

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ және ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Ш. ЕСЕНОВ атындағы КАСПИЙ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНОЛОГИЯЛАР және
ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ

МҰНАЙ және ГАЗ ИНСТИТУТЫ

«Энергетика» кафедрасы

АБЫЛОВА Ә.М.

1-БӨЛІМ
ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ ДИОДТАР

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА
пәні бойынша зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік
нұсқау

АКТАУ, 2011ж.

УДК 621.382

Құрастырған: Абылова Ә.М.

«Микроэлектроника» пәні бойынша 050704 – «Есептеуіш техника және бағдарламамен қамтамасыз ету» мамандықтарының студенттеріне арналған зертханалық сабақ бойынша әдістемелік нұсқау. Актау, Ш Есенов атында Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті, 2011-58 бет.

Бұл әдістемелік нұсқауда, микроэлектрониканың негізгі құрылғылары болып саналатын жартылай өткізгіш аспаптарда орын алатын диодтар мен транзисторлардың және оптоэлектронды аспаптардың физикалық үрдістері, негізгі шамалары мен сипаттамалары, жұмыс істеу режимдері және қосылу сұлбалары қарастырылады.

Әдістемелік нұсқауда келтірілген мәліметтер теориялық және тәжірибелік көзқараспен қарағанда қажетті материалдармен толық қамтамасыздандырылған.

Рецензент: т.ғ.д. профессор С.Т. Закенов.

Ш.Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университетінің Оқу-әдістемелік кеңесінің шешімімен басылымға жіберілді, 2011ж.

© Ш. Есенов атындағы КМТЖИУ, 2011

МАЗМҰНЫ

Алғы сөз.....	4
1. Зертханалық жұмыстарға дайындық.....	5
1.1. Зертханалық жұмысты орындауға рұхсат алу.....	5
1.2. Зертханалық жұмыстың тәжірибелік бөлігін орындау.....	6
1.3. Жұмыс бойынша ақпарат жазу және оны қорғау.....	7
2. Зертханалық жұмыстарда қолданылатын жартылай өткізгіш аспаптар мен құрылғыларға қысқаша түсініктеме.....	7
2.1. Жартылай өткізгіштер туралы түсініктер.....	8
2.2. Жартылай өткізгіштердің электр өткізгіштігі.....	9
3. Қауіпсіздік техникасының ережелері.....	12
№1 зертханалық жұмыс.....	13
№2 зертханалық жұмыс.....	26
№3 зертханалық жұмыс.....	40
Ұсынылған әдебиеттер тізімі.....	57

АЛҒЫ СӨЗ

Микроэлектроника ақпаратты өңдеу, түрлендіру және қабылдап-тасымалдау саласындағы түрлі мәселелерді шешуде тиімді құрал болып табылады. Микроэлектрониканы қолдану саласы күннен-күнге кеңейуде. Микроэлектроника бойынша білімдерді білу керек мамандар ортасыда өсуде, соның ішінде 050704 - «Есептеуіш техника және бағдарламамен қамтамасыз ету» мамандықтары.

Аталған мамандар бойынша бакалаврлар дайындауға басты мәселе – “Микроэлектроника” курсының басты сатысында дұрыс нұсқау беру.

Зертханалық сабақ студенттердің іліми және тәжірибелік қабілетін ұштастыратын және оның деректерін өңдеп өз бетімен тұжырым жасауға машықтанатын оқу үрдісінің маңызды бөлігі болып табылады.

Зертханалық жұмыс кең тараған микроэлектрониканың қондырғылары мен құрылғыларын көріп, ұстап және олардың физикалық үрдістері, негізгі шамалары мен сипаттамалары, жұмыс істеу режимдері және қосылу сұлбаларымен танысуға мүмкіндік береді.

Ұсынылып отырған зертханалық жұмысқа арналған құралда микроэлектрониканың негізгі құрылғылары болып саналатын жартылай өткізгіш диодтар, биполярлы транзисторлар, өрістік транзисторлар, тиристорлар мен оптоэлектронды аспаптар, транзисторлардағы күшейткіш құрылғылар, электрлік тербеліс генераторы, екінші қорек көздері және интегралды сұлбалар тақырыптары бойынша зертханалық жұмыстар қарастырылады.

Зертханалық жұмыстың мәтінінде, жұмыстың мақсаты, қысқаша іліми мағлұматтар, дайындық жұмыстарына тапсырма, тәжірибелік жұмыстарына тапсырма, және оның орындалу тәртібі, тәжірибе деректерін өңдеу және оларды қорытындылау, бақылау сұрақтары, келтірілген.

Мұнда тәжірибе жасау және оның орындалу тәртібі қысқаша түрде берілген. Бұл уақытты үнемді пайдаланып тәжірибелік құрал жабдықтарды жете меңгеруге септігін тигізеді.

Студенттердің зертханалық жұмысқа алдын ала дайындалу үшін жұмыстың тақырыбы бойынша есеп түрінде жеке-жеке тапсырма беріледі. Жеке тапсырма студентті лекция конспектісімен және оқулықтармен жұмыс жасауға мәжбүр етеді, сөйтіп өз бетімен жұмыс істеуге дағдыландырылады деп есептейміз.

Электрлік сұлбаларда элементтердің халықаралық стандартқа сай шартты белгілері мен әріптік белгіленулері қолданылған.

Әдістемелік нұсқау, Ш.Есенов атындағы КМТЖИУ-нің «Мұнай және газ» институтында орналасқан, Германия мемлекетінде жасалынған **UniTrain** деп аталатын стендке бейімделіп жазылған.

1. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРҒА ДАЙЫНДЫҚ

Микроэлектроника пәні бойынша зертханалық жұмысты орындаған студент сол жұмысқа қатысты іліми мағлұматтарды тәжірибені жүргізу тәртібін жақсы білу керек. Студент зертханалық жұмысты саналы түрде жүргізіп оның деректерін талдап және оларды өз бетімен өңдеп, қорытындылай алатындай болуы тиіс.

Сонымен қатар дайындықтың тағы бір маңызды кезеңі әрбір зертханалық жұмысты орындау алдында, онымен танысу қажет. Атап айтқанда, әрбір жұмысты орындауға кірісер алдында, ұқыпты түрде оның, сипаттамасын оқып шығу керек, жұмысты орындауда көзделетін мақсат пен басты міндеттің не екенін түсіну керек, жұмысты орындаудың барлық кезеңдерін жүзеге асыру тәртібін тағайындау керек. Сонымен бірге бұл жұмысты орындау үшін қандай теориялық материалдарды білу қажет екенін анықтау керек.

Әрбір жұмыспен танысқанда мыналарды анықтап жазып алу қажет:

1. Жұмыстың аты. 2. Жұмыстың мақсаты. 3. Қажетті құрылғылар мен аспаптар. 4. Есеп-қисап формулалары. 5. Қондырғылардың шартты белгілері мен жалғану сұлбалары. 6. Жұмысты орындау тәртібі. 7. Тәжірибеден алынған шамаларды жазуға арналған кестелер. 8. Қорытындылар.

Студенттің зертханалық жұмысқа дайындығын және оның қалай меңгергендігін оқытушы онымен жеке әңгімелесу арқылы анықтайды.

Зертханалық жұмыс студенттер тарапынан негізінде мынадай сатылардан тұрады:

– зертханалық жұмысты орындау үшін және оқытушымен әңгімелесу үшін үйде дайындалу керек;

– зертханалық жұмысқа рұхсат алу;

– зертханалық жұмысты әртүрлі тәжірибе жүргізу арқылы орындау;

– тәжірибе арқылы алынған деректерді өңдеу және оларды қорытындылау, талдау;

– зертханалық жұмыс бойынша ақпарат жазып оны оқытушымен жеке әңгімелесу арқылы қорғау.

1.1. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУҒА РҰХСАТ АЛУ

Зертханалық жұмысқа дейін студент үйде мынадай істерді атқаруы керек:

– зертханалық жұмыстың мазмұнымен танысып, одан қажетті мағлұматтар мен деректерді жазып, сосын электрлік сұлбалар мен кестелерді сызып алады;

– зертханалық жұмысқа байланысты қосымша іліми мағлұматтарды әдебиеттерден және лекцияда жазылған конспектілерден оқып біледі;

– дайындық жұмысына берілген тапсырмалардың бәрін міндетті түрде орындайды.

Дайындық тапсырмаларын орындау және тәжірибе деректерін өңдеу үшін студентте микрокалькулятор, миллиметрлік мөлдір қағаз және сызу құралдары болуы керек.

Әрбір зертханалық жұмыстың алдында оқытушы студентпен зертханалық жұмыстың тақырыбы, мақсаты, тәжірибе тәсілдері және орындалу тәртібі туралы әңгімелесіп студенттің зертханалық жұмысты орындауға дайындық дәрежесін анықтайды.

Зертханалық жұмысты тәжірибе жүзінде орындауға рұхсат алу үшін:

– зертханалық жұмыстың аты, мақсаты, тапсырмалары, орындалу тәртібі, электрлік сұлбалар және т.б., көрсетеді;

– дайындық жұмысына берілген тапсырмалардың толықтай орындалған және өңделген нәтижелері бойынша түсініктеме береді;

– зертханалық жұмыстың ілімі және орындалу тәртібі бойынша қойылған сұрақтарға жауап береді.

Дайындық жұмысының нәтижелеріне және сұрақтарға берілген жауаптың деңгейіне қарай отырып, оқытушы студентке зертханалық жұмысты орындауға рұхсат береді немесе тағы да дайындалуын талап етеді.

1.2. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТЫҢ ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІГІН ОРЫНДАУ

Тізбекті құрастырмастан бұрын студент стендтің құрылысымен, ондағы құрал-жабдықтармен және электр энергиясының көздерімен танысып алу керек.

Тізбекті құрастыру электр қабылдағышты жалғаудан басталады: алдымен бірізді элементтер, содан кейін параллель элементтер жалғанады. құрастырылған электр қабылдағыштар тізбегі кернеу көзіне ең соңында қосылады.

Кернеуге реттеуге арналған аспаптардың – автотрансформаторлардың, потенциометрлердің, кернеу бөлгіштердің, т.б., бастапқы шамаларын нөлге келтіріп алу керек.

Барлық электр өлшеуіш аспаптардың шкала бөліктерінің қателігін анықтап өлшеу аралықтарын тәжірибенің талабы бойынша қою керек.

Амперметрдің ішкі кедергісінің өте аз екенін, ал оны тізбекке параллель жалғау тізбекті қысқа тұйықтағанмен бірдей екенін есте сақтаңыздар.

Әмбебап өлшеуіш аспаптардың қысқыштарының өлшенетін шамалар мен тоқтың тегіне сәйкес жалғанғанына көз жеткізіңіздер.

Тізбекті кернеу көзіне оқытушы тексергеннен кейін және оның рұхсаты бойынша ғана қосу керек.

Кернеу берілгеннен кейін, тізбектің шамаларына қарай өлшеуіш аспаптардың өлшеу дәлдігі ең жоғары болатын аралығын таңдап алу керек. Неғұрлым аспаптың тілі өлшеу аралығының ең үлкен шекті бөліктерінде жатса, соғұрлым оның өлшеу дәлдігі жоғары болады.

Тәжірибелерді жұмыстың орындалу тәртібі бойынша оның реттілігін сақтай отырып жүргізу керек. Шамалардың мәндерін өлшеген немесе есептеген кезде де кестеде келтірілген реттілік бойынша орындаған жөн.

Тәжірибелерді толықтай орындап болғаннан кейін, алынған мәліметтерді оқытушыға көрсетіп, олардың дұрыстығына көз жеткізу керек.

1.3. ЖҰМЫС БОЙЫНША АҚПАР ЖАЗУ ЖӘНЕ ОНЫ ҚОРҒАУ

Орындалған зертханалық жұмыс бойынша студент ақпар жазып, оны оқытушымен жеке әңгімелесу арқылы қорғап шығуы шарт. Ақпарда студенттің аты-жөні, тобы, зертханалық жұмыстың нөмері, жұмыстың тақырыбы, жұмыстың мақсаты, орындалу тәртібі, қажетті электрлік сұлбалар, дайындық жұмысы мен тәжірибелік жұмыстың нәтижелері, олардың деректері жазылған кестелер, графиктер мен векторлық диаграммалар, т.б., келтірілуі тиіс.

Зертханалық жұмыстың әрбір тәжірибе тәсілі үшін жеке нәтижелері туралы жазбаша тұжырымдамалар берілуі керек.

Орындалған зертханалық жұмыс бойынша есеп беру немесе жұмысты қорғау кезінде студент дайындық және тәжірибелік жұмысқа берілген тапсырмалардың есептеулерін, графиктерін және векторлық диаграммаларын көрсетіп, оларға түсініктеме береді. Тәжірибе техникасы және тәжірибелерді жүргізу тәртібі, оның қорытындылары туралы қойылған сұрақтарға жауап береді, жұмыстың іліми негіздерін оны математикалық тілде өрнектеу жолдарын білетіндігін көрсетеді.

Ақпардың толықтығына және студенттің зертханалық жұмыстың тәжірибелік және іліми негіздерін игергендік деңгейіне қарай отырып, оқытушы жұмысты тапсырды деп есептейді немесе ақпардың жетіспейтін жерлерін толықтырып тағы дайындалуын талап етеді.

2. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ АСПАПТАР МЕН ҚҰРЫЛҒЫЛАРҒА ҚЫСҚАША ТҮСІНІКТЕМЕ

«Микроэлектроника» шарты атау, оған қандай бір нақты анықтама беру оңай емес. Қазіргі түсінік бойынша электроника дегеніміз –электрвакуумдық, иондық, жартылай өткізгіштік және кванттық(лазер) аспаптар мен құрылғылардың құрылымының техникалық және технологиялық ерешеліктерімен, жұмыс істеу режимдерімен шұғылданатын ғылым мен техниканың бір саласы.

Микроэлектрониканы өз ішінен шұғылданатын ғылым мен техниканың қандай саласына қолданатынына қарай (өндірістік, техникалық, медициналық, кибернетикалық және т.б.), қандай электроникалық аспаптармен құрылғыларға негізделгеніне сәйкес(электрвакуумдық, иондық, шала өткізгіштік және т.б.), қарастырытын теориялық мәселелерге

(электрондық ақпараттың сипатына қарай оптикалық, цифрлік немесе дискреттік, аналогиялық, т.б.) байланысты бірнеше салаларға бөліп қарастыруға да болады. Микроэлектрониканың қолдану аясында, болашақ даму деңгейінде шек жоқ. Ол күн сайын аса үлкен қарқынмен дамуда. Осы үстіміздегі ғасырдың электроникасы болып саналатын наноэлектрониканың да ғылым мен техникаға берері мол.

Осы заманғы микроэлектрониканы негізінен электроникалық аспаптары мен құрылғыларының физикалық негізіне қарай бес салаға бөлуге болады. Олар:

– **Вакуумдық электроника** – электрондық лампалар, вакуумдық фото элементтер мен фотоэлектрондық құрылғылар, рентген түтікшелер, газразрядтық аспаптарды жасау, оларды қолдану;

– **Жартылай өткізгішті (қатты денелік) электроника** – *p-n ауысымды* жартылай өткізгіш диодтар мен транзисторлар, өрістік транзисторлар, интегралдық сұлбаларға негізделген микроминиатюрлік қондырғыларды жасау, оларды қолдану;

– **Оптоэлектроника** – фоторезистор, фотодиод, фототранзистор, күн батерейлері, фотоэлементтер мен фотоэлектрондық құрылғыларды жасау, оларды қолдану;

– **Кванттық электроника** – лазер, мазерлерді жасау, оларды қолдану;

– **Наноэлектроника** – бұл шешілмеген мәселелері көп, болашағы зор электрониканың жаңа саласы;

Микроэлектроника соңғы кездерде өте қарқынды дамуда, оның әрбір саласында күн сайын жаңалықтар ашылуда. Электрониканы, оның үлкен жетістігінің бірі электрондық есептегіш машиналарды бүгінгі қоғам өмірінде пайдаланбайтын, өндіріс, ғылым салалары мүдде жоқ. Сондықтан жоғарыда аталған электрониканың бес саласынан басқа, осылардың жетістіктеріне негізделіп құрылған, мысалы өндірістік, техникалық, медициналық, кибернетикалық және т.б. салалық атаулар туралы айтылған болатын.

