммаларидан, тект импульснинг қайси ўтишларида *JK*-триггер қайта уланишини аниқланг. Вақт диаграммалари таҳлилини осонлаштириш учун триггер ишини тұхтатиб туring, бунинг учун тект генераторини ўчириң.
- ВА график индикаторида олинган *JK* – триггер қайта уланиш фазаларини акс этувчи тасвирни ҳисобот варағига күчириң.
- 5.4. ВА ташқи панелидаги “**6-топшириққа ўтиш**” тұгмасини босинг. Экранда 6 – топшириқни бажаришга мүлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (4.10 – расм).



4.10 – расм. 6- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

6 – топшириқ. Икки поғонали D-триггер ишини тадқиқ этиш.

D-триггер ишини тадқиқ этишда 4.11 – расмда келтирилган принципиал электр схемадан фойдаланилади.



4.11 – расм. *D*-триггер ишини тадқық этишда қўлланиладиган принципиал электр схема.

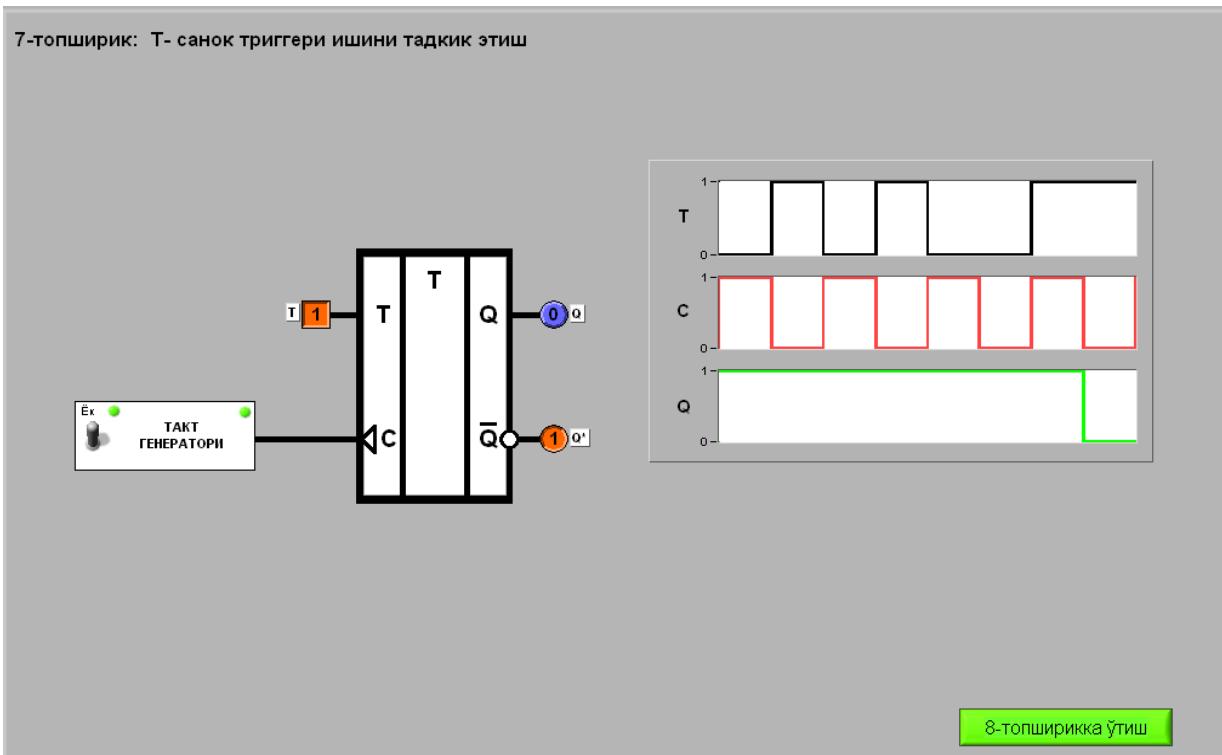
- 5.5. ВА ташқи панелидаги бошқарув органлари ёрдамида *JK*-триггернинг “*D*” саноқ киришига импульслар бериш учун такт генераторини ёқинг. ВА график индикаторида триггер кириши ва чиқишидаги сигналларнинг вақт диаграммалари пайдо бўлади.
- 5.6. *D*-киришдаги мантикий ҳолатларни ўзгартириб, вақт диаграммалари ҳамда “*Q*” чиқишидаги индикатор ҳолатини кузатиб бориб, ҳолатлар (4.8 – жадвал) ва *D*-триггер ўтишлар (4.9 – жадвал) жадвалларини тўлдиринг.

