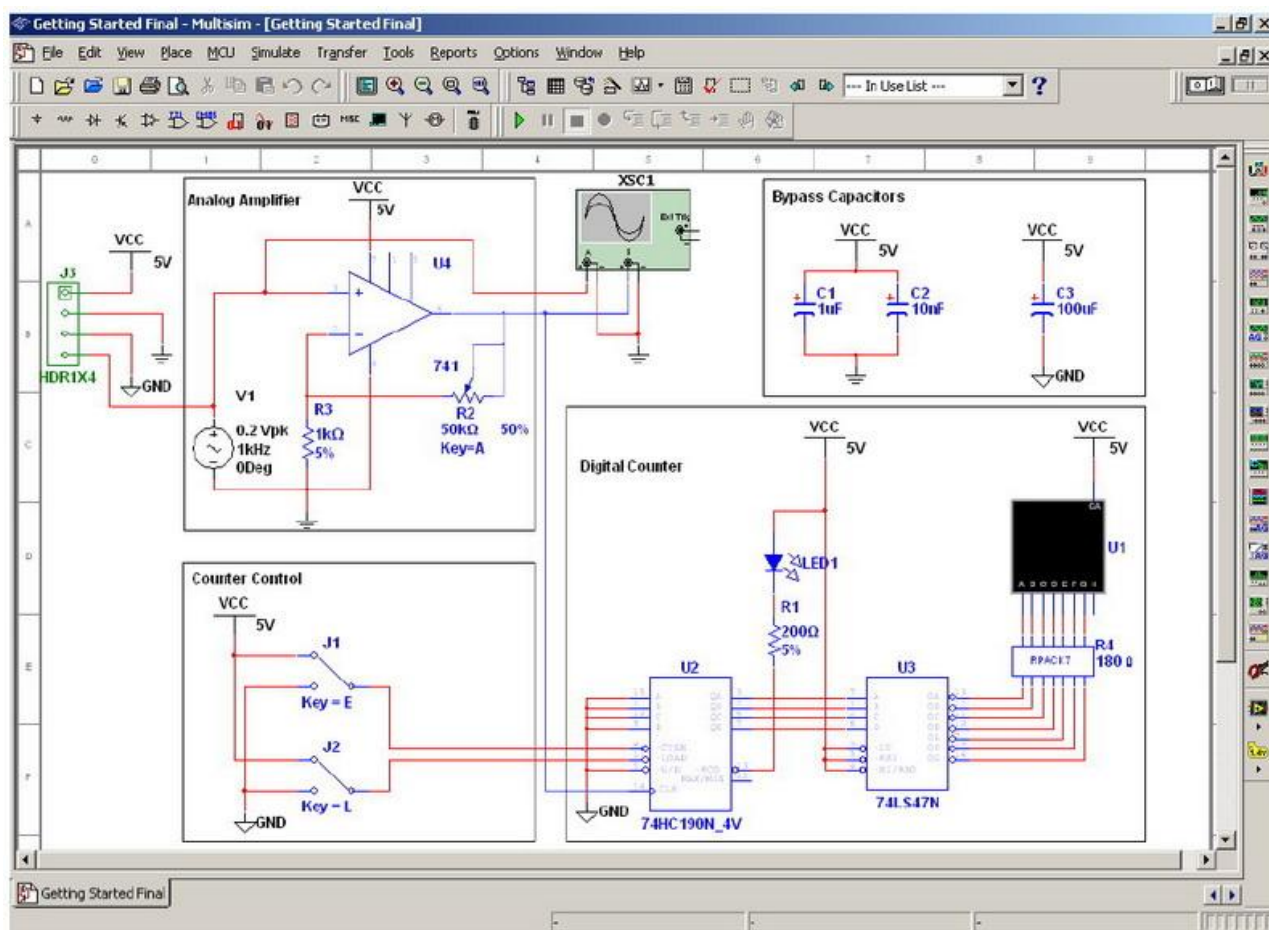




Жикеев А.А., Алдашева Д.Т.

Талдаудың қазіргі заманғы әдістері
және
электрондық құрылғыларды моделдеу

Костанай, 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

«Ахмет Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті» РМК

Ақпараттық технологиялар факультеті

Ақпараттық жүйелер кафедрасы

Жикеев А.А., Алдашева Д.Т.