2.1. ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТЕР ТУРАЛЫ ТҮСІНІКТЕР

Осы заманғы электрондық құрылғылардың негізгі элементтік базасы жартылай өткізгіш құралдар мен құрылғылар болып табылады. Олар электрвакуумды құралдар мен құрылғыларға қарағанда жоғары үнемділігі мен және жұмыста беріктілігімен айрықшаланады. Жартылай өткізгіш құралдар класына диодтар, биполярлық және өрістік транзисторлар, тиристорлар және т.б. көптеген құралдар жатады. Бұлардың бәрі жартылай өткізгіштердегі электрофизикалық үрдістерге негізделген.

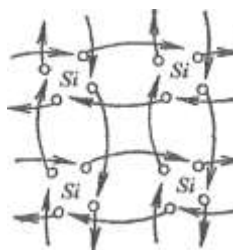
Өткізгіштер мен диэлектриктердің аралығында жататын, өздерінің сан алуан түрлі белгілерімен жартылай өткізгіштердің қатарына жақын келетін көптеген материалдар бар. Жартылай өткізгіштік техникада олардың ең көп тараған түрі, кремний, германий, галлий, селен және галлий арсениді, кремний карбиді, кадмий сульфиді химиялық қоспалары және т.б.

Жартылай өткізгіш материалдарының меншікті кедергісі $10^8 \dots 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ аралығын қамтиды. Жартылай өткізгіштер басқа қатты кристалдық материалдардан өзінің электр өткізгіштігіне, кристалдардың энергиялық күйіне, электрлік қасиетінің температурадан тәуелділігінің сипатына қарай, сәуле шығару және басқа да сыртқы әсерлеріне қарай ажыратылады. Электрондық үрдістерді бақылай отырып, жартылай өткізгіш құралдардағы электр тоғын басқаруға болады.

2.2. ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТЕРДІҢ ЭЛЕКТР ӨТКІЗГІШТІГІ

Электр өткізгіштік - дегеніміз еркін электрондардың қозғалысымен түсіндірілетін қатты денелердің ең маңызды қасиеттерінің бірі. Бұл электрондарымыз кезінде атом ядросымен байланыстарды үзгендіктен осындай еркін қозғалыста болады. Сондықтан мұндай электрондар атомдар арасында еркін қозғала алады және басқа электрондармен ядролармен және электр өрісімен әсерлеседі. Электр өткізгіштігіне қарай барлық заттар шартты түрде **өткізгіштер, жартылай өткізгіштер** және **диэлектриктер** деп бөлінеді. Өткізгіштердің (металдардың) электр өткізгіштігі $\sigma = 10^7 \div 10^8 \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$, жартылай өткізгіштікі $-\sigma = 10^3 \div 10^8 \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$, диэлектриктікі $-\sigma = 10^{-8} \div 10^{15} \text{ См} \cdot \text{м}^{-1}$. Жартылай өткізгішті материалдар **меншікті** және **қоспалы** деп бөлінеді.

Меншікті жартылай өткізгіштер деп, олардың электр өткізгіштігіне ықпалы болатын, қоспалары жоқ, жартылай өткізгіштерді айтады. Оларға Д.И. Менделеев кестесінің төртінші тобындағы көптеген элементтер жатады. Кристалдарда бұл элементтердің әрбір көрші екі атомы валенттік екі электрондармен біріккен мұндай байланыс *қос электрондық* немесе *коваленттік баланыс* деп аталады.



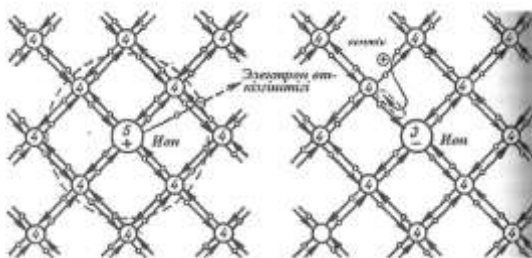
1-сурет.

1-суретінде кремний кристалының құрылысының жазық моделі көрсетілген. Кристалдық тордың түйіндерінде, ядродан және ішкі электрондық қабықшалардан тұратын, Si (кремний) атомдары орналасқан. Әр атомға төрттен келетін валенттік электрондар (дөңгелекшелер) сыртқы орбитальды түзеді. Әрбір электрон тек бір атомға ғана тиесілі емес, ол бірден көрші екі атомға да тиесілі болады (орбиталар шартты түрде бағдар сызықтарымен белгіленген). Кремний атомының Менделеевтің периодтың жүйесіндегі номері $Z=14$. Сондықтан атомның құрамына 14 электрон кіреді.

Алайда, оның төртеуі сыртқы электрон қабықшасында толығымен толмаған. Бұл электрондарды *валенттік электрондар* деп атайды және кремнийдің төрт валенттілігін түзеді. Кремний атомдары өздерінің валенттік электрондарын кремнийдің басқа атомдарымен коваленттік байланыстың көмегі арқылы біріктіре алады.

Құрамы жағынан таза жартылай өткізгіштер 0К температурада электрондарын өз орбиталарында мықты ұстап тұрады, бос электрондар болмайды, электр өткізгіштігі нөлге тең, жартылай өткізгіштің мүлтіксіз (идеал) диэлектриктің қасиетіндей қасиеті болады. Валенттік электрондардың атомнан жұлынып ұшып кетуі оған жылу, күшті электр өрісі, сәуле түсіп әсер еткенде байқалады. Температура көтеріліп, жоғарлаған кезде, кристаллдардағы атомдардың тербеліс амплитудасы өсіп, валенттік электрондар өздерінің атомдарынан жұлынып кетіп, соның нәтижесінде электрондық өткізгіштікке айналады. Коваленттік байланыс үзілгенде екі көрші атомның электр бейтараптығы бұзылады да, нәтижесінде элементар оң заряд пайда болады. Бұл атомдардағы ваканттық бос орындарды басқа көршінің қос электрондары толтырады; осы қос атомдардың босаған электрондарының орнын келесі үшінші көршінің қос электрондары және т.б. толтырады. Кристаллда валенттік электрон жұлынған жағдайда пайда болған қозғалмалы оң зарядты шартты түрде «*кемтік*» деп атайды, қос зарядтардың кемтік электрондарының түзілу үрдісін **қозғалмалы зарядтардың генерациясы** деп атайды. Зарядтардың генерациясы олардың бір мезетте үзілген байланысты қалпына келтіру үрдісі - рекомбинация үрдісімен қатар жүреді.

Сыртқы электр өрісі болмаған кезде кемтіктер мен электрондар қалай болса солай тәртіпсіз орын ауыстырады. Сыртқы электр өрісі қозғалысты тәртіпке келтіріп, электрондар мен кемтіктер карама-қарсы бағытта қозғалып, кристалл арқылы бір бағыттағы тоқты тудырады. Электр өткізгіштікті **электрондық (*n*- түріндегі)** және **кемтікті (*p*- түріндегі)** деп бөлінеді, мұндағы *n*- ағылшынның *negative* - *теріс* деген сөзінің бірінші әрпі, ал *p*- ағылшынның *positive* - деген сөзінің бірінші әрпі. Меншікті жартылай өткізгіште электрон өткізгіштігі мен кемтік бір мезетте пайда болады, сондықтан электрондардың концентрациясы n_i кемтіктің концентрациясы p_i -ге тең болады, яғни $n_i = p_i$ (*i* - индексі «*меншікті*» деген мағынаны білдіреді).



2-сурет

Қоспалы жартылай өткізгіштердің электр өткізгіштіктері электрондық немесе кемтіктік электр өткізгіштігі айқын байқалатын қоспалармен анықталады.

Кристалл жартылай өткізгіштіктің электр өткізгіштігінің тиімді болу себебі оның құрамында басқа түрлі валентті элементтің болуымен түсіндіріледі. Басы артық еркін электрондар беретін, төрттен жоғары валенттілігі бар қоспаларды донорлық деп атайды; кемтіктердің санын көбейтетін, басы артық кемтіктер беретін төрттен төмен валенттілігі бар қоспаларды акцепторлық деп атайды. 2,а-суретінде кремний кристаллының бір атомын бес валентті мышьяқтың (As) атомымен ауыстыру схемасы келтірілген. Мышьяк кремнийдің көрші атомымен төрт коваленттік байланысқа енеді, ал оның бесінші валенттік электроны «артық» болып қалады. 0 К төменгі температурада бұл электрон әлі де мышьяк ядросының айналасында қалады, ал температураны сәл көтерісімен байланыс күші әлсірегендіктен, электрон жұлынып кетіп, теріс зарядты тасымалдаушыға айналады, демек, мышьяк атомы қозғалмайтын оң ионға айналады. Тұтасымен алғанда кристалл бейтарап болады, себебі оң иондардың зарядтарын электрон өткізгіштігінің теріс зарядтары теңгеріп тұрады. Донорлық қоспалы жартылай өткізгіштіктің электр өткізгіштігін электрондық немесе *n* - түріндегі электр өткізгіштік деп атайды. Қоспа ретінде, көбіне, периодтық жүйенің V (сурьма Sb, фосфор P және т.б.) немесе III топтарындағы (галий Ga, индий In және т.б.) элементтері пайдаланылады.

Кемтікті электр өткізгіштігін (*p*- түріндегі) алу үшін жартылай өткізгіштің құрамына үш валентті элементтер - бор, алюминий, индий және т.б. ендіріледі. Қоспалы жартылай өткізгіштің кемтіктік электр өткізгіштік механизмі 2,ә-суретінде көрсетілген. Суретте шартты түрде, кремний торы және үш валентті бор атомы бейнеленген. Бор атомының үш валенттік электрондары көршісінің төрт валенттігімен байланыс жасауға жеткіліксіз. Сондықтан байланыстың біреуі жарақталмаған болып шығады және ол электронды өзіне тартып алуына мүмкіншілігі бар орынға айналады. Осы орынға көршіден бір электрон көшкендіктен байланыста тұрған көрші кремний атомдарының қос электронның бірінің орны босап, кемтік пайда болады. Бұл кемтік ендігі жерде кристалда көшіп жүреді. Ал қоспаның атомы қозғалмайтын теріс ионға айналады.

Жартылай өткізгіштердің *n*- түрі үшін зарядты тасымалдаушы еркін электрондар **негізгі**, ал кемтіктер **негізгі емес** деп атайды.

Жартылай өткізгіштердің *p*- түрі үшін зарядты тасымалдаушы кемтіктер **негізгі**, ал электрондар **негізгі емес** деп аталады. Көбіне, әдебиеттерде зарядты тасымалдаушыларға негізгі және негізгі емес деп жазады. Негізгі тасымалдаушының 1 см^3 көлемдегі концентрациясының саны, әрқашанда негізгі емес тасымалдаушының санынан артық болады.

3. ҚАУІПСІЗДІК ТЕХНИКАСЫНЫҢ ЕРЕЖЕЛЕРІ

Электр тоғы адам организміне физиологиялық механикалық химиялық және термиялық әсер етеді. Тоқтың осы әсерлерінің нәтижесінде адам зақымданып, ауыр зардапқа ұшырауы тіпті өліп кетуі мүмкін. Сондықтан электрлік қондырғылармен жұмыс істеудің тоққа түсіп қалмаудың, яғни тоқпен қауіпсіз жұмыс істеудің шаралары қарастырылған болуы керек. Сонымен қатар, егер аспаптардың жұмыс істеу тәртібі сақталмаса немесе тізбек қате жиналған болса, онда қымбат аспаптардың, басқа да жабдықтардың істен шығуы мүмкін. Ендеше зертханалық жұмыс адам өміріне қауіпсіз және материалдық шығынсыз жағдайда орындалуы тиіс. Осы себепті зертханалық жұмысты орындағанда белгілі бір сақтық және қауіпсіздік ережелерін ұстану керек.

Жұмысқа кірісер алдында зертханалық стендтегі қорек көздерімен, оларды қосу және ажырату аспаптарымен танысыңыз. Сигнал шамдары, өлшеуіш аспаптары және ажыратқыштар арқылы қорек көздерінің қысқыштарында кернеудің жоқтығына көз жеткізіңіз.

Құрастырған тізбекті оқытушыға тексертіп оған берілетін кернеудің мәнін анықтап алыңыз.

Жұмыстың өне бойында, әсіресе тізбекті кернеу көзіне қосқан кезде, аспаптардың көрсетуін бақылап тұрыңыз. Егер кез-келген аспаптың тілі шкаладан шығып кетсе тез кернеу көзінен ажыратып, оның себептерін анықтау керек.

Тәжірибенің жалғасында жаңадан құрастырылған тізбектерді оқытушыға тағы да тексертіңіз, қорек көзінің шамаларын анықтап алыңыз.

Тізбекке кернеу берілгеннен кейін қысқыштарды қайтадан қысуға, сымдарды немесе аспаптарды қозғауға болмайды. Ондай әрекеттер кернеу көзін ажыратқаннан кейін ғана орындалуы керек.

Тәжірибе соңында алынған деректерді оқытушыға көрсетіп, олардың дұрыстығына көз жеткізіңіз. Тізбекті осыдан кейін ғана тарқатуға болады.

Тізбекті ажыратылған қорек көзінен бастап тарқатыңыз. Өткізгіш сымдарды мұқият жинап орындарына қойыңыз.

Өрт болған жағдайда сабырлық сақтап, зертханада ілулі тұрған эвакуация бағыттары бойынша сыртқа шығу керек.

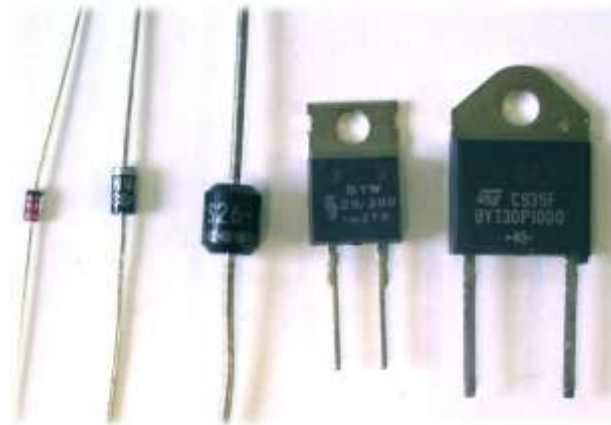
№1 зертханалық жұмыс

тақырыбы: Жартылай өткізгішті диодтардың статикалық және динамикалық сипаттамаларын зерттеу.

Жұмыстың мақсаты: Жартылай өткізгіш диодтардың *p-n* өтпесінің вентильдік қасиетін, айнымалы тоқты түзету арқылы тұрақты тоқ алу қасиетін және сипаттамаларын статикалық, динамикалық тіркелуін зерттеу.

1. ҚЫСҚАША ІЛІМИ МАҒЛҰМАТТАР

1.1. Жартылай өткізгішті диодтар



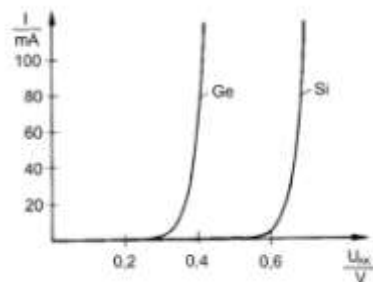
1- сурет. Жартылай өткізгішті диодтар әртүрлі пішінде болады, олар кернеуі, диэлектрлік күштері және операциялық жылдамдықтары бойынша ажыратылады.