4.8 – жавдал

Кириш <i>D</i>	Кириш <i>C</i>	Чиқиши <i>Q_{n+1}</i>
0		
1		

4.9 – жавдал

Чиқиши <i>Q_t</i>	Кириш <i>D</i>	Чиқиши <i>Q_{n+1}</i>
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

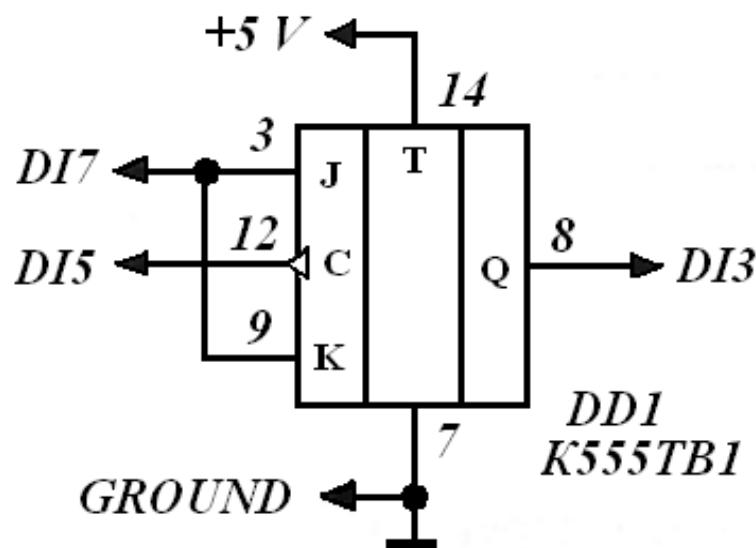


4.12 – расм. 7- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

- 5.7. Вақт диаграммаларидан, такт импульсининг қайси ўтишларида D - триггер қайта уланишини аниқланг.
- 5.8. ВА график индикаторида олинган D - триггер қайта уланиш фазаларини акс этувчи тасвирни ҳисобот варағыга күчиринг.
- 5.9. ВА ташқи панелидаги “7-топшириққа ўтиш” тұгмасини босинг. Экранда 7 – топшириқни бажаришга мүлжалланған ВА ташқи панели пайдо бўлади (4.12 – расм).

7 – топшириқ. Т- саноқ триггери ишини тадқиқ этиш.

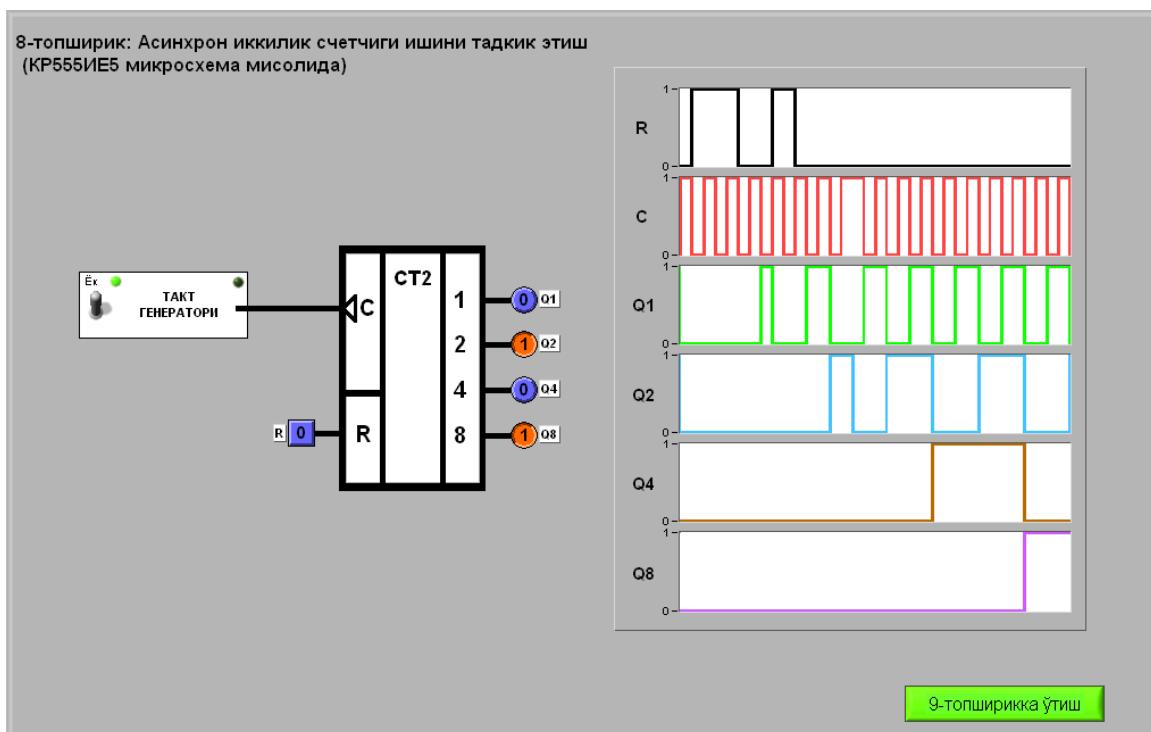
T -триггер ишини тадқиқ этишда 4.13 – расмда келтирилған принципиал электр схемадан фойдаланилади.