**Талдаудың қазіргі заманғы әдістері және электрондық
құрылғыларды моделдеу**

Оқу-әдістемелік құрал

Қостанай, 2019

Кіріспе	3
1. Электр тізбектерінің элементтерін зерттеу	4
1.1 Операциялық күшейткіштің сипаттамалары	4
1.2 Түзелмейтін күшейткіштер	10
1.3 Инверторлы күшейткіш	13
1.4 Компараторлар	16
1.5 ОУ-да схемаларда кернеуді жиынтықтау	30
1.6 ОУ негізіндегі дифференциалды және интегралдаушы схемалар	35
2. Күрделі схемалардағы процестерді талдау	48
2.1 Жартылай өткізгіш диодтар	48
2.2 Тұрақтандырғыштар.....	53
2.3 Триггерлер	58
3. Тұрақтандыру жүйелерін модельдеу	75
3.1 Резонантты тізбектер. Ең қарапайым тізбектердің жиіліктік сипаттамалары	75
3.2 Кешенді тізбектердегі резонанс	91
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	103

Кіріспе

Кез келген радиоэлектрондық құрылғыны әзірлеу, әдетте, физикалық немесе математикалық үлгілеумен сүйемелденеді. Физикалық модельдеу үлкен материалдық шығындармен байланысты, өйткені макеттерді дайындау және оларды зерттеу қажет, ол өте қиын болуы мүмкін. Сондықтан есептеу техникасының құралдары мен әдістерін қолдану арқылы математикалық модельдеуді жиі қолданады. Мұндай бағдарламалардың бірі Electronics Workbench (EWB) электрондық модельдеу жүйесі болып табылады.

Electronics Workbench бағдарламасы әлемнің көптеген жоғары оқу орындарында қымбат тәжірибелік жабдықтарды ауыстыру мақсатында қолданылады. Бағдарлама стандартты зерттеу әдістеріне қарағанда радиоэлектрондық құрылғылардың көптеген талдауларын әлдеқайда жылдам шығаруға мүмкіндік береді. Electronics Workbench ең танымал өндірушілердің радиоэлектрондық құрылғылардың көптеген модельдерін қамтиды.

Бұл модельдеу жүйесі зерттеушінің нақты жұмыс орнын – нақты уақыт ауқымында жұмыс істейтін өлшеу құралдарымен жабдықталған зертхананы имитациялайды. Оның көмегімен қарапайым және күрделі аналогтық және сандық радиофизикалық құрылғыларды жасауға, модельдеуге болады.

Бұл ретте Electronics Workbench қарапайым компьютерлік техникада терең білімді талап етпейді, стандартты, интуитивті түсінікті интерфейсі бар, оны игеру үшін кем дегенде уақытты талап етеді. Сонымен қатар, студенттерді өз бетінше жұмыс істеуге үйретеді және оларға электронды құрылғыларды әзірлеудің заманауи құралдары туралы түсінік алуға және өзінің шығармашылық әлеуетін дамытуға мүмкіндік береді.

Electronics Workbench пакетінде электрондық схемаларды Үлгілеу кезінде келесі әрекеттер орындалады:

- кіріктірілген редактордың көмегімен талданатын құрылғының электрлік схемасы қалыптасады, бұл үшін қажетті компоненттер жұмыс аймағына компоненттер панелінен «сүйреледі» және бір-бірімен өткізгіштердің көмегімен қосылады, содан кейін компоненттер параметрлерінің қажетті мәндері орнатылады;

- схемаға қажетті тест құралдары қосылады: функционалдық генератор, вольтметр, амперметр, осциллограф, логикалық анализатор, пробник және т. б.;

- виртуалды қуат қосқышына басу арқылы модельдеу процесі іске қосылады;