Диодтардың әдетте екі қысқышы болады



Анод Катод

2-сурет. Тіпті қазіргі заманғы диодтардың да анод және катод деген екі қысқышы бар

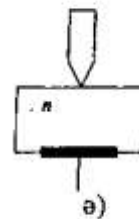
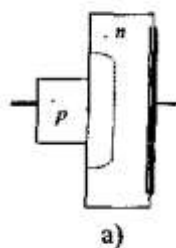
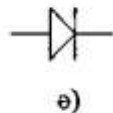
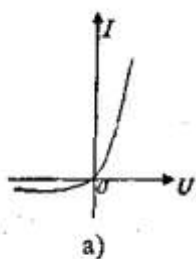


3-сурет. Германий және кремний диодтарының вольт-амперлік сипаттамалары

1.1.1. Түзеткіш және детектірлеуші диодтар

Бір $p-n$ өтпесіне негізделген, электр тоғын бір бағытта өткізетін, электрондық аспап, **жартылай өткізгіш диод** деп аталады. Жартылай өткізгіш диод айнымалы тоқты түзетуде, модуляцияланған радиосигналдарды детектрлеуде қолданылады. Жартылай өткізгіш диодтың вольт-амперлік сипаттамасы 4,а-суретте көрсетілген. Мұнда тура кернеу кернеудің оң мәндеріне, ал кері кернеу теріс мәндеріне сәйкес келеді. 4ә-суретте жартылай өткізгіш диодтың шартты белгісі келтірілген.

Жартылай өткізгіш диодтар құрылысына байланысты **жазықтық** (5а-сурет) және **нүктелік** (5ә-сурет) болып екіге бөлінеді. Нүктелік диодта үшкір ұшын p -түрлі вольфром мен n -түрлі жартылай өткізгіштің түйісу аймағында $p-n$ өтпесі қалыптасады. Жазықтық диодтар бірнеше ондаған миллиамперден бірнеше жүздеген амперге дейінгі ток күшін өткізеді. Сондықтан оларды айнымалы тоқты түзету үшін қолданады.



4-сурет

5-сурет

Нүктелік диодтардың шамалары жазықтық диодтардың шамаларынан өзгеше болып келеді. Олардың тура кедергілерінің шамасы үлкен, ал тура ток күшінің ең жоғарғы мәні аз. Нүктелік диодтардың ерекше қасиеттерінің бірі, олар өте жоғары жиіліктер аймағында жұмыс атқаруға қабілетті. Сондықтан оларды жиіліктері жоғары радиосигналдарды детекторлеу үшін қолданылады.

1.1.2 Кернеуді тұрақтандырушы диодтар. Стабилитрондар

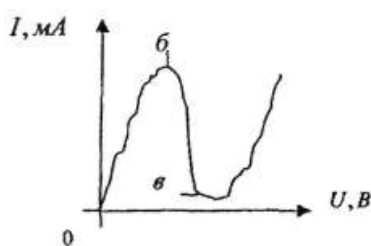
Қайтымды тесіп өту аймағында диодқа түскен кернеу ток күшіне тәуелді болмайды. Диодтың мұндай сипаттамасын бірнеше тәжірибелік мақсатпен, мәселен кернеуді тұрақтандыру үшін қолдануға болады (6-сурет). Мұндай диодты **стабилитрон** деп атайды. Стабилитрон арқылы тұрақтандырылған кернеуді кейде кернеудің эталоны ретінде қолданады, ондай стабилитронды **тірек диод деп** те атайды.



6-сурет

1.1.3 Туннельдік диодтар

Туннельдік диодтардың жұмыс істеу шарты туннельдік әсерге негізделген. 7-суретте келтірілген сипаттаманың **0б** бөлігінде тоқ тек туннельдік әсерге негізделген. Егер потенциалдар айырымын оң бағытта арттыратын болсақ, туннельдік тоқ шапшаң кемиді, **p-n өтпесі** арқылы кәдімгі инжекциялық тоқ жүре бастайды. **в** нүктесінде туннельдік тоқ мүлде жойылады да, ары қарай тек инжекциялық тоқ жүретін болады. Сипаттаманың **бв** бөлігінде диод кедергісінің мәні теріс элементтің міндетін атқарады. Оның осы ерекше қасиетін электрлік тербелістерді генерациялау үшін пайдаланады. Туннельдік диодтардың тағы ерекше қасиеттерінің бірі, олардың инерциялығы өте аз, сондықтан олар аса жоғары жиіліктер аймағында жұмыс істей алады.

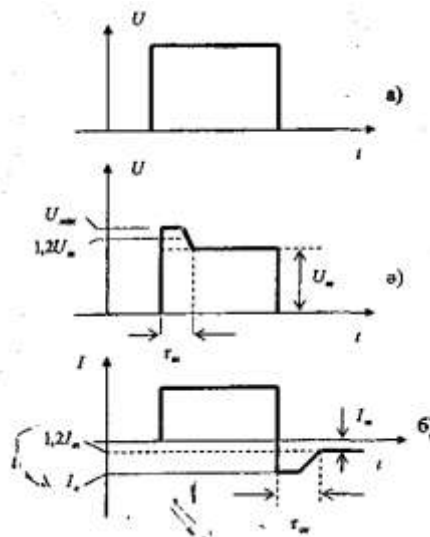


7-сурет

1.1.4 Импульстік диодтар

Импульстік сигналдар шұғыл басталып шұғыл аяқталады. Өткінші үрдістер өте аз уақытқа жалғасады. Сол себепті, диод импульстің өзгерісіне сәйкес өте тез ашылып және өте тез жабылып үлгеруі керек. Диодтың **p-n өтпесіне** тік төртбұрышты импульс берілсе (5а-сурет). Импульстік кернеу **p-n өтпесі** аймағында қалыптасқан жағдайды өзгертеді. Бірақ электрондар **p**-қабатының шекарасына, ал кемтіктер **n**-қабатының шекарасына тез арада жинала алмайды, ол үшін біраз уақыт кетеді. Осы кезде **p-n өтпесінің** кедергісі үлкен болатындықтан оған түсетін кернеудің шамасы импульстің амплитудасын $V'_{ми}$ максимал мәніне жеткізеді. Осы кезде **p-n өтпесі** аймағындағы заряд тасымалдаушылардың қозғалысы біртіндеп тұрақтана бастайды, **p-n өтпесінің** кедергісі кемиді. Сөйтіп, ондағы кернеудің U_m мәні t_m тұрақтану уақыты барысында $1,2, U_m$ тұрақтану мәніне дейін кемиді (5б-сурет).

Енді импульс аяқталған мезетте диод ашық жағдайдан жабық жағдайға көшу үрдісі басталады. **p-n өтпесіне** түскен кернеудің полярлығы өзгерген кезде тоқтың бағыты да шұғыл өзгеріп, кері тоқтың шамасы I_k мәніне жетеді (8б-сурет). Енді **p-n өтпесі** аймағындағы заряд тасымалдаушылардың шоғыры кері бағытта біртіндеп қалыптаса бастайды. Осыған байланысты I_k кері тоқтың шамасы $1,2, I_m$ тұрақтану мәніне дейін келетін уақытты $\tau_{ок}$ орнына келу уақыты деп атайды.

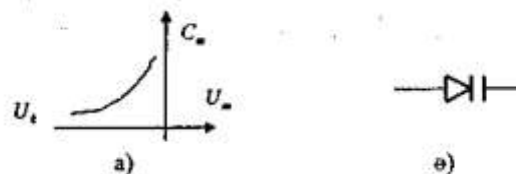


8-сурет

τ_m мен τ уақыттары импульстік диодтың негізгі шамалары болып есептеледі. Олардың мәні неғұрлым аз болған сайын диодтың сипаттамасы соғұрлым жақсы, *p-n* өтпесінің инерттігі мен сыйымдылығы да аз болады. Мұндай жағдайда жұмыс жиіліктері жоғарлайды.

1.1.5 Варикап

Диодтың *p-n* өтпесіне U_k кері кернеу берген кезде оның C_m тосқауылдық сыйымдылығы өзгереді (9а-сурет).



9-сурет

Диодтың *p-n* өтпесінің бұл қасиетін пайдаланып, сыйымдылығын электр арқылы өзгертіп басқаруға болатын конденсатор жасауға болады. Конденсатор ретінде пайдалануға болатын мұндай диодты варикап дейді. (9ә-суретте) варикаптың шартты белгісі көрсетілген.

Варикаптың басты шамалары:

- жалпы сыйымдылығы, $C = 10 \div 500$ пФ;
- кері кернеудің максимал мәні, $U_k = 2 \div 5$ В;
- максимал және минимал сыйымдылықтарының қатынасы, $k = \frac{C_{i\Delta e}}{\tilde{N}_{i\Delta i}}$;
- сыйымдылықтың температуралық коэффициенті, $TKC = \frac{1}{\tilde{N}_0} \frac{\partial \tilde{N}}{\partial \theta}$,

Варикап, алыс қашықтықтан басқару жүйелерінде және резонанстық құбылыстың жиілігін автоматты түрде өзгерту үшін қолданылады.

Диодтың тағыда бірнеше түрлері бар. Олар:

– магниттік диод — вольт-амперлік сипаттамасы магнит өрісінің әсерінен өзгертін жартылай өткізгішті диод. Оның сезімталдығы $\gamma = \Delta U / (\Delta BI)$ өрнегі арқылы анықталады;

– тензодиод - вольт-амперлік сипаттамасы механикалық деформацияның әсерінен өзгертін жартылай өткізгішті диод. Тензодиодтың міндетін туннельдік диод атқара алады.

1.1.6 Жартылай өткізгішті диодтардың негізгі техникалық шамалары

Жартылай өткізгішті диодтардың сипаттамалары температураға тәуелді. Сондықтан оларды температураның шектеулі аймағында ғана пайдалана аламыз. Мәселен, германий диодтар үшін -60-тан +70 °С, ал кремний диодтар үшін -60-тан +120 °С.

Жартылай өткізгішті диодтар мына төмендегі шамалар арқылы сипатталады:

– вольт-амперлік сипаттамасы, $S = \frac{\Delta I}{\Delta U} [mA/B]$;

– айнымалы ток үшін ішкі кедергі, $R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1}{S} [B/mA]$;

– тұрақты ток үшін кедергісі, $R_0 = \frac{U}{I} [OM]$;

– түзету коэффициенті, $k = \frac{I_{тура}}{I_{кері}} = \frac{R_{0,кері}}{R_{0,тура}}$,

– $I_{тура}$ ток дегеніміз, диод арқылы ток көзінің оң полюсіне сол полюсіне қарай, яғни оң бағытта жүретін ток;

– түзетілген, яғни тұрақты ток дегеніміз үлпілдік (пульсациялық) токтың тұрақты құраушысы немесе түзетілген токтың орташа мәні;

– түзетілген токтың ең үлкен амплитудасы - активтік жүктемелі диод арқылы өтетін токтың ең үлкен мәніне тең. Түзетілген токтың мәні шамамен оның амплитудалық мәнінің 30%-на тең болады.

– $I_{кері}$ ток - кері кернеу берілген кезде диод арқылы өтетін ток.

– кері кернеудің ең үлкен амплитудасы - диодтың қалыпты күйі сақталатын, тесіп өту болмайтын, кері кернеудің шамасына тең. Ондай кері кернеудің шамасы 25 В-дан 600 В аралығында болады. Әрбір диодқа өзінің техникалық сипаттамасында көрсетілген шамасынан артық кері кернеу беруге болмайды.

Диодқа өткізу бағытында түсетін кернеудің мәні өте аз, ол 0,5-1,0 В аралығында ғана болады.

2. ДАЙЫНДЫҚ ЖҰМЫСЫНА ТАПСЫРМА

1. *n* – түрлі жартылай өткізгіште қандай жылжымалы тасымалдағыштар негізгі болып табылады?
2. Диодтар міндеті бойынша қалай жіктелінеді?
4. Түзеткіш диодтың вольт-амперлік сипаттамасын салыңыз.
5. Шоттки диоды қандай керсеткіштерімен ерекшеленеді?

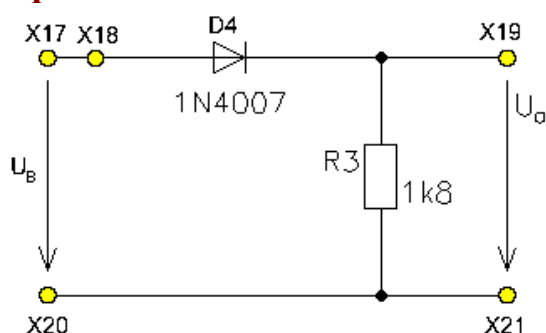
3. ТӘЖІРИБЕЛІК ЖҰМЫСТЫҢ ОРЫНДАЛУ ТӘРТІБІ ЖӘНЕ ТАПСЫРМАСЫ

1-ші тәжірибе.

тақырыбы: Жартылай өткізгіш диодтың *p-n* өтпесінің вентильдік әсерін зерттеу

Бұл қарапайым тәжірибе диодтың негізгі сипаттамасын және оның вентильдік әсерін көрсетеді. Көрсетілген сұлбаға алдымен оң таңбалы кернеумен ТҰРАҚТЫ ТОҚ, сосын теріс таңбалы кернеумен ТҰРАҚТЫ ТОҚ беріледі. Кез-келген жағдайда шығысындағы кернеу өлшеніп отырады.

Сұлбасы:



1. UniTrain-I интерфейсін экспериментатормен қосыңыз, сосын **SO4203-7A** маркалы диодтың тәжірибелік платасын экспериментаторға орнатыңыз. Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:

Жалғану тізімі

Интерфейс S	Терминал X17
Интерфейс GND	Терминал X20
Интерфейс S	Интерфейс В +
Интерфейс GND	Интерфейс В-

Интерфейс A +	Терминал X19
Интерфейс A-	Терминал X21



2. Құрал-жабдықтар бөлімінен (из меню Приборы) келесі виртуалдық аспаптарды ашыңыз:

- "ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі";
- А вольтметрі;
- В вольтметрі.

Виртуалдық аспаптарды тетіктерін кестеде көрсетілгендей реттеңіз.



Белгіленуі

ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі	Қуат (ON), В вольтметрі 10 В-ты көрсеткенше амплитуданы жоғарылатыңыз
А вольтметрі V_a	Аналог Диапазоны 20 В, ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ
В вольтметрі V_b	Аналог Диапазоны 10 В, ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ

3. R3 резисторының шығысындағы кернеуді өлшеңіз.

Шығысындағы кернеудің нәтижесі В.

4. "ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзін" кернеудің кері шамасынмен алыңыз. Ол үшін сұлбаның жалғануын немесе вольтметрдің орналасуын өзгертудің қажеті жоқ.



Белгіленуі

ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі

ҚУАТ (ON),
Вольтметр В, -10 В-ты көрсеткенше амплитуданы
төмендетіңіз.
(жарықдиоды минус таңбамен жанып тұруы керек)

5. R3 резисторының шығысындағы кернеуді өлшеңіз.

Шығысындағы кернеудің нәтижесі В.

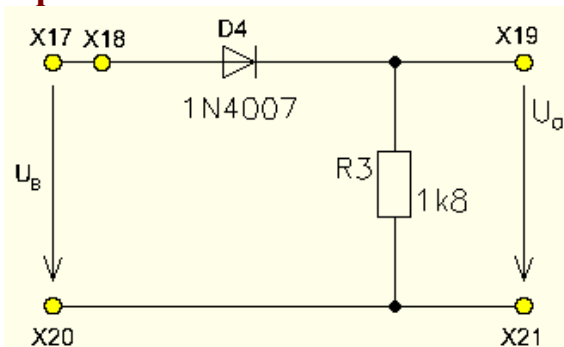
6. Кернеудің екі тәсілмен өлшенуін қалай түсіндіре аласыз?

2-ші тәжірибе

тақырыбы: Диодтың айнымалы тоқты түзету арқылы тұрақты тоқ алу қасиетін зерттеу

Бұл қарапайым тәжірибеде түзеткіш диодтар айнымалы тоқты түзету арқылы тұрақты тоқ алу үшін колданылады. Келтірілген сұлба энергия көзінің айнымалы кернеуі арқылы қоректенеді. Шығысындағы кернеу осциллограф арқылы өлшенеді.

Сұлбасы:



Жұмыстың орындалу тәртібі

Сіздер алдыңғы тәжірибедегі ("диодтың вентильдік әсері") сұлбаны пайдалана аласындар.