4.13 – расм. Т-триггер ишини тадқиқ этишда қўлланиладиган принципиал электр схема.

- 1.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув органлари ёрдамида Т-триггернинг “*C*” саноқ киришига импульслар бериш учун тантарини ёқинг. ВА график индикаторида триггер кириши ва чиқишидаги сигналларнинг вақт диаграммалари пайдо бўлади.
- 1.2. ВА ташқи панелидаги бошқарув органлари ёрдамида, “*T*” киришнинг қайси мантиқий ҳолатида триггер саноқ режимида ишлашини аниқланг. Бу режимда *C* киришга тантар импульси берилганда чиқищдаги ҳолат ўзгаради.
- 1.3. ВА график индикаторида олинган *T*-триггернинг саноқ режимидаги вақт диаграммаларини ҳисобот варағига кўчиринг.
- 1.4. ВА ташқи панелидаги “**8-топшириққа ўтиш**” тутмасини босинг. Экранда 8 – топшириқни бажаришга мўлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (4.14 – расм).

IV. АМАЛИЙ МАШФУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ



4.14 – расм. 8- топшириқни бажаришдаги ВА ташқи панели.

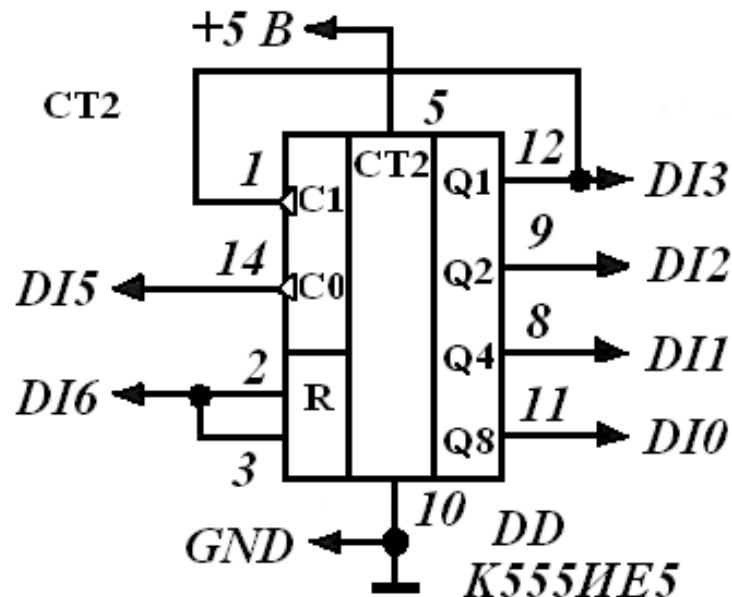
Счетчиклар ишини тадқиқ этиш учун NI ELVIS лаборатория станциясига **Lab9A** лаборатория модулини ўрнатинг. Модульнинг ташқи кўриниши 4.15 – расмда келтирилган.



4.15 – расм. Счетчиклар ишини тадқиқ этишда қўлланиладиган **Lab9A** модулининг ташқи кўриниши.