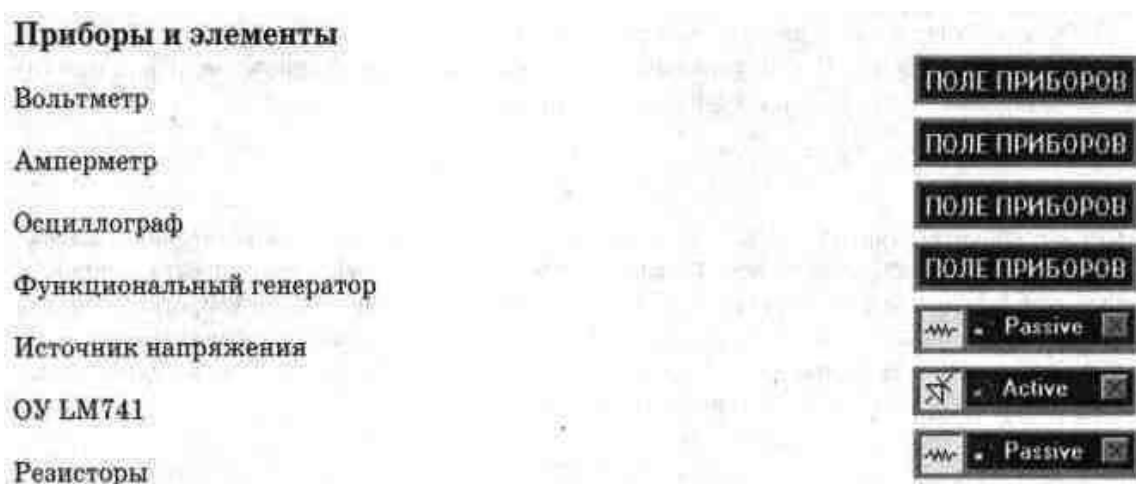
- талдау нәтижелерін, мысалы, мерзімді процестің осциллограммаларын немесе құрылғының амплитудалық-жиіліктік сипаттамасын монитордың экранында көруге болады, ал қажет болған жағдайда келесі құжаттау үшін сақтауға болады.

1. Электр тізбектерінің элементтерін зерттеу

1.1. Операциялық күшейткіштің сипаттамалары

Мақсаты:

1. Операциялық күшейткіш (ОК) кіріс тоқтарының өлшемі.
2. ОК кіріс тоқтарының айырмашылықтары және орташа кіріс тоқтарының мөлшерін бағалау.
3. ОК жылжыту кернеуін өлшеу.
4. ОК дифференциалды кіріс кедергісін өлшеу.
5. ОК шығыс кедергісін есептеу.
6. ОК шығыс кернеуінің ұлғаю жылдамдығын өлшеу.



Теориядан қысқаша мәліметтер.

Интегралды Операциялық күшейткіш өз функцияларын орындау сапасы тұрғысынан осы компонентті сипаттайтын бірқатар параметрлермен сипатталады. Әдетте анықтамалық мәліметтерде келтірілетін параметрлер арасында негізгі болып мыналар табылады. Орташа кіріс тогы $I_{вх}$. ОК кірістерінде сигнал болмаған кезде оның кіріс шықпалары арқылы кіріс биполярлы транзисторлардың базалық тоқтарына немесе кіруде далалық транзисторлары бар ОК үшін бекітпелердің ағу тоқтарына негізделген токтар өтеді. Кіріс тогы кіріс сигналының көзінің ішкі кедергісі арқылы өтіп, ОК кірісіндегі кернеудің төмендеуін жасайды, ол кіріс сигналының болмауында шығуда кернеудің пайда болуын туындатуы мүмкін. Бұл кернеудің төмендеуі нақты ОУ кіріс тогы бір-бірінен 10-ға өзгеше болуы мүмкін...20% ОК кіріс тоқтарын инвертирлейтін және инвертирленбейтін кірулердің орташа арифметикалық тогы ретінде есептелетін орташа кіріс тогы бойынша бағалауға болады:

$$I_{вх} = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

мұнда I_1 және I_2 тиісінше инвертирленетін және инвертирленбейтін кіру тоқтары.

Кіріс тоқтарының айырмашылықтары келесі өрнекпен белгіленеді:

$$\Delta I_{\text{BX}} = I_1 - I_2$$

Анықтамаларда осы шаманың модулі көрсетіледі. Кіріс тоқтарын өлшеуге арналған Схема суретте көрсетілген. 11.1. Тұрақты тоқтағы кернеуді күшейту коэффициенті Ко-негізгі функцияны қаншалықты жақсы орындайтын ОУ көрсеткіші-кіріс сигналдарын күшейту. Идеалды күшейткіште күшейту коэффициенті шексіздікке ұмтылуы тиіс. ОУ-дағы күшейткіш схемасының кернеуін күшейту коэффициенті (сурет. 11.2) мына формула бойынша есептеледі:

$$K_y = \frac{R_2}{R_1}$$

U_{CM} ығысу кернеуі - ОУ кірісіндегі кернеу нөлге тең болатын кернеу мәні. U_{CM} ығысу кернеуін кірістегі кернеу болмаған кезде шығу кернеуін және күшейту коэффициентін біле есептеуге болады:

$$U_{\text{CM}} = \frac{\Delta U_{\text{BYX}}}{K_y}$$

$R_{\text{BX.cф}}$ кіріс кедергісі-екі құраушы кіріс кедергісін ажыратады: дифференциалды кіріс кедергісі және синфазалық сигнал бойынша кіріс кедергісі (әрбір кіріс пен жер арасындағы ағып кету кедергісі). Биполярлы ОУ үшін кіріс дифференциалдық кедергісі әдетте 10 кОм шегінде болады, 10 МОм. Синфазалық сигнал бойынша кіріс кедергісі кіріс синфазалық кернеудің орта кіріс тогының туындаған өсіміне қатынасы ретінде анықталады:

$$R_{\text{BX.cф}} = \frac{\Delta U_{\text{BX.cф}}}{\Delta I_{\text{BX.cф}}}$$

Дифференциалды кіріс кедергісі ОК кірулері арасында байқалады және мынадай формула бойынша анықталуы мүмкін:

$$R_{\text{BX.диф}} = \frac{\Delta U_{\text{BX}}}{\Delta I_{\text{BX}}}$$

мұнда U_{BX} - ОУ, ΔI_{BX} кірулері арасындағы кернеудің өзгеруі - кіріс тогының өзгеруі. Интегралды ОУ-дағы $R_{\text{ВЫХ}}$ Шығыс кедергісі 20 құрайды...2000 ЖМ. Шығыс кедергісі шығыс сигналының амплитудасын, әсіресе күшейткіштің жұмысы кезінде, онымен салыстырмалы жүктеме кедергісі азайтады. ОУ дифференциалды кіріс кедергісін және шығыс кедергісін өлшеуге

арналған Схема сурет. 11.3. $U_{\text{ВЫХ}}$ Шығыс кернеуінің өсу жылдамдығы оу Шығыс кернеуінің өзгеруінің кіріс кернеуін беру кезінде оның өсу уақытына қатынасына тең. Өсу уақыты уақыт аралығымен анықталады, оның ішінде ОУ шығу кернеуі өзінің белгіленген мәндерінен 10% - дан 90% - ға дейін өзгереді.

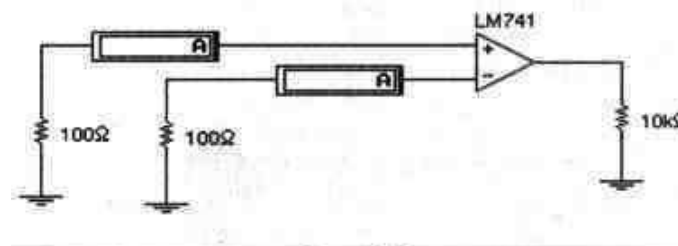
$$V_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{уст}}}$$

Шығыс кернеуінің өсу жылдамдығын өлшеуге арналған Схема суретте 11.4 көрсетілген. Өлшеулер 1-ден 10-ға дейінгі күшейтудің жалпы коэффициенті бар теріс кері байланыспен (ООС) қамтылған ОУ кіруіне саты түрінде импульсті беру кезінде жүргізіледі.

Эксперимент жүргізу тәртібі

1 эксперимент. Кіріс токтарын өлшеу.

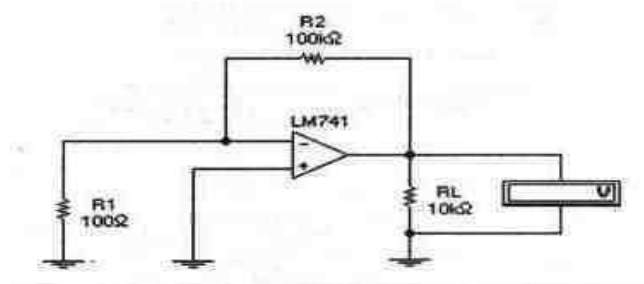
Суреттегі кестемен c11_001 файлын ашыңыз. 11.1. Сызбаны қосыңыз. ОК кіріс токтарын өлшеңіз. Өлшеу нәтижелері бойынша $I_{\text{вх}}$ орта кіріс тогын және ОК кіріс токтарының айырымын есептеңіз. Нәтижелерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне енгізіңіз.