1. UniTrain-I интерфейсіне экспериментаторды қосыңыз, сосын SO4203-7A маркалы диодтың тәжірибелік платасын орналастырыңыз. Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:



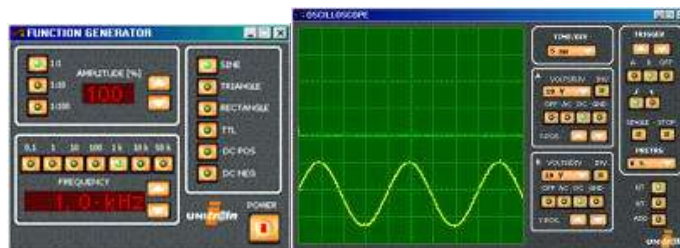
Жалғану тізімі

Интерфейс S	Терминал X17
Интерфейс GND	Терминал X20
Интерфейс S	Интерфейс B+
Интерфейс GND	Интерфейс B-
Интерфейс A+	Терминал X19
Интерфейс A-	Терминал X21

2. Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуалдық аспаптарды жабыңыз. Сосын құрал-жабдықтар бөлімінен келесі виртуалдық аспаптарды (из меню *Приборы*) ашыңыз:

- "Генератор функциясы";
- Осциллограф.

Сосын кестеде көрсетілгендей олардың тетіктерін реттеңіз.



Белгіленуі

Генератор	Қуаты берілген, Амплитудасы 100 %, 1:1 ЖИЛІГІ 50 Гц, синус пішінді
Осциллограф, V_a , Канал А	5В / ТҰРАҚТЫ ТОҚ
Осциллограф V_b Канал В	5В
Осциллограф уақыт тұрақтысы және триггер	X/T тәсілі 5 ms / Триггер В

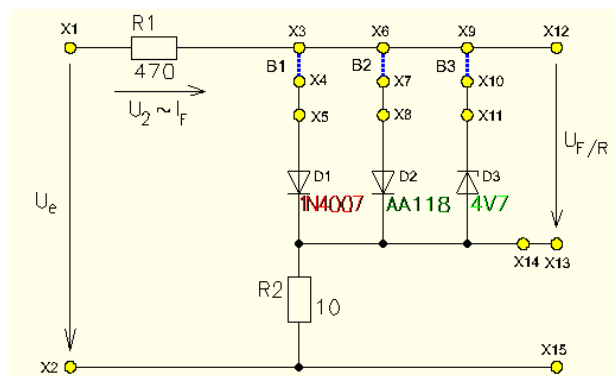
3. R3 резисторындағы кіріс V_b және шығыс V_a кернеулерді өлшеу үшін осциллографты қолданыңыз.
4. Бұл кернеулердің екі тәсілмен өлшенуін қалай түсіндіре аласыз?

3-ші тәжірибе

Тақырыбы: Диодтың сипаттамаларының статикалық тіркелуін зерттеу

Резистордағы тоқ пен кернеудің арасындағы қатынасты көрсететін, кері бағыттағы диодтың сипаттамасы қисық сызықты болып келуі мүмкін. Келесі сұлба әр түрлі үш диодты салыстыру үшін арналған. Бұл тәжірибеде кремний диодының вольт-амперлік сипаттамасы анықталады. Ол үшін ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ кернеуі R1 резисторы арқылы өтіп диодта қолданылады. Графикті тұрғызу үшін, бұл кернеуді біртіндеп үлкейту керек және диодтың тоғы мен кернеуінің шамаларын өлшеу керек. Әдіс оңай орындалғанымен көп уақытты қажет етеді, сондықтан осы үш диодты салыстыру әдісі келесі тәжірибеге дейін орындалмайды, себебі мұнда сипаттамалары динамикалық тіркелген.

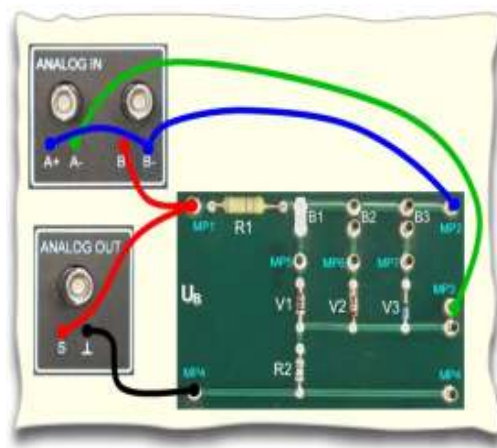
Сұлбасы:



Жұмыстың орындалу тәртібі

1. UniTrain-I интерфейсіне экспериментаторды қосыңыз, сосын SO4203-7A маркалы диодтың тәжірибелік платасын орналастырыңыз. Сұлбада және суретте көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:





2. Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуалдық аспаптарды жабыңыз. Сосын құрал-жабдықтар бөлімінен келесі виртуалдық аспаптарды (из меню *Приборы*) ашыңыз:

- "ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі";
- А вольтметрі,
- В амперметрі.

Сосын кестеде көрсетілгендей олардың тетіктерін реттеңіз.



Белгіленуі

ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ көзі	Қуаты берілген, Диапазоны 1В, Бастапқы амплитудасы 0В
Вольтметр А V_F	Аналог Диапазоны 2В ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ
Амперметр В I_F	Шунт 470 Ом Диапазоны 42 мА ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ

3. Тиісті өлшемдерді жүргізіңіз. Кестедегі шамалардың әрқайсысы үшін ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзінің виртуалды аспабын реттеңіз. Егер кернеу 1V-тан жоғары болу керек болса, онда диапазоны 10V болатын VI ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзін орнатыңыз.

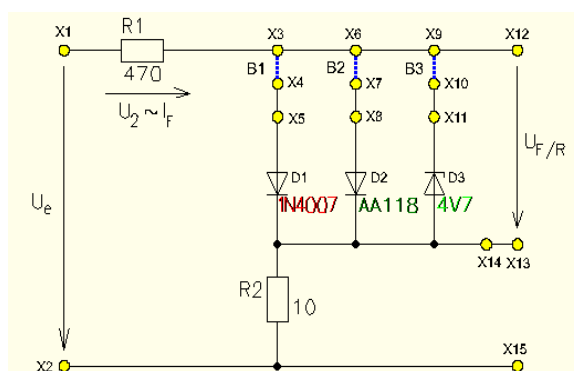
Екі виртуалды аспаптарды қолдана отырып диодтың кернеуін V_F және тоғын I_F өлшемдер және өлшенген шамаларды кестеге енгізіңіз. Барлық шамалар енгізілген бойда, кестені диаграмма әдісіне ауыстырып қосыңыз.

4-ші тәжірибе

Тақырыбы: Диодтың сипаттамаларының динамикалық тіркелуін зерттеу

Резистордағы ток пен кернеудің арасындағы қатынасты көрсететін, кері бағыттағы диодтың сипаттамасы қисық сызықты болып келуі мүмкін. Бұл тәжірибеде кремний және германий диодтарының вольт-амперлік сипаттамасы, Zener диодының тура және кері бағыттардағы екі сипаттамалары сияқты динамикалық тіркеу арқылы анықталады. Кернеудің синусоидалы, ара тәрізді немесе үшбұрышты сигналдары диодта және тізбектей жалғанған резисторларда қолданылады. Диодтағы кернеу мен ток осциллограф арқылы өлшенеді. Осциллографты XY тәсілі арқылы пайдалана отырып оның сипаттамасы көрсетілген.

Сұлба:

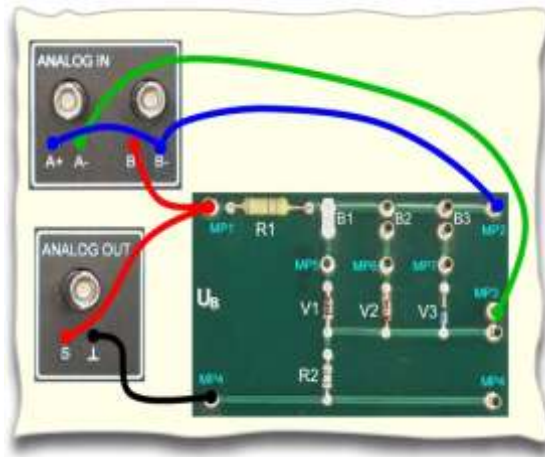


Жұмыстың орындалу тәртібі

Сіздер алдыңғы тәжірибедегі ("Диодтың сипаттамаларының статикалық тіркелуін зерттеу") сұлбаны пайдалана аласындар.

1. UniTrain-I интерфейсіне экспериментаторды қосыңыз, сосын SO4203-7A маркалы диодтың тәжірибелік платасын орналастырыңыз. Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:

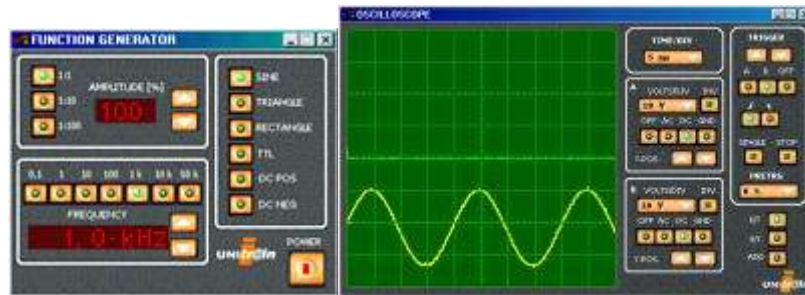




2. Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуальдық аспаптарды жабыңыз. Сосын құрал-жабдықтар бөлімінен келесі виртуалдық аспаптарды (из меню *Приборы*) ашыңыз:

- "Функция генераторы",
- Осциллограф.

Сосын кестеде көрсетілгендей олардың тетіктерін реттеңіз.



Белгіленуі

Генератор	Қуаты берілген, Амплитудасы 100 %, 1:1 Жиілігі 10 Гц синус пішінінде
Осциллограф Канал А, V_a	1 В / ТҰРАҚТЫ ТОҚ
Осциллограф Канал В, V_e	2 В
Осциллограф уақыт тұрақтысы және триггер	X/Y тәсілі 50 ms / Триггер В

3. АА 118 түрінлегі, D1 кремний диодының сипаттамасын анықтаңыз. B1 жамперін орнатыңыз сосын осциллограмманы көшіріп алыңыз. Сіз соңғы енгізген осциллограмма сіздің өлшеулеріңіздің соңғы нәтиже болады.

4. АА 118 түрінлегі, D2 германий диодының сипаттамасын анықтаңыз. B2 жамперін орнатыңыз сосын осциллограмманы көшіріп алыңыз.

5. Сипаттамасына сүйене отырып кремний диодының жұмыс істеу әлпін түсіндірің.

6. Германий және кремний диодтарын салыстырындар. Қандай айырмашылықтар бар?

Бақылау сұрақтары:

1. Жартылай өткізгішті диодтың құрылысын көрсетіңіз.

2. Диодтың вольт-амперлік сипаттамасы қандай формуламен сипатталады?

3. р-п өтпесі сыйымдылығының құрамын атап өтіңіз.

4. р-типті жартылай өткізгіште қандай жылжымалы тасымалдағыштар негізгі болып табылады?

5. Жұмыс істеу ұстанымы бойынша диодтар қалай жіктелінеді?

6. Диодқа берілетін тура және кері кернеулер кезінде р-п өтпесінің ені (қалыңдығы) қалай өзгереді?

7. Электронды-кемтікті р-п өтпесінде өтетін негізгі физикалық үрдістерді түсіндіріңіз.

8. Түзеткіш диодтың және стабилитронның негізгі шамаларын атап өтіңіз. Жартылай өткізгішті диодтың жұмыс істеу ұстанымын түсіндіріңіз. Түзеткіш диодтың вольт-амперлі сипаттамасын салып, түсіндіріңіз.

9. Жартылай өткізгішті диод қандай шамаларымен сипатталады? Жартылай өткізгішті диодтың статикалық және дифференциалдық кедергілері қалай анықталады?

10. Қандай кернеулер кезінде диодтың р-п ауысуында диффузиялық және зарядтық (тосқауылдық) сыйымдылықтар пайда болады, осы үрдістерді түсіндіріңіз. Диффузиялық сыйымдылық тура кернеу (тоқ) шамаларына және негізгі емес тасымалдағыштардың, өмір сүру уақытына қалай тәуелді?

11. Түзеткіш диодтардың негізгі шамаларын атаңыз. Олар қуат бойынша және жиілік бойынша қалай жіктелінеді?

№2 зертханалық жұмыс

тақырыбы: Стабилитроның (Zener диоды немесе Z диоды) жүктемелік сипаттамаларын зерттеу.

Жұмыстың мақсаты: Жартылай өткізгішті стабилитронның жүктемеге тәуелді сипаттамасын, кірісіндегі кернеудің өзгеруін және тоқты тарату қасиеттерін зерттеу.

1. ҚЫСҚАША ІЛІМИ МАҒЛҰМАТТАР

1. Стабилитрон (Zener диоды немесе Z диоды)



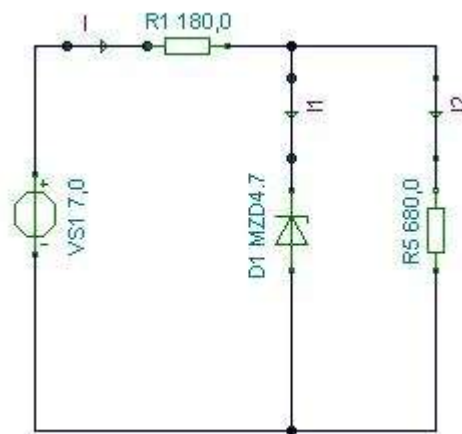
1-сурет. Тұрақтандырғыш кернеуі қондырғының сыртқы бөлігіне жазылады. Мұнда кернеу - 18 V.

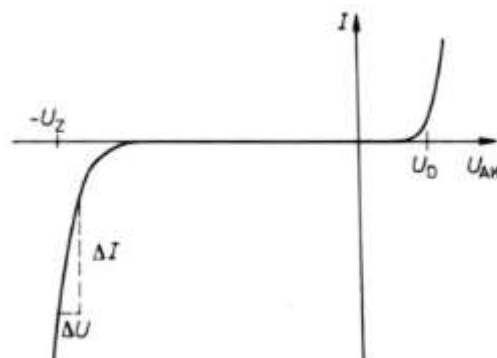
Стабилитрондарды (Zener диоды), кернеуді тұрақтандыру қасиетін анықтаған К. М. Zener деген физиктің құрметі атаған.

Бұл зертханалық жұмыста стабилитронның қарапайым орналасу сұлбасы қарастырылады. Ол үшін стабилитронның негізгі анықтамалары туралы түсінік болу керек. Стабилитрон туралы мәліметтерді *UniTrain-1* бағдарламасының *Диодтар* бөлімінен табуға болады.

Стабилитрондарды (Zener диоды) тұрақты токтың кернеуін ауытқусыз немесе ауытқымалы түрде тұрақтандыру үшін қолданылады. Әдетте негізгі сұлбасы қуатты транзисторлары бар немесе қолданылымдағы күшейткіштердің жиынтығы арқылы тұрғызылады.

Сұлбасы:





2-сурет. Стабилитронның тура және кері сипаттамасы

Бұл сұлбаның негізгі міндеті, кіріс кернеу немесе шығыс жүктеме өзгергеніне қарамастан R5-ші резисторындағы кернеуді мүмкіндігінше тұрақты ұстап тұру. R1-ші резисторы тоқты шектеу үшін қызмет етеді. Бұл резистордағы кернеу – біз тұрақты ұстап тұрғымыз келген шығыс кернеуге сәйкес келетін кіріс кернеу мен Zener диодының кернеуінің айырмашылығы болып табылады.

Суретте көрсетілген сұлба үшін қажетті шамалар келесі түрде есептелінуі мүмкін.