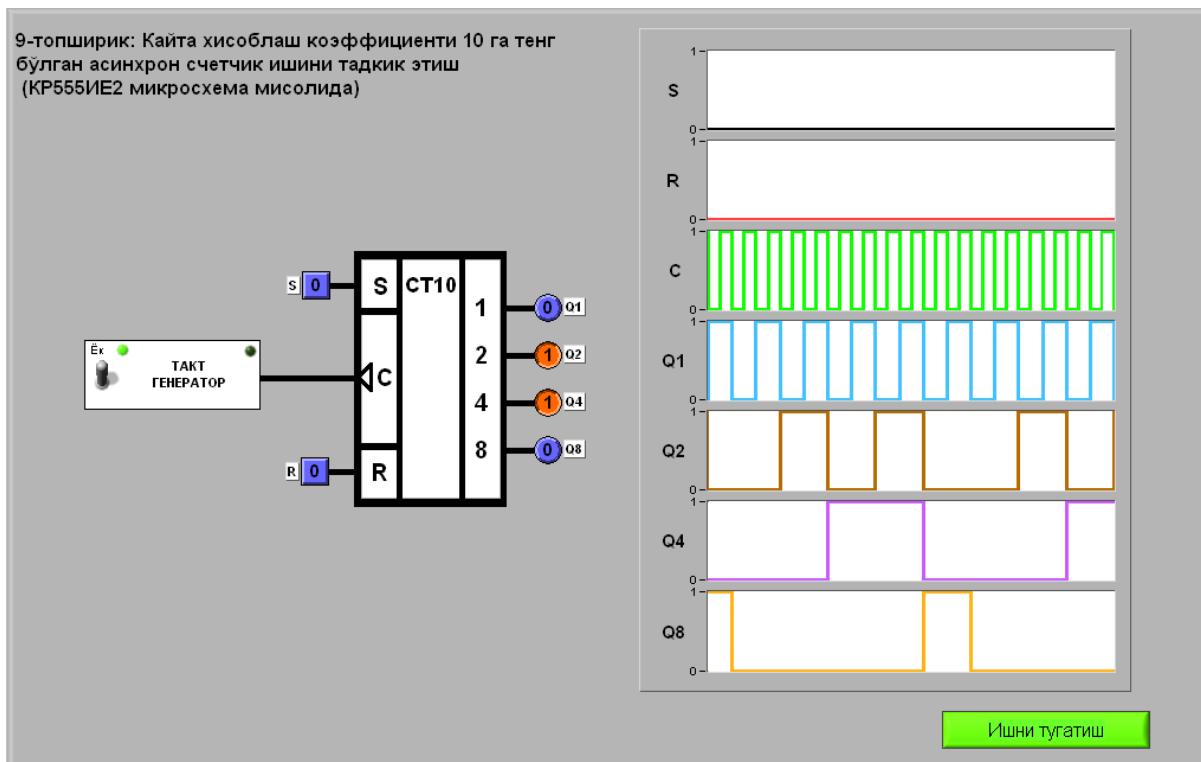
8 – топшириқ. Асинхрон иккилик счетчики ишини тадқиқ этиш.

Асинхрон иккилик счетчики ишини тадқиқ этишда 4.16 – расмда келтирилган принципиал электр схемадан фойдаланилади.



4.16 – расм. Асинхрон иккилик счетчики ишини тадқиқ этишда
кўлланиладиган принципиал электр схема.

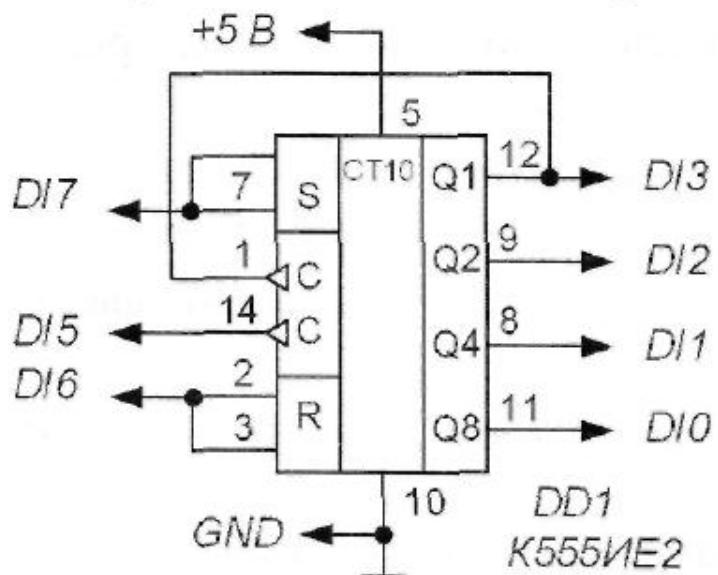
- 8.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув органлари ёрдамида счетчикнинг “С” саноқ киришига импульслар бериш учун тakt генераторини ёқинг. ВА график индикаторида унинг кириши ва чиқишидаги сигналларнинг вақт диаграммалари пайдо бўлади.
- 8.2. Вақт диаграммалари ва чиқиши индикаторини кузатиб бориб, “R” киришининг қайси мантиқий ҳолатида счетчик ноль холатга асинхрон ўтказилишини аниқланг. ВА график индикаторида кузатилаётган, иккилик счетчики ишининг тўлиқ циклини акс эттираётган вақт диаграммаларини ҳисобот варағига кўчиринг.
- 8.3. ВА ташқи панелидаги “9-топшириқка ўтиш” тутмасини босинг. Экранда 9 – топшириқни бажаришга мўлжалланган ВА ташқи панели пайдо бўлади (4.17 – расм).