Сурет 11.1

2 эксперимент. Ығысу кернеуін өлшеу.

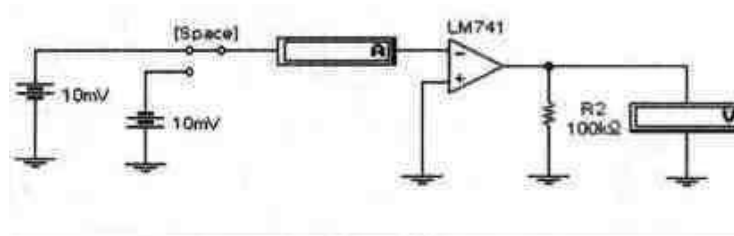
11.2. суреттегі сызбамен c11_002 файлын ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. Вольтметрдің көрсеткіштерін "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз. Өлшеу нәтижелері бойынша, $U_{\text{СМ}}$ ығысу кернеуін ОУ-дағы схеманы күшейту коэффициентін қолданып есептеңіз. Есептеу нәтижелерін "эксперимент нәтижелері" бөліміне енгізіңіз".



Сурет 11.2

3 эксперимент. Кіріс және шығыс кедергілерін өлшеу.

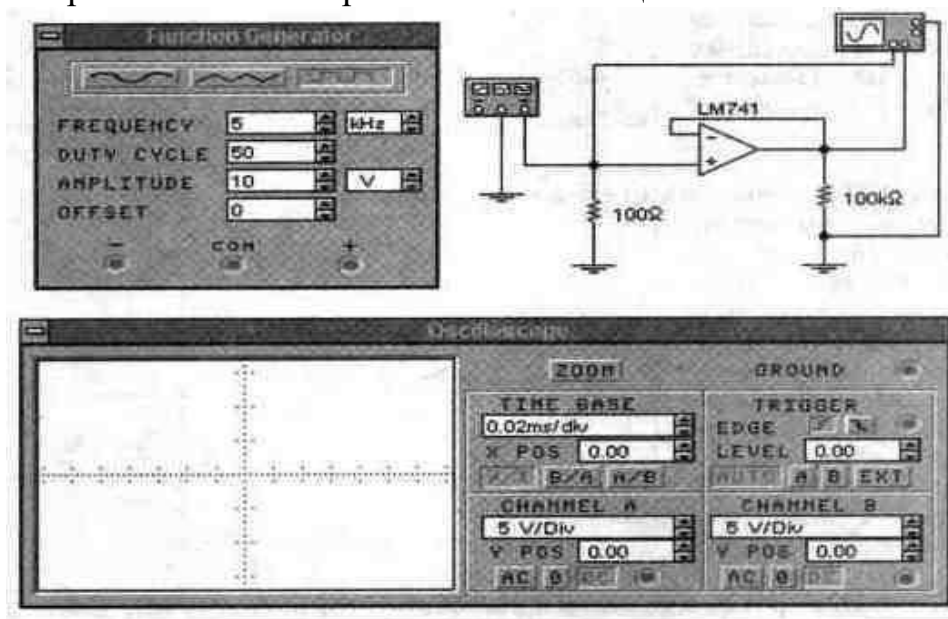
а). Суреттегі кестемен c11_003 файлын ашыңыз. 11.3. Сызбаны қосыңыз. Кіріс тогын $I_{вх}$ және $U_{вых}$ Шығыс кернеуін өлшеңіз, көрсеткіштерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз. [Space] пернелерінің кілтін ауыстырыңыз. Кілтті ауыстырғаннан кейін кіріс тогын өлшеңіз. Кіріс кернеуі мен тогының өзгеруін есептеңіз. Алынған нәтижелер бойынша ОК дифференциалды кіріс кедергісін есептеңіз. Нәтижелерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне енгізіңіз. б). R1 жүктемелі резистордың кедергісін $U_{вых}$ шығыс кернеуі а. т. алынған мәннің жартысына тең болмайынша азайтыңыз. Бұл жағдайда $U_{выхОУ}$ шығу кедергісіне шамамен тең r_l қарсылық мәнін "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз".



Сурет 11.3

4 эксперимент. ОУ Шығыс кернеуінің өсу уақытын өлшеу.