R1-ші резисторындағы кернеу	$V_{R1} = 7 V - 4.7 V = 2.3 V$
R1-ші резисторы арқылы өтетін ток	$I = V_{R1} / R1 = 2.3 V / 180 \text{ Ом} = 12.8 \text{ mA}$
R5-ші резистор арқылы өтетін ток	$I_2 = 4.7 V / 680 \text{ Ом} = 6.9 \text{ mA}$
Диод арқылы өтетін ток	$I1 = I - I2 = 5.9 \text{ mA}$

Егер Zener диодының құжатында ең жоғарғы шашыранды қуаты 0,25 W көрсетсе, онда ең жоғарғы тоғы Zener диодының кернеуі арқылы есептелінеді:

$$I_{2 \text{ MAX}} = 0.25 W / 4.7 V = 53 \text{ mA}$$

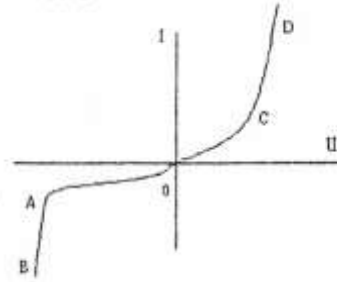
1.1. Кернеуді тұрақтандырушы диодтар туралы түсінік.

Тоғы өзгергенмен кернеуі тұрақты болып қалатын жартылай өткізгішті диод стабилитрон деп аталады. Стабилитрон әртүрлі құрылғыларда кернеуді тұрақтандыру үшін, яғни кернеуді өзгертпей ұстап тұру үшін қолданылады. Стабилитронның шартты белгісі 3-суретте көрсетілген.



Анод Катод
3-сурет

Стабилитрон және стабистор. Тұрақты тоқтың сызықты емес тізбектерінде кернеуді тұрақтандыру үшін қолданылады.



4-сурет

Стабилитронның стабистордан айырмашылығы, стабилитронда кернеуді тұрақтандыру үшін (4-сурет) ВАС-ның кері тармағын қолданады. Диодтың ВАС-да АВ және CD бөліктері бар, мұнда тоқтың айтарлықтай өзгеруіне кернеудің аз ғана өзгеруі сәйкес келеді (олардың сызықтық тәуелділігі кезінде).

Жоғары кернеуді ($U > 3V$) тұрақтандыру үшін ВАС-ның кері тармағы (АВ бөлігін) қолданылады. Стабилитрон *p-n өтпесінің* вольт-амперлік сипаттамасының АВ бөлігінде тоқ өскенмен кернеу тұрақты болып қалатындығы көрініп тұр. Стабилитрон тоғы осы аралықта жататын жүктемелер үшін пайдаланылады. Тоқ одан әрі өскен кезде *p-n өтпесі* қатты қызып, электрлік тесілу жылулық тесілуге ұласуы мүмкін.

Аз мәнді кернеулерді ($U \leq 1V$) тұрақтандыру үшін, мысалы интегралды сұлбаларда ВАС-ның тура тармағын (CD бөлімін) қолданады, ал бұл мақсатта қолданылатын диодтарды стабистор деп атайды, және (5-сурет) оның шартты белгіленуі төменде көрсетілген.



5-сурет

Оларды кремнийден жасайды. Тұрақтандыру кернеуі (3-180В) диапазонын құрайды

Стабилитронның негізгі шамалары:

U_{CT} -тоқ берілген кездегі номиналды тұрақтандыру кернеуі;

R_o - сипаттаманың кернеуі тұрақты бөлігіндегі динамикалық кедергісі;
 $I_{CT.min}$ - кернеуі тұрақты мәніне сәйкес минимал тоғы;
 P_{max} - максималды рауалы шашыратқыш қуат;
 TKU - кернеудің температуралық коэффициенті.

$$TKU = \Delta U_{CT} / (U_{CT} \Delta T)$$

Кернеуді екі өрісті түрде тұрақтандыру сұлбаларында **симметриялы стабилитрондар** қолданылады(6-сурет).



6-сурет

2. ДАЙЫНДЫҚ ЖҰМЫСЫНА ТАПСЫРМА

2.1. Стабилитронның стабистордың, варикаптық және туннельді диодтың жұмыс істеу ұстанымдарын түсіндіріңіз.

2.2. Стабилитронның, стабистордың, варикаптың және туннельді диодтың сипаттамаларын және шартты белгіленулерін, сонымен қатар негізгі параметрлерін атап шығыңыз.

2.3. Стабилитронның вольт-амперлік сипаттамасын алып зерттеңіз.

3. ТӘЖІРИБЕЛІК ЖҰМЫСТЫҢ ОРЫНДАЛУ ТӘРТІБІ ЖӘНЕ ТАПСЫРМАСЫ

1-ші тәжірибе

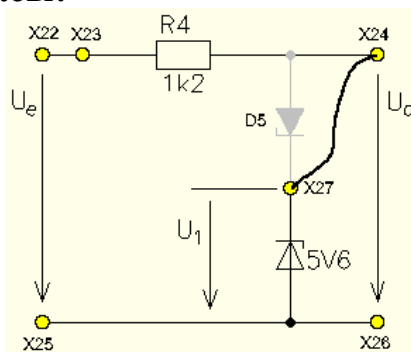
тақырыбы: Zener диодымен кернеудің шектелуін зерттеу

Стабилитрондар (Zener диодтары) тек қана кернеуді шектеу үшін қолданылады. Келесі тәжірибе осындай екі сұлбаны зерттейді.

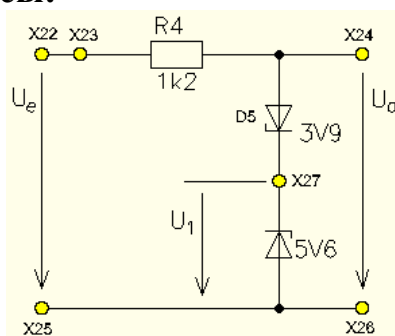
А. Бір ғана Zener диодымен шектелген қарапайым сұлба. D5 диоды өткізгіш сым арқылы тұйықталуы керек. Тәжірибедегі V_e кіріс кернеуді біртіндеп үлкейту керек, және V_a шығыс кернеу кіріс кернеуді үлкейткен сайын өлшеніп отыруы керек. Шамалары төмендегі кестеге енгізіліп, сосын график түрінде көрсету керек.

В. Екі Zener диодымен екі есе шектелген сұлба. Сұлба айнымалы кернеумен қоректенеді және осциллографты қолдана отырып зерттеледі.

А-тәжірибесінің сұлбасы:



В-тәжірибесінің сұлбасы:



Жұмыстың орындалу тәртібі (А)

1. UniTrain-I интерфейсін экспериментатормен қосыңыз, сосын **SO4203-7A** маркалы диодтың тәжірибелік платасын экспериментаторға орнатыңыз.

Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін III тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:



Жалғану тізімі

Интерфейс S	Терминал X22

Интерфейс GND	Терминал X25
Интерфейс В +	Терминал X24
Интерфейс В-	Терминал X26
Интерфейс А+	Интерфейс S
ИнтерфейсА-	Интерфейс GND
Терминал X24	Терминал X27 D5 тұйықталған

2. Құрал-жабдықтар бөлімінен (из меню Приборы) келесі виртуалдық аспаптарды ашыңыз:

- "ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі";
- А вольтметрі;
- В вольтметрі.

Виртуалдық аспаптарды тетіктерін кестеде көрсетілгендей реттеңіз.



Белгіленуі

ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі	Қуаты берілген, бастапқы амплитудасы 0 В
А вольтметрі V_e	Аналог Диапазоны 10В ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ
В вольтметрі V_a	Аналог Диапазоны 10 В ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ

3. Тиісті өлшемдер жүргізің. ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзінің виртуалды аспабын кестедегі шамалардың әрқайсысы үшін реттеңіз.

4. Екі виртуалды аспаптарды қолдана отырып V_e кіріс кернеуі (ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзінің кернеуі) мен V_a шығыс кернеуін өлшеңіз және осы шамаларды кестеге енгізіңіз.

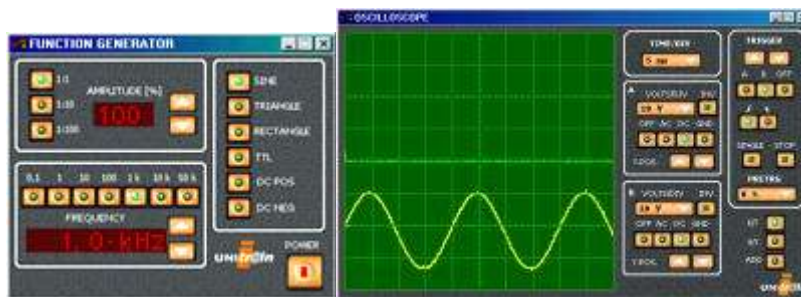
Жұмыстың орындалу тәртібі (В)

1. Тәжірибедегі қондырғылар өзгеріссіз қалады, тек ғана тәжірибелік платадан **X24 және X27 түйіндерінің** арасындағы өткізгіш сым алып тасталуы керек.

Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуалдық аспаптарды жабыңыз. Сосын *құрал-жабдықтар* бөлімінен келесі виртуалдық аспаптарды (из меню *Приборы*) ашыңыз:

- "Генератор функциясы";
- Осциллограф.

Сосын кестеде көрсетілгендей олардың тетіктерін реттеңіз.



Белгіленуі

Генератор	Қуаты берілген, Амплитудасы 100 %, 1:1 Жиілігі 50 гц синус пішінінде
Осциллограф V_e , Канал А,	5 В / ТҰРАҚТЫ ТОҚ
Осциллограф V_a , Канал В	5 В / ТҰРАҚТЫ ТОҚ
Осциллограф уақыт тұрақтысы және триггер	X/T тәсілі 5 ms / Триггер А

2. Кіріс V_e және шығыс V_a кернеулерін өлшеу үшін осциллографты қолданыңыз және алынған нәтижелерді кестеге енгізіңіз.

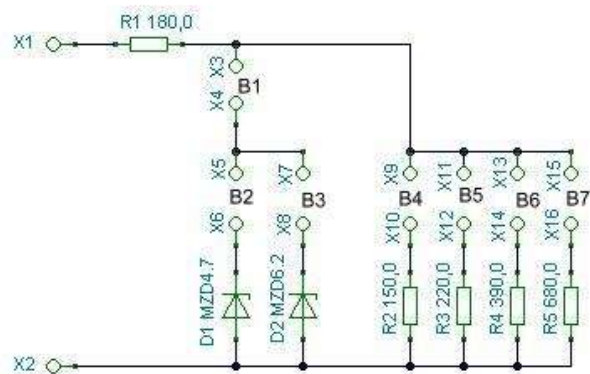
3. Кіріс V_e және шығыс V_1 кернеулерін өлшеу үшін осциллографты қолданыңыз және алынған нәтижелерді кестеге енгізіңіз.

2-ші тәжірибе.

тақырыбы: Zener диодының жүктемеге тәуелділік сипаттамасын зерттеу

Бұл тәжірибелер суретте көрсетілгендей сұлбадағы Zener диодының тұрақтандырғыш әсерін әшкерелейді. Жүктеменің кедергісі өзгереді бірақ шығыс V_A кернеуі тұрақты болып қалады. Сонымен қатар бақылау сұлбаның жұмысшы диапазонында орындалады.

Сұлба:



Жұмыстың орындалу тәртібі

1. UniTrain-I интерфейсін экспериментатормен қосыңыз, сосын *SO4203-7C* маркалы диодтың тәжірибелік платасын экспериментаторға орнатыңыз.

Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:



Жалғану тізімі

От	К
Интерфейс S	Терминал X1
Интерфейс GND	Терминал X2
Интерфейс A +	Терминал X9 и т.д.
Интерфейс A-	Терминал X2

2. Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуалдық аспаптарды жабыңыз. Сосын *құрал-жабдықтар* бөлімінен келесі виртуалдық аспаптарды (из меню *Приборы*) ашыңыз:

– "ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі";

– А вольтметрі.
Сосын кестеде көрсетілгендей олардың тетіктерін реттеңіз.



Белгіленуі

ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі	Қуаты берілген, Диапазоны 10В, Амплитудасы 10 В
А вольтметрі V_A	Аналог Диапазоны 10 В ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ

3. Кіріс кернеуі 10V-қа тең әртүрлі жүктемелер үшін вольтметрді қолдана отырып V_A шығыс кернеуін өлшеңіз.

А: Z диодтарын ажыратып, B2 и B3 джемперлерін алып тастаңыз

В: Z диоды D1 ZPD4,3 қосып, вставьте джемперов B1 и B2 джемперлерін орнатыңыз

С: Z диоды D2 ZPD6,2 қосып, B1 және B3 джемперлерін орнатыңыз

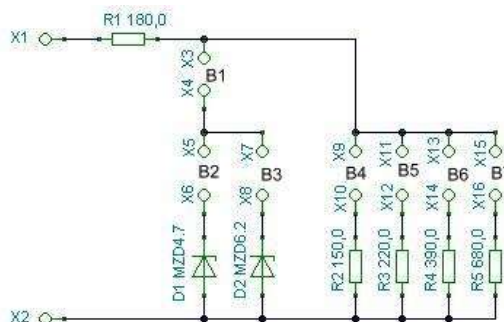
Барлық алынған өлшеулерді кестеге енгізіңдер.

3-ші тәжірибе

тақырыбы: Кіріс кернеуінің өзгеруін зерттеу

Бұл тәжірибелер суретте көрсетілгендей сұлбадағы Zener диодының тұрақтандырғыш әсерін әшкерелейді. Кіріс кернеу өзгереді бірақ шығыс V_A кернеуі тұрақты болып қалады. Сонымен қатар бақылау сұлбаның жұмысшы диапазонында орындалады.

Сұлба:



Жұмыстың орындалу тәртібі

1. UniTrain-I интерфейсіні экспериментатормен қосыңыз, сосын *SO4203-7C* маркалы диодтың тәжірибелік платасын экспериментаторға орнатыңыз.

Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсіні тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:



Жалғану тізімі

Интерфейс S	Терминал X1
Интерфейс GND	Терминал X2
Интерфейс A +	Терминал X1
Интерфейс A-	Терминал X2
Интерфейс B +	Терминал X9 и т.д.
Интерфейс B-	Терминал X2
Жампер Б7	

2. Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуалдық аспаптарды жабыңыз. Сосын *құрал-жабдықтар* бөлімінен келесі виртуалдық аспаптарды (из меню *Приборы*) ашыңыз:

- "ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі";
- А вольтметрі;
- В вольтметрі.

Сосын кестеде көрсетілгендей олардың тетіктерін реттеңіз.



Белгіленуі

DC-Source	Қуаты берілген, Дипазоны 10В, Бастапқы амплитудасы 0 В
A Вольтметрі V_A	Аналог Дипазоны 10 В, ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ
B вольтметрі V_E	Аналог Дипазоны 10 V ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ
Жампер	B7

3. Жүктеменің кедергісі $R5 = 680$ Ом-ға тең әртүрлі кіріс кернеулері үшін вольтметрді қолдана отырып V_A шығыс кернеуін өлшеңіз (жампер B7):

A: Z диодтарын ажыратып, B2 и B3 джемперлерін алып тастаңыз

B: Z диоды D1 ZPD4,3 қосып, вставьте джемперов B1 и B2 джемперлерін орнатыңыз

C: Z диоды D2 ZPD6,2 қосып, B1 және B3 джемперлерін орнатыңыз

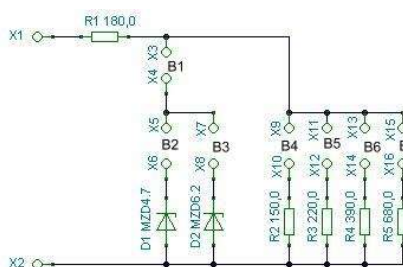
Барлық алынған өлшеулерді кестеге енгізіңдер.

4-ші тәжірибе

тақырыбы: Тоқтың үлестірілуін зерттеу

Бұл тәжірибелер суретте көрсетілгендей сұлбаның тұрақтандырғыш әсерін зерттейді. Сұлбадағы әртүрлі жүктемелер үшін диодтар мен резисторлардың тоғы өзгертіледі.

Сұлба:



Жұмыстың орындалу тәртібі

1. UniTrain-I интерфейсін экспериментатормен қосыңыз, сосын *SO4203-7C* маркалы диодтың тәжірибелік платасын экспериментаторға орнатыңыз.

Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:

Жалғану тізімі

Интерфейс S	Терминал X1
Интерфейс GND	Терминал X2
Интерфейс A+	Шунт X8
Интерфейс A-	Шунт X5
Интерфейс B +	Шунт X17
Интерфейс B-	Шунт X20
Шунт X6	Терминал X4
Шунт X7	Терминал X3
Шунт X18	Терминал X15
Шунт X19	Терминал X16 и т.д.



2. Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуалдық аспаптарды жабыңыз. Сосын құрал-жабдықтар бөлімінен келесі виртуалдық аспаптарды (из меню *Приборы*) ашыңыз:

- "ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі";
- А амперметрі;
- В амперметрі.

Сосын кестеде көрсетілгендей олардың тетіктерін реттеңіз.



Белгіленуі

ТҰРАҚТЫ ТОҚ көзі	Қуаты берілген, Диапазоны 10В, Амплитудасы 10В
А амперметрі, I_Z	Шунт 10 Ом Диапазоны 50 мА ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ
В Амперметрі, I_L	Шунт 10 Ом Диапазоны 50 мА ТҰРАҚТЫ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ

3. Жүктеменің кедергісі өзгерген кезде В амперметрін жампердің орнына сұлбаға жалғаныз. Жүктеменің екі кедергісін параллель жалғау үшін қосымша қысқа кабельді қолданыңыз:

– Тәжірибелік платада Х10 терминалынан Х14 терминалындағы жампер кедергісі 108 Ом.

– Тәжірибелік платада Х10 терминалынан Х12 терминалындағы жампер кедергісі 89 Ом.

$I = I_L + I_Z$ тоқты есептеңіз және мәндерін кестеге енгізіңіз.

А: Z диодтарын ажыратып, Б2 и В3 джемперлерін алып тастаңыз

В: Z диоды D1 ZPD4,3 қосып, вставьте джемперов Б1 и В2 джемперлерін орнатыңыз

С: Z диоды D2 ZPD6,2 қосып, Б1 және В3 джемперлерін орнатыңыз

Барлық алынған өлшеулерді кестеге енгізіңдер.

Бақылау сұрақтары:

12. Кернеуді тұрақтандырушы диодтар-стабилитрондардың жұмыс істеу принципі?

13. Стабилитронның вольт-амперлік сипаттамасы қалай сипатталады?

14. Стабилитронның шартты белгісі қандай?

15. Кернеуді тұрақтандырушы диодтар-стабилитрондардың негізгі шамаларын атап шығыңыз?

5. Симметриялы стабилитрондар қандай жағдайда қолданылады?

№3 зертханалық жұмыс

тақырыбы: Фотоэлектрлік және оптоэлектродық жартылай өткізгішті аспаптарды зерттеу.

Жұмыстың мақсаты: Жартылай өткізгішті инфрақызыл жарық диодын, фототранзисторларды, оптрондарды және аша түріндегі жарықтың тосқауылын зерттеу

1. ҚЫСҚАША ІЛІМИ МАҒЛҰМАТТАР

1. Фотоэлектрлік және оптоэлектродық жартылай өткізгішті аспаптар.

1.1. Оптоэлектроника

Оптоэлектроника электрониканың бір бөлігін құрайды, оптикалық сигналдар электрлік сигналдарға түрлендіретін немесе керісінше. Оптоэлектронкаға оптикалық және электрлік сигналдардың байланысы жатады. Оптоэлектрондық әдістер коммуникация технологиясында оптоволоконды кабелдер арқылы оптикалық сигналдарды жеткізу үшін негізделген.

Жалпы жарықты шығаратын қорек көзі келесі бөліктерден тұрады:

- LED (жарық диоды) әртүрлі түсті;
- Инфрақызыл LED;
- Лазерлі диодтар.

Жарықты сезімтал қабылдағыштар:

- Фоторезисторлар;
- Фотодиодтар;
- Фототранзисторлар;
- Фототиристорлар;
- Күн сәулесінің ұяшықтары.

1.2. Жарық диодтары (LED)

LED (жарық Диоды) әртүрлі түсте қолданылады. Қызыл, жасыл және сары түстер жиі қолданылады. Әсіресе олар автомобилдерде жиі қолданылады (бақылау шамдарында және фарларында). Қазіргі кезде көк LED жиі қолданыла бастады. Көзге көрінетін LEDтен басқада адамның көзіне көрінбейтін инфрақызыл диапазонында жұмыс істейтін LED болады.

Кернеуі жарықдиодтың түсіне тәуелді

<i>түсі</i>	<i>кернеу</i>
Инфрақызыл	1.3 V
қызыл	1.6 V - 1.8 V

Қызыл сарғыш	2.0 V
Сары	2.2 V
жасыл	2.4 V
көк	4 V - 4.5 V

Қондырғының шашыранды қуаты диод арқылы тоққа пропорционал. Жарық диодының шамалары шектеулі, себебі жұмыс істеп тұрған кезде жоғарылап кетпеуі керек әйтпесе қондырғы істен шығып қалады. Жарық диодының шамалары оның құжатында көрсетілген.

Бұл сұлба төмендеткіш(өшу) $R7 = 402$ Ом кедергісі бар инфрақызыл жарық диодынан тұрады. Катод жерге жалғанған. LED кернеудің кері әсеріне төзімді болып табылмайды, сондықтан керә кернеуді болдырмау үшін D3 диоды тізбектей жалғанады.

Сәуле шашатын диод – *p-n өтпесінің* аймағыда энергия кванттарын шашатын диод.

Жарық диоды — көрінетін спектр аймағында, ал инфрақызыл диод көрінбейтін спектр аймағында жарық шашатын диод. Заряд тасымалдағыштардың рекомбинациялануы энергия кванттарының бөлініп шығуына әкеліп соғады. Жарық диодтары жарық индикаторлары ретінде қолданылады. Инфрақызыл диод оптоэлектрондық құрылғыларда сәуле шашушы ретінде қолданылады. Жарық диоды арнайы құрастырылған диод, мұнда жарық сәулелерінің ауысу аймағынан корпустың мөлдір терезелері арқылы өтуіне жағдай жасалынған.

Жартылай өткізгіштің ауысу аймақтарына жататын тоқтың диод арқылы өтуі кезінде заряд тасымалдағыштарының электрондар мен кемтіктердің қарқынды түрде рекомбинациясы жүреді. Босанып шыққан энергияның бір бөлігі жарық кванты ретінде бөлінеді. Жартылай өткізгіштің тыйым салушы еніне байланысты сәуле ұзындығы адам көзіне көрінетін немесе адам көзіне көрінбейтін инфрақызыл толқындар ұзындығына ие болуы мүмкін. Арсенад галий негізінде жасалынған өткізгіштік аймақтардағы сәулелердің толқын ұзындығы - 0,8 мкм. Карбид кремнийінен немесе фосфид галийден жасалынған өткізгіштік аймақтары қызыл түстен көгілдір түс диапазонында көрінетін сәуле шашады. Жарық диодының маңызды шамаларының бірі жарықтық және сәулелену түсі (немесе сәуленің спектрлік құрамы).

Фотодиод — жұмыс істеу ұстанымы фотогальваникалық эффектке негізделген және фотосезімтал элементі жартылай өткізгішті диод құрылымына ие фотоқабылдағыш.

Сәуле *p- n өтпесіне* перпендикуляр бағытта әсер етсін дейік. Энергиясы фотондардың жұтылу нәтижесінде *n* - базаның χ_k тереңдігінде электроды- кемтіктік жұптар (фототасымалдағыштар) пайда болады.

Фототасымалдағыштар *n* - аймақтың түбінде диффузияланады. *n* - аймақтың ω ені сәулену нәтижесінде қалыптасатын фото

тасымалдағыштардың негізгі иесі n - аймаққа рекомбинацияланып үлгермейтіндей болады, олар p - n өтпесінің шекарасына дейін жетеді ($x=\omega$). Электрондар мен кемтіктер p - n өтпесінің электрлік өрісі әсерінен E_0 кернеуі бойынша бөлінеді және бұл жағдайда кемтіктер p - аймаққа өтеді де, ал электрондар ауысу өрісін бұзып өте алмай p - n өтпесінің p - аймағында жинақталады. Сонымен, p - n өтпесінің арқылы өтетін фототасымалдағыштар тоғы негізгі емес тасымалдағыштар кемтіктердің дрейфімен анықталады.

Фотодиод сапасы ең алдымен сәуле көмегімен фототоқты басқару тиімділігімен анықталады. Фотодиод тоғын оптикалық түрде басқару бойынша оның жұмыс істеу режимін анықтауға болады. Осы тұрғыда қарапайым (түзеткіш) диод пен фотодиодтың жұмыс істеу ұстанымдарын салыстырайық.

Сәуле ағымы ($\Phi=0$) тепе-теңдік күйде диод пен фотодиодтың зоналық диаграммалары сәйкес келеді. Сонымен қатар екі аймақ үшін де Ферми деңгейі бірдей және негізгі тасымалдағыштар тағы p - n өтпесі арқылы өтетін токтың диффузиялық құрамасы негізгі емес тасымалдағыштар тоғының дрейфтық құрамасына тең. Қарапайым диодта тепе-теңдік күйі p - n өтпесіне тура кернеуді (p - аймағына оң, n - аймағына теріс) бергенде бұзылады, нәтижесінде ішкі потенциалды тосқауыл төмендейді. Ауысу арқылы өтетін тасымалдағыштар тепе-теңдігі бұзылғанда токтың диффузиялық құрамасы жоғарылайды, айтарлықтай үлкен тура кернеуде ол p - n өтпесінің тоғының мәнін анықтайды.

Фотодиодта p - n өтпесін фототасымалдағыштар тудырған сәулелер бөліп тұрады. Бұл фотодиодтың ішкі потенциалды тосқауылының төмендеуіне себеп болады (қарапайым диодқа тура кернеу бергендегідей), p - n өтпесінің екі жағындағы құрылымдардағы Ферми деңгейі сәйкес келмейді және олар бір-біріне қарама-қарсы бағытта ауытқиды. Фотодиодтағы тепе-теңдіктің бұзылуы p - n өтпесінің тоғының дрейфты құрамасы пайдалы екенін ескеру қажет, яғни токты тиімді басқару үшін фотодиодтағы диффузиялық құрамаларды сәуле көмегімен басу керек.

Фототасымалдағыштардың (электрондар мен кемтіктердің) дрейфті ағымы I_ϕ - фототоғын қалыптастырады. Кемтіктер p - түріндегі оң зарядпен зарядтайды, ал электронда n - түріндегі теріс зарядпен зарядтайды. Нәтижесінде қалыптасқан потенциалдар айырымы (фотоЭҚК E_ϕ) ішкі потенциалдық тосқауылды ΔE мәніне дейін төмендетеді.

Жарықтандырылған жартылай өткізгіштің жоғары қабатында фототасымалдағыш қосымша кемтіктер мен электрондар пайда болады. Электронның диффузия коэффициенті кемтіктерінің коэффициентінен көп. Сондықтан генерациялау орнынан фототасымалдағыштардың диффузиясы кезінде электрондар кемтіктерден өтіп кетеді, нәтижесінде зарядтардың бөлінуі қалыптасады – жартылай өткізгіштің жоғары жағы көлемге қатысты оң зарядқа ие болады.

Сәулеленуге жоғары сезімталдықты қамтамасыз ету үшін фотодиодта токтың диффузиялық құрамы төмен болуы керек. Сондықтан фотодиод сыртқы кернеумен (фотодиодты режим) жұмыс істейді.



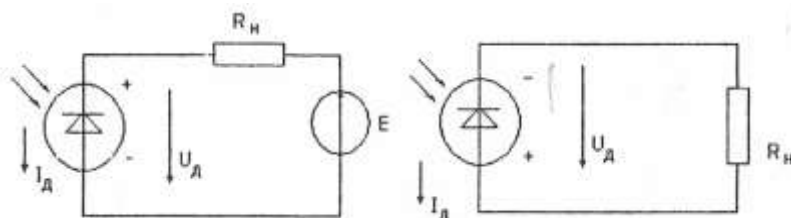
1-сурет

Фотоөткізгіштік қасиет сыртқы жарықтық ағымның қарқындылығына (интенсивтілігіне) және спектральді құрамына байланысты. Фотодиод корпусы *p-n өтпесіне* перпендикуляр түрде бағытталынатын сыртқы жарық ағымын тудыратын қосымша линзамен жабдықталған.

Фототүрлендіргіш режимінде фотодиод тізбегіне *p-n өтпесінің* кері ауытқуын қамтамасыз ететін сыртқы қорек көзін қосады. Егер өткізгіштік аймаққа жарық берілмесе, кері көлеңкелі тоқ пайда болады. Өткізгіш аймаққа жарық берілгенде, көлеңкелі тоққа мәні берілген U кернеуге теуелсіз және фотодиодтық жарық ағынының қарқындылығына пропорционалды фототок қосылады.

Фотогенератор режимінде өзі фото ЭҚК көзі болып табылады. Фото ЭҚК-тің мәні бос жүрістің кернеуіне тең, яғни $E = U_{xx}$. Кремнийлі фотодиод үшін бұл кернеу 0,5В құрайды, ал орташа күн сәулесі түскен кездегі қысқаша тұйықталу тоғының I_{KT} мәні 20-25мА/см² құрайды.

Фототранзистордың құрылымы биполярлы транзистордікіне ұқсас. Ол фотодиодқа қарағанда жоғары фотосезімталдыққа ие.

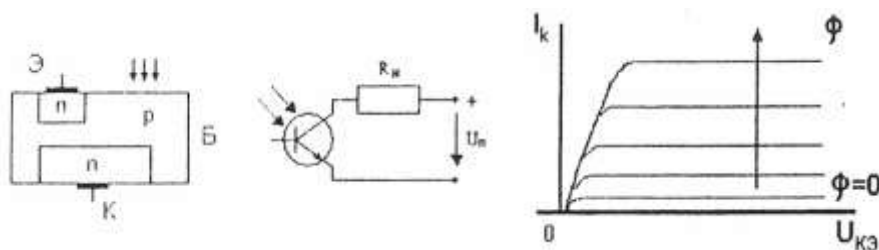


2-сурет

Жарық ағымы базада заряд жұптарын өндіре отырып эмиттерлі *p-n өтпесінің* жазықтығына перпендикулярлы түрде әсер етеді. База үшін негізгі емес болып саналатын зарядтар I_K , тоғын күшейте отырып коллекторлар өткізгіш аймаққа тартылады. Алайда, бұл ток I_K коллекторлы тоғының тек бір бөлігі ғана, өйткені базадан негізгі емес тасымалдағыштардың кетуі онда негізгі тасымалдағыштардың компенсацияланған көлемді зарядын қалыптастырады. Бұл заряд эмиттерлі ауысудың потенциалды тосқауылын төмендетеді. Нәтижесінде эмиттер көмегімен база аймағына инжекцияланатын заряд тасымалдағыштарының саны көбейеді, I_K коллектор тоғының өсуіне себеп болады. Сонымен, фототранзисторды фототок

бойынша күшейту орындалады, бұл оның фотодиодқа қарағанда сезімталдығын жоғары екенін көрсетеді.

База шықпасын қолданбаған фототранзистордың ВАС-сы ортақ эмиттерлі сұлба бойынша қосылған биполярлы транзистордың сипаттамаларына ұқсас. Айырмашылығы фототранзисторда басқару шамасы база тоғы емес, жарық ағымы болып табылады.



3-сурет

Фотодиодтың қасиеттері қарапайым тиристорлардың қасиетіне тән, тек айырмашылығы фототиристор басқару тоғының импульс көмегімен емес, жарықтың импульс көмегімен қосылады.

1.3. Оптрон (оптопара)

Оптрон бір-бірімен бір корпуста оптикалық түрде, электрлік түрде немесе бір уақытта екі байланыс түрімен де байланысқан сәуле шашу көзі және сәуле қабылдағышы бар жартылай өткізгішті аспап. Сәуле қабылдағыш ретінде фоторезистор, фотодиод, фототранзистор немесе фототиристор қолданылатын оптрондар кеңінен пайдаланылады.