4.17 – расм. 9- топшириқни бажаришдаги ВА нинг ташқи панели.

9 – топшириқ. Қайта хисоблаш коэффициенти 10 га тенг бўлган асинхрон счетчик ишини тадқиқ этиш.

Қайта хисоблаш коэффициенти 10 га тенг бўлган асинхрон счетчик ишини тадқиқ этишда 4.18 –расмда келтирилган электр схемадан фойдаланилади.



4.18 – расм. Қайта ҳисоблаш коэффициенти 10 га тенг бўлган асинхрон счетчик ишини тадқиқ этишда қўлланиладиган принципиал электр схема.

- 9.1. ВА ташқи панелидаги бошқарув органлари ёрдамида счетчикнинг “**C**” саноқ киришига импульслар бериш учун такт генераторини ёкинг. ВА график индикаторида унинг кириш ва чиқишдаги сигналларнинг вақт диаграммалари пайдо бўлади.
- 9.2. Вақт диаграммалари ва чиқиш индикаторини кузатиб бориб, “**R**” ва “**S**” киришларнинг қайси мантиқий ҳолатларида счетчик ноль ҳолатга ҳамда 10 ҳолатга асинхрон ўтказилишини аниқланг.
- 9.3. ВА график индикаторида кузатилаётган, қайта ҳисоблаш коэффициенти 10 га тенг бўлган иккилиқ счетчиги ишини тўлиқ циклини акс эттираётган вақт диаграммаларини хисбот варағига кўчиринг.
- 9.4. ВА ни ўчиринг, бунинг учун ВА нинг ташқи панелидаги “**Ишни тугатиш**” тугмасини босинг.

4.5. Назорат саволлари.

1. Мантиқий ўзгарувчи ва мантиқий сигнал нима ? Улар қандай қийматларни олиши мумкин ?
2. Мантиқий функция нима ?
3. Ҳақиқийлик жадвали нима ? Мисоллар келтиринг.
4. Қандай мантиқий элементлар негиз тўпламни ташкил этади ?
5. Дешифратор қандай мантиқий амалларни бажаради ?
6. Дешифратордаги бошқарув киришларининг вазифаси нимада ?
Бошқарув сигналлар дешифратор чиқиш функцияларига қандай таъсир кўрсатади ?
7. Мантиқий сигналлар учун мультиплексор қандай электр қурилма вазифасини бажаради ?
8. Бошқарув киришларига эга бўлган 2x1 мультиплексор иши қандай мантиқий тенглама билан ифодаланади ?
9. **RS-**, **JK-**, **D**- и **T**-триггерлар ишлаш принципини ифодалаб беринг.
10. Қандай қилиб **JK-** ва **D**- триггерлари ёрдамида саноқ триггерлари тузиш мумкин ?
11. Нима сабабдан **T**-триггер саноқ триггери дейилади ?
12. Қандай триггерлар асосида ва қандай қилиб иккилиқ счетчиги ясаш мумкин ? Бунинг учун нима қилиш керак ?
13. Йиғинди счетчигини айирув счетчикга қандай айлантирилади ?
14. Счетчикнинг қайта ҳисоблаш коэффициенти нима ?
15. Счетчикнинг қайта ҳисоблаш коэффициентини қандай усуллар билан ўзgartариш мумкин ?
16. Олинган натижаларнинг сифати нималарга боғлиқ бўлади ?

V. БҮЛІМ

КЕЙСЛАР БАНКИ

V. КЕЙСЛАР БАНКИ

1-кейс. NI Multisim мұхитида рақамли қурилмани тадқиқ этиш. Шифратор ва дешифратор мантиқий қурилмалари виртуал мұхитда лойихалаштириш.

Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:

Шифратор ва дешифратор қурилмасининг схема ва функцияларини ишлаб чиқиши; NI Multisim мұхитида берилған схемани виртуал макетини тузиш ва натижада олиш.