C11_004 файлын ашыңыз. сур. 11.4. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөліміне шығу кернеуінің осциллограммасын көрсетіңіз. Осциллограмма бойынша Шығыс кернеуінің шамасын, оны орнату уақытын анықтаңыз және В/мкс Шығыс кернеуінің өсу жылдамдығын есептеңіз. Нәтижені "Эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз".



Сурет 11.4

Эксперимент нәтижелері

Эксперимент 1. Измерение входных токов.

Ток (I_1) неинвертирующего входа

Измерение



Измерение



Ток (I_2) инвертирующего входа

Расчет по результатам измерений



Средний входной ток I_{BX}

Расчет по результатам измерений



Разность входных токов ОУ ΔI_{BX}

Эксперимент 2. Измерение напряжения смещения.

Выходное напряжение усилителя $U_{ВЫХ}$

Измерение



Расчет



Коэффициент усиления схемы

Расчет по результатам измерений



Напряжение смещения U_{CM}

Эксперимент 3. Измерение входного и выходного сопротивлений.

а).

Входной ток I_{BX} , мкА до переключения ключа

Измерение



Измерение



Входной ток I_{BX} , мкА после переключения ключа

Расчет по результатам измерений



Изменение входного напряжения, мВ

Расчет по результатам измерений



Изменение входного тока, мкА

Расчет по результатам измерений



Входное дифференциальное сопротивление ОУ, Ом

б).

Выходное напряжение $U_{ВЫХ}$, В

Измерение

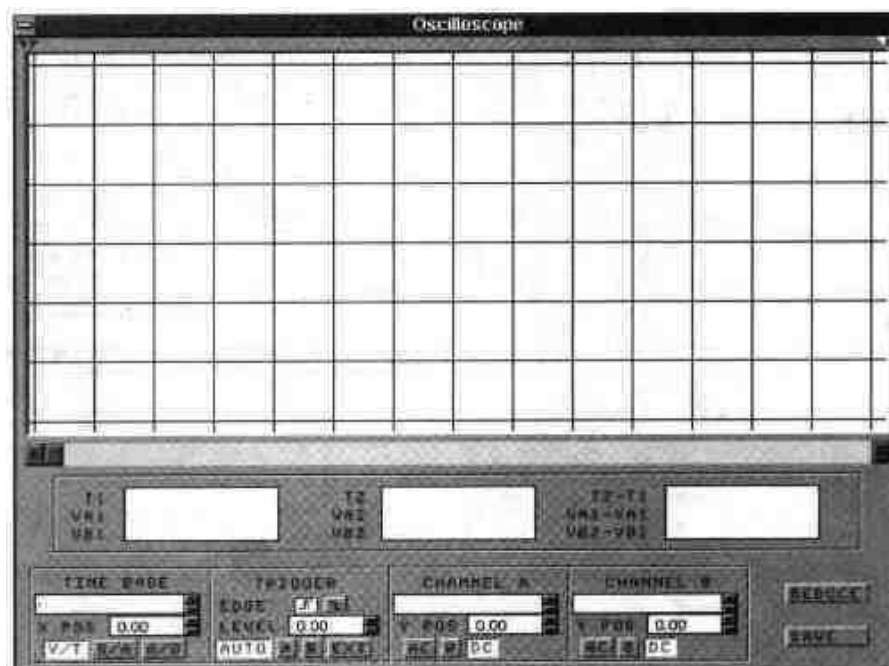


Измерение



Выходное сопротивление ОУ $R_{ВЫХ}$

4 эксперимент. ОУ Шығыс кернеуінің өсу уақытын өлшеу.



Выходное напряжение $U_{\text{вых}}$

Время установления выходного напряжения

Скорость нарастания выходного напряжения ОУ $V_{\text{увых}}$

Измерение



Измерение



Расчет по результатам измерений



Сұрақтар

1. $I_{\text{вх}}$ орташа кіріс тогының өлшенген мәні паспорттық деректерден алынған ОУ LM741 үшін оның номиналды мәнінен өзгеше ма?
2. Оу LM741 үшін номиналды мәннен кіріс тогы айырмасының айырмашылығы айтарлықтай ма?
3. ОУ LM741 үшін номиналды мәнімен ығысу кернеуінің өлшенген мәні сәйкес келе ме?
4. LM741 ОУ паспорттық деректермен өлшенген кіріс кедергісінің шамасын салыстырыңыз.
5. LM741 ОУ паспорттық деректермен өлшенген Шығыс кедергісінің шамасын салыстырыңыз.
6. ОУ кіру және шығу кедергілерінің шамаларын өзара салыстырыңыз. Электр тізбегінің элементі ретінде ОК алмастыру сұлбасы қандай?