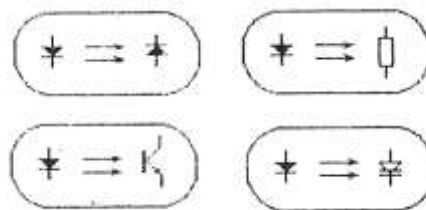
Резисторлы оптрондарда кіріс тізбегінің режимі өзгерген кездегі шығыс кедергілері $10^7 - 10^8$ рет өзгеруі мүмкін. Сонымен қатар фоторезистордың вольт-амперлі сипаттамасы жоғары сызықтылықпен және симметриялылығымен ерекшеленеді, бұл резисторлы оптопараларды аналогты құрылғыларда кеңінен қолдану себебін көрсетеді. Резисторлық оптрондардың кемшілігі жылдамдығының төменділігінде $0,01-1с$.

Сандық ақпараттық сигналдарды тасымалдау тізбектерінде негізінен диодты және транзисторлы оптрондар, ал жоғары вольтты аса нақтылықты сигналдарды оптикалық түрде коммутациялау тізбектері үшін - тиристорлы оптрондар қолданылады. Тиристорлы және транзисторлы оптрондардың жылдамдығы $5-50мкс$ диапазонын қамтитын қайта қосылу уақыты мен сипатталады.

Сәуле шашушы диод тура бағытта, ал фотодиод - тура (фотогенератор режимінде) бағытта немесе кері бағытта (фототүрлендіргіш режимінде) қосылуы тиіс.

Құрылымға берілетін сыртқы кернеудің мәніне байланысты 1 және 2 ауысулар тура бағытта ығысады, ал кернеудің бәрі коллекторлық режимде жұмыс істейтін екінші ауысуда болады.

Бір уақытта жарық энергиясы таратқышы және қабылдағышы болып табылатын оптоэлектронды аспап оптопара деп аталады. Оптопара үшін кіріс және шығыс шамалары болып электр сигналдары алынады. Кіріс және шығыс шамалары арасында гальваникалық байланыс болмайды.



4-сурет

1.4. Фототранзисторлар

Фототранзисторлар мен фотодиодтар - оптикалық сигналдардың қабылдағыштары. Фототранзистордың әртүрлі түрлері спектрдің аймақтарына байланысты сезімтал болып келеді. Фототранзисторлар кәдімгі транзисторлар сияқты эмиттерлік и коллекторлық қабат болады. Бірақ оларда үшінші шығысы базамен байланыспайды. Фототранзистордың шығыс сипаттамасы кәдімгі транзистордың сипаттамасынан айырмашылығы шамалы.

Транзистордың платасында коллектор арасындағы төмендеткіш резистор R6 18 КОмға тең, қорек көзі 15V және эмиттер жерге жалғанған.

1.5. Аша түріндегі жарықтың тосқауылы (барьері)

Жарық барьері - типтік оптоэлектрондық қондырғы. Егер U- үлгідегі қысқышының соңында жарық көзі мен қабылдыңыш бір-біріне жақын орналасса, онда бұл қондырғы аша түріндегі жарықтың тосқауылы (барьері) деп аталады.

ОВР847 аша түріндегі жарықтың тосқауылы (барьері) картада келесі бөліктен тұрады:

- Инфрақызыл жарық диод;
- Фототранзистор.

2. ДАЙЫНДЫҚ ЖҰМЫСЫНА ТАПСЫРМА

2.1. Сәуле шашатын диодтың және фотодиодтың графикалық белгіленулерін көрсетіңіз.

2.2. Оптопара деп аталатын оптоэлектронды аспап дегеніміз не?

2.3. Сәуле шашатын диод пен фотодиодтың шартты белгіленулерін келтіріңіз.

2.4. Диодтың фото өткізу қабілеті неге байланысты?

2.5. Көлеңкелі тоқ дегеніміз не?

2.6. Фототүрлендіргіш және фотогенератор режимдеріндегі фотодиодтың қосылу сұлбасын келтіріңіз және ол қалай жұмыс істейді?

3. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТЫҢ ОРЫНДАЛУ ТӘРТІБІ ЖӘНЕ ТАПСЫРМА

ОПТОЭЛЕКТРОНИКАНЫҢ ТӘЖІРИБЕЛЕРІ

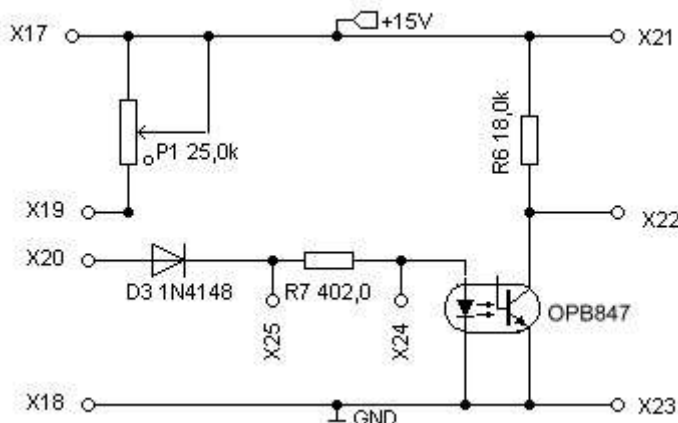
1-ші тәжірибе

тақырыбы: Инфрақызыл жарық диоды және оның сипаттамаларын зерттеу.

Инфрақызыл жарық диоды сипаттамалары UniTrain-I-де диодтардың, кремний диодының сипаттамалар бөліміндегідей динамикалық түрде тіркеледі

X25 қысқышына кіріс синусоидалы айнымалы кернеу беріледі. R7-дегі кернеу тоққа пропорционал, және В каналында осциллографпен өлшенеді, ал диодтағы кернеу А каналында өлшенеді.

Сұлба:



Жұмыстың орындалу тәртібі

1. UniTrain-I интерфейсін экспериментатормен қосыңыз, сосын **SO4203-7C (Zener диоды)** маркалы диодтың тәжірибелік платасын экспериментаторға орнатыңыз.

Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:



Жалғану тізімі

Интерфейс S	Терминал X25
Интерфейс GND	Терминал X18
Интерфейс B+	Терминал X25
Интерфейс B-	Терминал X24
Интерфейс A+	Терминал X24
Интерфейс A-	Терминал X23

2. Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуалдық аспаптарды жабыңыз. Сосын құрал-жабдықтар бөлімінен келесі виртуалдық аспаптарды (из меню *Приборы*) ашыңыз:

- "Генератор функциясы";
- Осциллограф.

Сосын кестеде көрсетілгендей олардың тетіктерін реттеңіз.



Белгіленуі

Генератор	Қуаты берілген, Амплитудасы 100 %, 1:1 Жиілігі 10 Гц
-----------	--

	Синус пішінді
Оциллограф А Каналы V_F	0.5 В / ТҰРАҚТЫ ТОҚ
Оциллограф В Каналы V_{IF}	2 В / ТҰРАҚТЫ ТОҚ
Оциллограф, уақыт тұрақтысы және триггер	X/Y тәсілі 10 ms / Триггер А

3. Инфрақызыл диодтың сипаттамасы: Виртуальдық осциллограф арқылы алынған осциллограмманы тышқанның сол жағындағы тетігін саусағыңызбен басып төмен карай созыңыз, тышқан анықталған нүктені көрсеткен жерде сол жағындағы тетікті босатыңыз. Сіздер осы үрдісті бірнеше рет қайталай аласыңыздар, және ең соңғы алынған осциллограмма тәжірибеніздің нәтижесі болып есептеледі. Анықталған аймақтағы диодтық тоқ пен кернеу үшін шамаларын енгізіңдер.

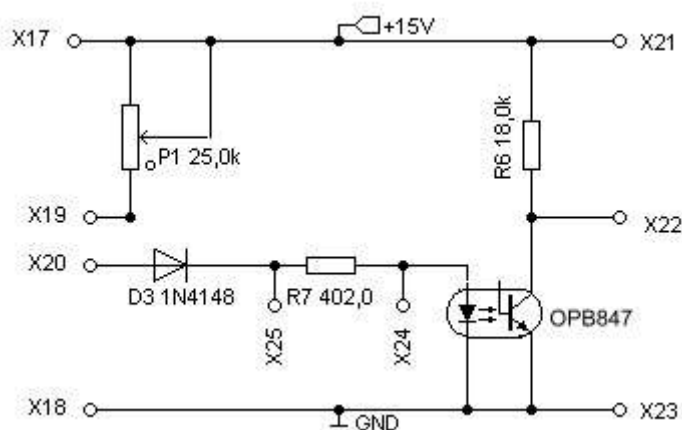
4. Жарық диоды мен кремний диодының сипаттамаларының арасындағы айырмашылық неде?

2- ші тәжірибе

тақырыбы: Фототранзисторлар

Бұл тәжірибе фототранзистордың коллектор-эмиттеріндегі кернеудің жарық диодының I_{D3} тоғына тәуелділігін көрсетеді. Тоқты диод арқылы біртіндеп көбейту керек, көбейткен сайын фототранзистордағы V_{CE} кернеуді өлшеп отырындар және өлшемдерді кестеге енгізіңдер.

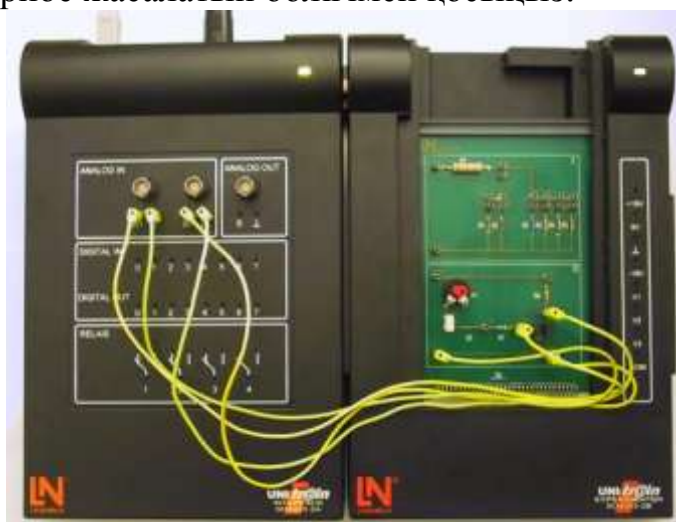
Сұлба:



Жұмыстың орындалу тәртібі

1. UniTrain-I интерфейсін экспериментатормен қосыңыз, сосын **SO4203-7C (Zener диоды)** маркалы диодтың тәжірибелік платасын экспериментаторға орнатыңыз.

Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:



Жалғану тізімі

Жампер	Терминалы X19-X20
Интерфейс А+	Терминал X25
Интерфейс А-	Терминал X24
Интерфейс В +	Терминал X22
Интерфейс В-	Терминал X23

2. Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуалдық аспаптарды жабыңыз. Сосын *құрал-жабдықтар* бөлімінен келесі виртуалдық аспаптарды (из меню *Приборы*) ашыңыз:

- Амперметр А;
- Вольтметр В.

Сосын кестеде көрсетілгендей олардың тетіктерін реттеңіз.



Белгіленуі

Потенциометр	Толығымен солға қарай
А амперметрі I_F	Шунт 402 Ом Деңгейі 12мА ТҰРАҚТЫ ТОҚ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ
В Амперметрі V_{CE}	Аналог Деңгейі 20В ТҰРАҚТЫ ТОҚ және АЙНЫМАЛЫ ТОҚ

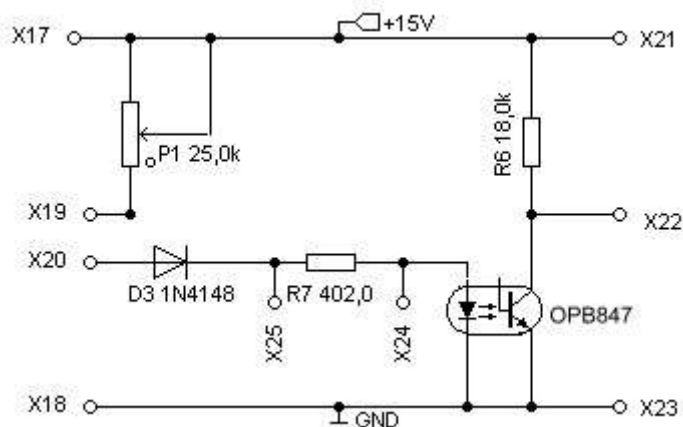
3. Төменде көрсетілген өлшемдерді орындаңдар. Кестеде көрсетілген диодтағы тоққа мән беру үшін әрбір қадам сайын потенциометрді реттеп отырыңыз. Екі виртуальдық аспап арқылы транзистордағы V_{CE} кернеуді және диод арқылы өтетін тоқты өлшеніз. Өлшенген мәндерді кестеге енгізің. Барлық өлшенген мәндерді кестеге енгізіп диаграмма бөліміне ауысыңыз.

3-ші тәжірибе.

тақырыбы: Оптрондар

Бұл тәжірибеде аша тәрізді жарық барьерін оптрон ретінде қолданылады. Х20 терминалының кірісі және генератор функциясын қолдана отырып тікбұрышты кіріс сигналы беріледі. Х22 терминалындағы шығыс сигналды өлшеу үшін осциллограф қолданылады. Бұл үрдіс ауыстырып-қосу әсерін бақылау үшін әртүрлі жиілікте қайталану керек.

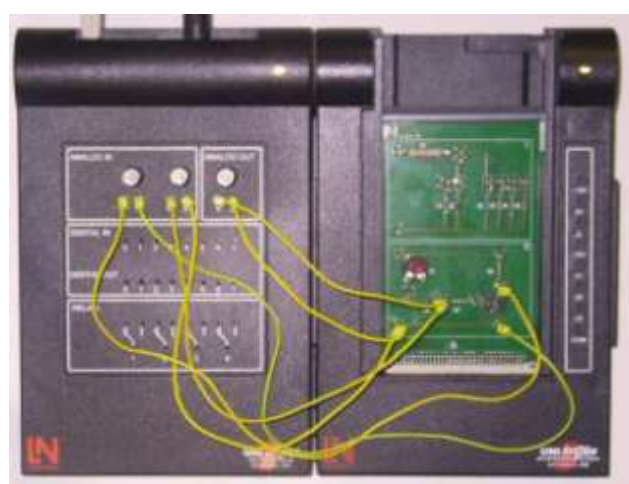
Сұлба:



Жұмыстың орындалу тәртібі

1. UniTrain-I интерфейсін экспериментатормен қосыңыз, сосын **SO4203-7C (Zener диоды)** маркалы диодтың тәжірибелік платасын экспериментаторға орнатыңыз.

Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:



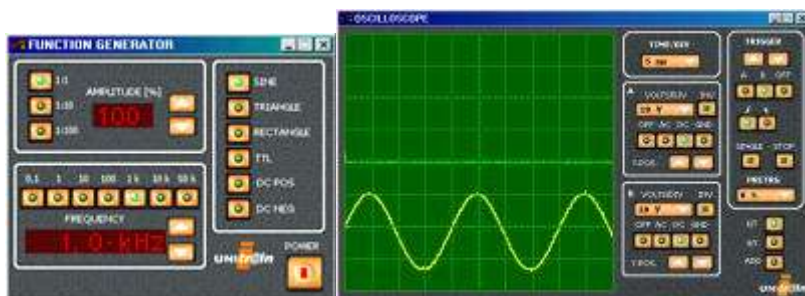
Жалғану тізімі

От	К
Интерфейс S	Терминал X25
Интерфейс GND	Терминал X18
Интерфейс B +	Терминал X25
Интерфейс B-	Терминал X18
Интерфейс A+	Терминал X22
Интерфейс A-	Терминал X23

2. Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуалдық аспаптарды жабыңыз. Сосын құрал-жабдықтар бөлімінен келесі виртуалдық аспаптарды (из меню *Приборы*) ашыңыз:

- "Генератор функциясы";
- Осциллограф.

Сосын кестеде көрсетілгендей олардың тетіктерін реттеңіз.