2-кейс. NI Multisim мұхитида рақамли қурилмани тадқиқ этиш. Мультиплексор ва демультиплексор мантиқий қурилмалари виртуал мұхитда лойихалаштириш.

Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:

Мультиплексор ва демультиплексор қурилмасининг схема ва функцияларини ишлаб чиқиши; NI Multisim мұхитида берилған схемани виртуал макетини тузиш ва натижада олиш.

3-кейс. NI Multisim мұхитида рақамли қурилмани тадқиқ этиш. RS-триггерни мантиқий қурилмалари виртуал мұхитда лойихалаштириш.

Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:

RS-триггер қурилмасининг схема, функцияларини Пирс ва Шеффер элементларыда ишлаб чиқиши; NI Multisim мұхитида берилған схемани виртуал макетини тузиш ва натижада олиш.

4-кейс. NI Multisim мұхитида рақамли қурилмани тадқиқ этиш. JK-триггерни мантиқий қурилмалари виртуал мұхитда лойихалаштириш.

Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:

JK-триггер қурилмасининг схема, функцияларини Пирс ва Шеффер элементларыда ишлаб чиқиши; NI Multisim мұхитида берилған схемани виртуал макетини тузиш ва натижада олиш.

5-кейс. NI Multisim мұхитида рақамли қурилмани тадқиқ этиш. D-триггерни мантиқий қурилмалари виртуал мұхитда лойихалаштириш.

Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:

D-триггер қурилмасининг схема, функцияларини Пирс ва Шеффер элементларида ишлаб чиқиш; NI Multisim мухитида берилган схемани виртуал макетини тузиш ва натижа олиш.

6-кейс. NI Multisim мухитида рақамли қурилмани тадқиқ этиш. T-триггерни мантиқий қурилмалари виртуал мухитда лойиҳалаштириш.

Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:

T-триггер қурилмасининг схема, функцияларини Пирс ва Шеффер элементларида ишлаб чиқиш; NI Multisim мухитида берилган схемани виртуал макетини тузиш ва натижа олиш.

7-кейс. NI Multisim мухитида рақамли қурилмани тадқиқ этиш. $Y_i(X_0, X_1, X_2, X_3)$ $i=65235$ мантиқий қурилмалари виртуал мухитда лойиҳалаштириш.

Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:

Карно картаси КНШ, ДНШ, Пирс ва Шиффер элементлари асосида қурилмани схема ва функцияларини ишлаб чиқиш; NI Multisim мухитида берилган схемалар виртуал макетини тузиш ва натижа олиш.

8-кейс. NI Multisim мухитида рақамли қурилмани тадқиқ этиш. $Y_i(X_0, X_1, X_2, X_3)$ $i=62489$ мантиқий қурилмалари виртуал мухитда лойиҳалаштириш.

Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:

Карно картаси КНШ, ДНШ, Пирс ва Шиффер элементлари асосида қурилмани схема ва функцияларини ишлаб чиқиш; NI Multisim мухитида берилган схемалар виртуал макетини тузиш ва натижа олиш.

9-кейс. NI Multisim мухитида рақамли қурилмани тадқиқ этиш. $Y_i(X_0, X_1, X_2, X_3)$ $i=45897$ мантиқий қурилмалари виртуал мухитда лойиҳалаштириш.

Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:

Карно картаси КНШ, ДНШ, Пирс ва Шиффер элементлари асосида қурилмани схема ва функцияларини ишлаб чиқиш; NI Multisim мухитида берилган схемалар виртуал макетини тузиш ва натижа олиш.

10-кейс. NI Multisim мұхитида рақамлы қурилмани тадқиқ этиш. Y_i (X_0, X_1, X_2, X_3) $i=58942$ мантикий қурилмалари виртуал мұхитда лойиҳалаштириш.

Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:

Карно картаси КНШ, ДНШ, Пирс ва Шиффер элементлари асосида қурилмани схема ва функцияларини ишлаб чиқиши; NI Multisim мұхитида берилған схемалар виртуал макетини түзиш ва натыжа олиш.

VI. БҮЛІМ

МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ
МАВЗУЛАРИ

VI. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ

Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Тингловчи мустақил ишни муайян модулни хусусиятларини ҳисобга олган холда қуидаги шакллардан фойдаланиб тайёрлаши тавсия этилади:

- меъёрий хужжатлардан, ўқув ва илмий адабиётлардан фойдаланиш асосида модул мавзуларини ўрганиш;
- тарқатма материаллар бўйича маъruzалар қисмини ўзлаштириш;
- автоматлаштирилган ўргатувчи ва назорат қилувчи дастурлар билан ишлаш;
- маҳсус адабиётлар бўйича модул бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;
- тингловчининг касбий фаолияти билан боғлиқ бўлган модул бўлимлари ва мавзуларни чукур ўрганиш.