7. Шығу кернеуінің өсу жылдамдығының эксперименталды мәні номиналды мәннен өзгеше ма?

8. ОУ кіріс токтарының пайда болу себебі және кіріс токтарының айырмасы неде? ОУ-да схемалардың жұмысы кезінде олар неге әкеледі?



Ескерту. ЖК паспорттық деректері LM741:

- * ОУ орташа кіріс тогы 0,08 мкА;
- * ОУ кіріс токтарының айырмасы 0,02 мкА;
- * ОУ 1 мВ ығысу кернеуі;
- * кіріс кедергісі ОУ 2 Мом;
- * шығу кедергісі ОУ 75 Ом;
- * ОУ 0,5 В/мкс шығу кернеуінің өсу жылдамдығы.

1.2. Түзелмейтін күшейткіштер

Мақсаты

1. ОУ-да инвертирленбейтін күшейткіштің күшейту коэффициентін өлшеу
2. ОУ шығу және кіріс синусоидалы кернеуі арасындағы фазалардың айырмашылығын анықтау.
3. Күшейткіштің күшейту коэффициентінің Шығыс кернеуінің тұрақты құраушысына әсерін зерттеу.

Приборы и элементы

Осциллограф

Функциональный генератор

Источник напряжения

ОУ LM741

Резисторы

ПОЛЕ ПРИБОРОВ

ПОЛЕ ПРИБОРОВ

Passive

Active

Passive

Теориядан қысқаша мәліметтер

Теориядан қысқаша мәліметтер ОУ-да инвертирленбейтін күшейткіштің сұлбасын күшейту коэффициенті (сурет. 11.5) формула бойынша есептеледі:

$$K_y = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

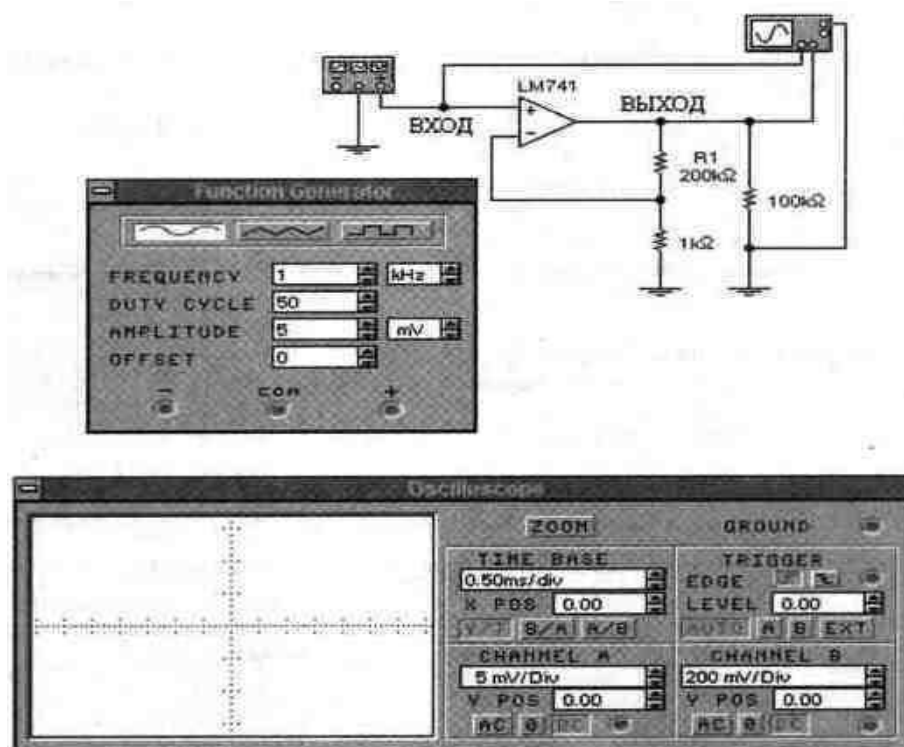
Жаңа күшейткіштің Шығыс кернеуінің тұрақты құраушысы UCM ығысу кернеуінің ку сұлбасын күшейту коэффициентіне көбейтумен анықталады:

$$U_{\text{ОВЫХ}} = U_{\text{СМ}} \cdot K_y$$

Эксперимент жүргізу тәртібі.