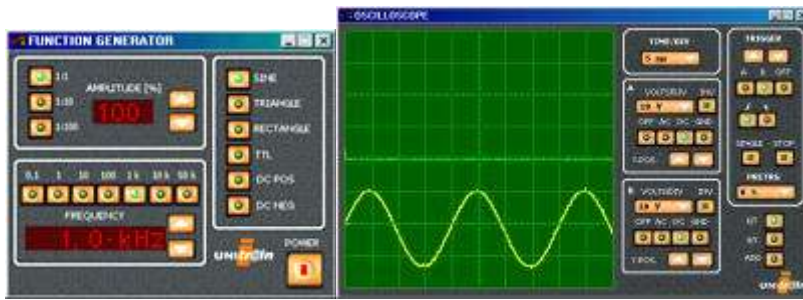
Белгіленуі

Генератор функциясы	Қуаты берілген, Амплитудасы 35 %, 1:1 тетігін басыңыз Жиілігі 100 Гц Квадрат
Осциллограф А Каналы V_{CE}	5В / ТҰРАҚТЫ ТОҚ
Осциллограф В Каналы V_F	2В
Осциллограф уақыт тұрақтысы және жіберу механизмі	X/Y тәсілі 2ms / В, жіберу механизмі

3. Шығысындағы жиілік 100 Гц тең:

Виртуальдық осциллограф арқылы алынған осциллограмманы тышқанның сол жағындағы тетігін саусағыңызбен басып төмен карай созыңыз, тышқан анықталған нүктені көрсеткен жерде сол жағындағы тетікті босатыңыз. Сіздер осы үрдісті бірнеше рет қайталай аласыңыздар, және ең соңғы алынған осциллограмма тәжірибеңіздің нәтижесі болып есептеледі. Анықталған аймақтағы диодтық тоқ пен кернеу үшін шамаларын енгізіңдер.

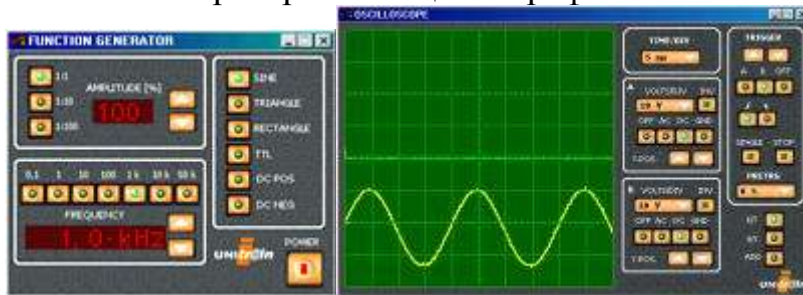
4. Генератор мен осциллографтағы келесі өзгерістерді орындандар:



Белгіленуі

Генератор	Жиілігі 1 кГц
Осциллограф уақыт тұрақтысы және триггер	0.2 ms

5. Генератор мен осциллографтағы келесі өзгерістерді орындаңдар:



Қондырғылар

Генератор	Жиілігі 10 кГц
Осциллограф уақыт тұрақтысы және триггер	0.2 ms

6. Шығысындағы жиілік 10 кГц:

Виртуальдық осциллограф арқылы алынған осциллограмманы тышқанның сол жағындағы тетігін саусағыңызбен басып төмен қарай созыңыз, тышқан анықталған нүктені көрсеткен жерде сол жағындағы тетікті босатыңыз. Сіздер осы үрдісті бірнеше рет қайталай аласыңыздар, және ең соңғы алынған осциллограмма тәжірибеңіздің нәтижесі болып есептеледі. Анықталған аймақтағы диодтық тоқ пен кернеу үшін шамаларын енгізіндер.

7. Осциллограмма 3: кіріс және шығыс кернеулері диаграммасы қалай өзгереді? 5-ші және 7-ші осциллограммаларда шығыс кернеу қалай өзгереді?

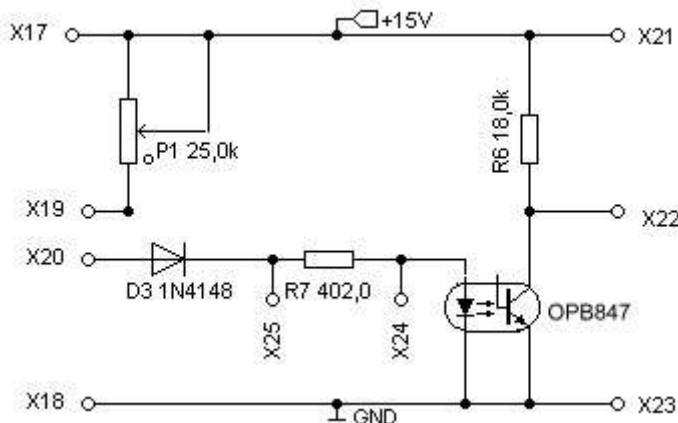
4-ші тәжірибе.

тақырыбы: Аша түріндегі жарықтың тосқауылы (барьері)

Біз енді аша түріндегі жарықтың тосқауылының (барьері) функциональдық мүмкіндіктерін зерттейміз. Р1потенциометрмен реттелетін диод арқылы тұрақты тоқ өтеді, Х22 шығысындағы кернеу осциллографпен

өлшенеді. Мұнда әртүрлі материалдарды қолдануға болады, қағаз немесе кара жолақты фольга. P1 потенциометрді қолданып оның "сезімталдығын" реттеуге болады.

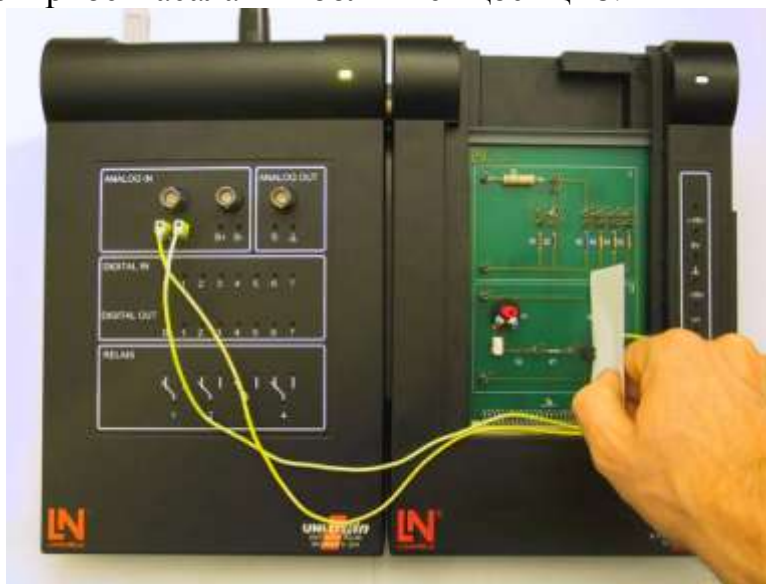
Сұлба:



Жұмыстың орындалу тәртібі

1. UniTrain-I интерфейсін экспериментатормен қосыңыз, сосын *SO4203-7C* маркалы **Zener** диодының тәжірибелік платасын экспериментаторға орнатыңыз.

Сұлбада көрсетілгендей жалғану тізімі бойынша UniTrain-I интерфейсін тәжірибе жасалатын бөлігімен қосыңыз:



Жалғану тізімі

Жампер	Терминалы X19-X20
Интерфейс В +	Терминал X25

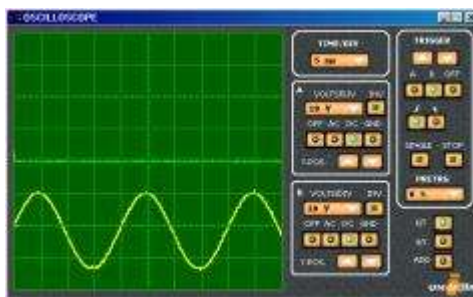
Интерфейс В-	Терминал Х24
Интерфейс А+	Терминал Х22
Интерфейс А-	Терминал Х23

2. Алдыңғы тәжірибеде қолданылған барлық виртуальдық аспаптарды жабыңыз, сосын құрал-жабдықтар бөлімінен (из меню *Приборы*) келесі виртуальдық аспаптарды ашыңыз:

Аспаптар:

– Осциллограф

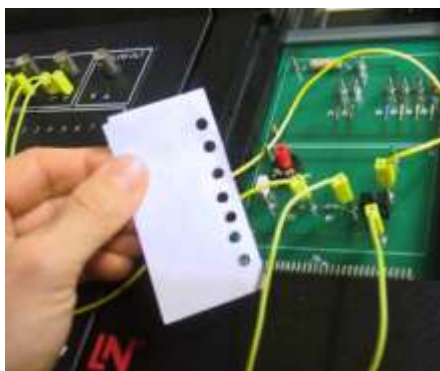
Виртуальдық аспапты кестеде көрсетілгендей реттеңіз.



Белгіленуі

Осциллограф А Каналы V_{CE}	10 В / ТҰРАҚТЫ ТОҚ
Осциллограф В Каналы V_{IF}	1 В / ТҰРАҚТЫ ТОҚ
Осциллограф уақыт тұрақтысы және триггер	1 с / триггер А
ПОТЕНЦИОМЕТР	V_{IF} -шамамен 2Вольтқа жеткенше реттеңіз

3. Бір бет қағазды алыңыз сосын шет жағына шамамен диаметрі 5мм етіп ойықшалар жасаңыз.



Енді жарық барьерінің ашасы арқылы қағазды орналастырыңыз. Осциллографты бақылап отырың, осциллограмма пайда болған кезде тоқтату тегін басыңыз. Виртуальдық осциллограф арқылы алынған осциллограмманы тышқанның сол жағындағы тетігін саусағыңызбен басып төмен қарай созыңыз, тышқан анықталған нүктені көрсеткен жерде сол жағындағы тетікті босатыңыз. Сіздер осы үрдісті бірнеше рет қайталай аласыңыздар, және ең соңғы алынған осциллограмма тәжірибеңіздің нәтижесі болып есептеледі. Анықталған аймақтағы диодтық тоқ пен кернеу үшін шамаларын енгізіңдер. Бұл үрдісті бірнеше рет қайталай аласыз, ең соңғы осциллограмма сіздердің тәжірибеңіздің нәтижесі болып табылады. Белгіленген аймақтағы диодтық тоқ пен кернеу үшін мәндерін енгізіңдер.

4. Бақылаған құбылыстарды сипаттап берің.

Бақылау сұрақтары:

1. Жарық диодының инфрақызыл диодтан қандай айырмашылығы бар екенін дәлелдең;
2. Жарық сәулелерінің энергиясын электрлік токқа түрлендіретін жартылай өткізгішті аспап қалай аталады;
3. Электрлік энергияны сәулелік энергияға түрлендіруді орындайтын жартылай өткізгішті аспап қалай аталады?

Ұсынылған әдебиеттер тізімі

1. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника. – М.: Горячая линия – Телеком, 1999.- 768с.
2. Лачин В.И. Электроника.- М.: ВШ, 2000.
3. Баймаганов А.С., Светашев Г.М. Электротехника и электроника. Методические указания к лабораторным работам для студентов всех форм обучения специальности направления теплоэнергетика: 1104,2201,2202, 2204, 3606, 0713 – Ч.1- Алматы: АИЭС,2001- 30с.
4. А.С. Баймаганов Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по дисциплине «Электротехника и электроника» (для студентов очной формы обучения специальности 050717- Теплоэнергетика). – Алматы: АИЭС,2006.- 15с.
5. А.С. Баймаганов Основы электротехники и электроники. Программа, методические указания и контрольные задания для студентов специальности 050717 – Теплоэнергетика заочной ускоренной формы обучения.- Алматы: АИЭС,2006.-28с.
6. Электротехника және электроника (оқу құралы) / Ж.Қ. Әміров АЭЖБИ.Алматы , 2003- 90б.
7. Электротехника және электроника (оқу құралы)/ Ж.Қ. Әміров; АЭЖБИ. Алматы,2005- 87б.
8. Голубцов М. С., Кириченко А.В. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. Изд. 2-е, испр. и доп.- М.: СОЛОН-Пресс, 2004.- 304с.
9. М.М. Аршидинов, Ж.Қ. Әміров. Электротехника және электроника. Зертханалық жұмыстарды орындауға әдістемелік нұсқау. 1- бөлім (220140, 220240, 220440, 360140 мамандықтардағы студенттер үшін). – Алматы, АЭЖБИ. -2003- 24б.
10. Ж.Қ. Әміров, М.М. Аршидинов, жазған Электроника және электротехника пәні бойынша зертханалық жұмыстарға әдістемелік нұсқаулар.- Алматы: АЭЖБИ,2003.-49б.
11. М. Аршидинов, А.С. Баймаганов. Электротәсіл және электроника, 1-бөлім. Сзықты электр тізбектерін есептеу әдістері. Әдістемелік нұсқаулар және №1, №2 есептеу- графикалық тапсырмалар (келес мамандықтардағы студенттер үшін: 1104, 2201, 02202, 2204, 3603, және 0713) – Алматы: АЭЖБИ, 2001.- 14б.
12. М.М. Аршидинов, Г.М. Светашев. Электр машиналарын және түзеткіштерді есептеу. Электротехника және электроника курсы бойынша есептеу- графикалық жұмыстарға арналған оқу әдістемелік нұсқаулар, 2- бөлім. 2201, 1104, 2202, 2204, 0702, 0713, мамандықтарындағы студенттер үшін.- Алматы: АЭЖБИ,2001.- б.
13. М.М. Аршидинов, А.С. Баймаганов Электротехника и электроника. Ч.2. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности: 1104, 2201, 2202, 2204, 3603, 0713- Алматы: АИЭС, 1999.-48с.

14. Электротехника и электроника: Учебник вузов/ Под.ред. Б. И. Петленко.- М.: Академия, 2003-230 с.
15. Данилов И. А., Иванов П. И. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. Пособие – М.: ВШ, 2000.- 752с.
16. Прянишников В. А. Электроника: Полный курс лекции. – 3-е изд., испр. и доп.- СПб.: Учитель и ученик: КОРОНА принт, 2003-416 с., ил.
17. Электротехника и электроника: Учебник для вузов. В 3- х кн. Кн.3. Электрические измерения и основы электроники./ Под ред. Проф. В.Г.:Герасимова.- М.: Энергоатомиздат, 1998.- 432с.
18. Рекус Г.Г., Белоусов А.И. Сборник задач по электротехнике и основам электроники: Учеб. Пособие для неэлектротехн. спец. вузов.- М.: Высш.шк.,1991.- 416с.: ил.
19. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. В 2- х т. / Под ред. Д.И. Панфилова.- М.:ДОДЭКА, 1999.-т. 1. – Электротехника.- 304с.
20. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. В 2-х т. / Под ред. Д.И. Панфилова.- М.: ДОДЭКА, 2000- т.2.- Электроника.- 288с.
21. Ульрих В.А. Микроконтроллеры PIC16X7XX. Изд.2-е, перераб.и доп. –СПБ: Наука и техника,2002.- 320с., ил.
22. Таверенье К. PIC- микроконтроллеры. Практика применения: Пер. С фр.- М.: ДМК-Пресс,2002.- 272с.,ил.
23. Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательский дом «Додека- XXI», 2001.- 608с.
24. Токхайм Р. Микропроцессоры: Курс и упражнения.- М.: Энергоатомиздат, 1988-336с.
- 25.Сборник задач по электротехнике и основам электроники: Учеб. Пособие для неэлектротехн. спец.вузов. Под ред.В.Г.Герасимова. – М.: ВШ, 1987.
26. <http://dvo.sut.ru/libr/eqp/i001eqp1/index.htm> ЭЛЕКТРОННЫЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ.И. Бочаров, Г.Б. Гогоберидзе, Ю.М. Першин, К.С. Петров, А.Н. Штагер конспект курса
27. http://tre.kai.ru/rates/method/lab_420.htm ИССЛЕДОВАНИЕ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ Автор-составитель: Д.В. Погодин
28. <http://dssp.petrsvu.ru/book> Твердотельная электроника. Гуртов В, А., руководитель проекта Артамонов О, Н разработчик проекта, Ветров А. С. разработчик проекта.
29. <http://www.pilab.ru/csi/AUK/Microelectr/E&m.asp> Prof. E. Voronkov, A. Kisvjancev, S. Avramenko, A. Fairushin and I. Savinov, I. Filipky.
30. <http://www.chipinfo.ru/dsheets/ic/155/kp7.html#cscheme> Справочник по полупроводниковым приборам.
31. <http://ru.wikipedia.org> Электронный энциклопедический словарь-справочник.