Мавзулар:

1. NI Multisim мұхитида яримўтказгич тўғирловчи ВАХини тадқиқ этиш;
2. NI Multisim мұхитида яримўтказгич стабилитрон ВАХини тадбиқ этиш;
3. NI Multisim мұхитида яримўтказгич диод асосидаги тўғирлагич ишини тадқиқ этиш;
4. NI Multisim мұхитида тиристор ВАХини тадқиқ этиш ва параметрларини аниқлаш;
5. NI Multisim мұхитида тиристор статик характеристикалар оиласини тадқиқ этиш;
6. NI Multisim мұхитида созланувчи ярим даврли тўғирлагич ишини тадқиқ этиш;
7. NI Multisim мұхитида туннел диод характеристикасини тадқиқ этиш;
8. NI Multisim мұхитида туннел диод ВАХини математик моделини қуриш;
9. NI Multisim мұхитида биполяр транзистор характеристикаларини тадқиқ этиш;
10. NI Multisim мұхитида умумий эмиттер схемада уланган биполяр транзистор кириш характеристикаларини ўлчаш;

11. NI Multisim мұхитидаумумий әмиттер схемада уланган биполяр транзистор чиқиши характеристикаларини ўлчаш;
12. NI Multisimмұхитида умумий әмиттер схемада уланган транзисторлы касад ишчи нұқталарини ўрганиш;
13. NI Multisimмұхитида майдоний транзистор характеристикаларини тадқиқ этиш;
14. NI Multisimмұхитида операцион кучайтиргич асосидаги инверсилайдиган кучайтиргични тадқиқ этиш;
15. NI Multisim мұхитида операцион кучайтиргич асосидаги инверсиламайдиган кучайтиргични тадқиқ этиш;
16. NI Multisim мұхитида бир бўсағали компаратор ишини тадқиқ этиш;
17. NI Multisim мұхитида гистерезисли компаратор ишини тадқиқ этиш;
18. NI Multisim мұхитида ассинхрон иккилиқ счетчик ишини тадқиқ этиш;
19. NI Multisim мұхитида T-саноқ триггер ишини тадқиқ этиш;
20. NI Multisim мұхитида икки пофонали JK–триггер ишини тадқиқ этиш.

VII. БҮЛІМ

ГЛОССАРИЙ

VII. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбек тилидаги шарҳи	Инглиз тилидаги шарҳи
Micro-	Микро-. Бутун сонларни каср қисмини 10^{-6} да ифодаловчи бирлик	Naming and decimal notationin 10^{-6} fractional units
Nano-	Нано-. Бутун сонларни каср қисмини 10^{-9} да ифодаловчи бирлик	Naming and decimal notation in 10^{-9} fractional units
quantum computer	Квант компьютерлар – квант алгоритмларини амалга оширувчи қурилма	Calculations carried out by using a quantum computer
Van-der-Vaal's force	Ваальс кучлари – Вандер-Ваальс кучи деб, яқиндан таъсир этувчи кучга айтилади	The interaction forces can be a short-range
Fullerene	Фуллерен – углероднинг аллотропик шаклида атомлар олтибурчак ва бешбурчаклар чўққиларида жойлашган сфералар ва сфероидлар	Allotropic molecular form of carbon in which the atoms are arranged at the vertices of regular hexagons and pentagons covering the surface of the sphere and spheroid
En quantum dot (QD)	Квантнукта – уч йўналишдаги атомлар аро структураси ўлчамлари	The structure in which all three directions dimensions are several interatomic distances
Dielectric	Диэлектрик – электр токини ўтказмайдиган	The substance is not electrically conductive, non-

	жисм	conductive
Integral chip (IC)	Интеграл микросхема (ИМС) - конструкцияси ва электр параметрлари бўйича бир бирига боғланган кўп сонли радиоэлектрон элементлардан ташкил топган миниатюр электрон қурилма	Miniature electronic device, consisting of large number of electronic elements structurally and electrically interconnected
Metal insulator semiconductor	Металл диэлектрик ярим ўтказгич (МДЯ) – кўндаланг электр майдони бошқарадиган асосий заряд ташувчилар сток, исток ва затвор орасида ётувчи ярим ўтказгич асбоб	Semiconductor device, through which flows the main current of charge carries, adjustable transvers electric field which is created by the voltage applied between the gate and drain or between gate and source
Molecular beam epitaxy	Молекуляр нурли эпитаксия – технологик материалларда қатламнинг субтракт устида кристоллаграфия натижасида ённланма қатламнинг тақрорланиб ортиб бориши	Technological the process of growing single crystal layers of material on the substrate, resulting in the crystallographic orientation incremental layer repeats crystallographic substrate orientation
Lithography	<i>Литография – тапологик расмни шаблондан ииши қатламга кўп босқичли ўтказиши жараёни</i>	The multistate process of the formation structures with elements of any size by transferring the pattern from the template on formed a working layer
Atomic force microscope	<i>Атом – куч микроскоп</i> (АКМ) – тасвирни	The scanning probe microscope which forms the

	сканерловчи зонт микроскопи, зонт датчигини иш жараёнида сканерлайди	object image as a result of registration forces of nitration probe with a surface while scanning
Scanning tunnel microscope	Сканерловчи туннель микроскоплар (СТМ) – зондли сканерловчи микроскоп ток туннел ёки ион ташкил этувчиларида объект расмини шакиллантиради. Бунда сканерлаш жараёни зонд датчиги шаклида олиб борилади	Scanning probe microscope which forms the object image as a result of registration of the tunnel or ion current components to the process of the scanning the sample surface conductive probe sensor
Quantum effect	Квант эффиекти – квант характерга эга бўлган зарралар ўзаро муносабати ва классик ўтишда йўқолувчи физик жараён	The physical effect, which is a consequence of the quantum nature of the interaction of particles in the object and disappearing in the classical limiting process
Nanostructure	Наноструктура – 1 ва 100 нм диапазонида ётган структура	The structure which is characteristic size at the least one of the measurement in the ranging from 1 to 100 nm
Nanotechnology	Нанотехнология – ўлчами 100 нм бўлган обьектларни яратиш ва модификация қилиш услугуб ва усуллари мажмуаси	The set of methods and techniques, enabling a controlled manner create and modify objects, including components with dimension less than 100 nm
Nanolayer	Наноқатлам – 100 нм дан катта бўлмаган қатлам	The layer thickness of which does not exceed 100 nm

VIII. БҮЛІМ

АДАБИЁТЛАР
РҮЙХАТИ

VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

Махсус адабиётлар:

1. Introductory Circuit Analysis, by Robert L. Boylestad, Pearson Education Limited, 2014. Chapter 15.
2. А.Н. Х.К. Арипов, А.М. Абдуллаев, Н.Б. Алимова, Х.Х. Бустанов, Е.В. Объедков, Ш.Т. Тошматов. Схемотехника. Т.: ТАФАККУР БЎСТОНИ, 2013й.
3. Х.К. Арипов, А.М. Абдуллаев, Н.Б. Алимова, Х.Х. Бустанов, Е.В. Объедков, Ш.Т. Тошматов. Схемотехника. Т.: ALOQACHI, 2010г.

Кўшимча адабиётлар:

1. Multisim User Guide, National Instruments, 2007 y.
2. Digital Logic Design., Jiwang WareZ Scene., Fourth Edition., 2002y.

EXPERT CONCLUSION

TO THE EDUCATIONAL-METHODOLOGICAL COMPLEX FOR THE COURSE OF RETRAINING PEDAGOGUE CADRES OF HIGHER EDUCATION ORGANIZATIONS IN THE DIRECTION OF “TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES”

This educational-methodological complex was developed in accordance with defined requirements. It consists of the syllabus, theoretical and practical materials, assessment, presentations on every topic, glossary, tests and the list of references.

The syllabus is written correctly. The sequence of topics proposed for study, focused on high-quality learning. Calendar-thematics plan corresponds to its content of the working program on discipline.

The content of the educational-methodological complex to direction of "Telecommunication technologies" corresponds to the typical qualification requirements to a specialist of ICT.

The topics in the complex are based on foreign literature and modern technologies on special disciplines are Mobile communication systems, Data communication networks (IMS, NGN), Digital TV. As well as in the field of information and communication technologies in the Republic of Uzbekistan have been taken into consideration and actual topics have been added.

The modules mentioned in the program are formed on retraining pedagogues and improving qualification in the field of education, general requirements for the quality and preparation as well as the syllabus.

In general, educational-methodological complex of "Telecommunication Technologies" will help to ensure quality, in line with international standards, training and professional development of highly qualified cadres in the field of telecommunication technologies.

Vice rector of ICT, TUIT



Chul Soo LEE