1 эксперимент. Синусоидалды кернеуді күшейту режимінде инвертирленбеген күшейткіштің жұмысы.

Суреттегі кестемен c11_005 файлын ашыңыз. 11.5. Схема компоненттерінің параметрлерінің берілген мәндері бойынша күшейткіштің K_y кернеуін күшейту коэффициентін есептеңіз. Сызбаны қосыңыз. Кіріс $U_{\text{ВХ}}$ амплитудасын және Шығыс $U_{\text{ВЫХ}}$ синусоидалды кернеулерді өлшеңіз. Сонымен қатар, $U_{\text{ОВЫХ}}$ Шығыс кернеуінің тұрақты құраушысын және кіріс және шығыс кернеулерінің арасындағы фазалардың айырмашылығын өлшеңіз. Өлшеу нәтижелері бойынша күшейткіштің K_y кернеуі бойынша күшейту коэффициентін есептеңіз. Нәтижелерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне енгізіңіз. 11.1-бөлімде есептелген $U_{\text{СМ}}$ ығысу кернеуінің мәнін және күшейту коэффициентінің есептелген теориялық мәнін пайдалана отырып, u шығыстық кернеуінің тұрақты құраушысын есептеңіз."



2 эксперимент. Сұлба параметрлерінің оның жұмыс режиміне әсерін зерттеу.

Суретте келтірілген схемада. 11.5, R_1 кедергісінің мәнін 100кОм пен 10кОм дейін азайтыңыз, генератордың синусоидалы кернеуінің амплитудасы 100 мВ дейін ұлғайтыңыз. А 100 мV/div осциллографтың кірісіндегі кернеу ауқымын, ал В - 500 мV/div арнасында орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. Жаңа компоненттер параметрлерінде эксперименттің барлық операцияларын қайталаңыз. Нәтижелерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне енгізіңіз".

Эксперимент нәтижелері

1 эксперимент. Синусоидалды кернеуді күшейту режимінде инвертирленбеген күшейткіштің жұмысы.

Коэффициент усиления K_u	Расчет 	Расчет по результатам измерений 
Амплитуда входного напряжения $U_{вх}$		Измерение 
Амплитуда выходного напряжения $U_{вых}$		Измерение 
Пост. составляющая вых. напряжения $U_{овых}$	Расчет по результатам измерений 	Измерение 
Разность фаз между входным и выходным напряжением		Измерение 

2 эксперимент. Сұлба параметрлерінің оның жұмыс режиміне әсерін зерттеу.

Коэффициент усиления K_u	Расчет 	Расчет по результатам измерений 
Амплитуда входного напряжения $U_{вх}$		Измерение 
Амплитуда выходного напряжения $U_{вых}$		Измерение 
Пост. составляющая вых. напряжения $U_{овых}$	Расчет по результатам измерений 	Измерение 
Разность фаз между входным и выходным напряжением		Измерение 

Сұрақтар

1. Сұлбасының күшейту коэффициенті үшін өрнек қандай шарттардан шығарылады. 11.57 суретінде
2. ОУ-да инвертирленбейтін күшейткіштің кіріс және шығыс сигналдарының арасындағы фазалардың айырмашылығы қандай?
3. 11.5 Шығыс кернеуінің өлшенген және есептелген тұрақты құраушысының мәндеріндегі айырмашылық елеулі ма?
4. Суреттегі 11.5 схемасының Шығыс кернеуінің тұрақты құраушысы анықталады?
5. Қандай Electronics Workbench құралының көмегімен ОУ-да схеманы күшейту коэффициентін эксперименталды өлшеуге болады?

1.3. Инверторлы күшейткіш

Мақсаты

1. ОУ-да инвертирлеуші күшейткіштің күшейту коэффициентін өлшеу.
2. ОУ шығу және кіріс синусоидалы кернеуі арасындағы фазалардың айырымын анықтау
3. Шығыс кернеуінің тұрақты құраушысына схеманы күшейту коэффициентінің әсерін зерттеу.

Приборы и элементы

Осциллограф

Функциональный генератор

ОУ LM741

Резисторы



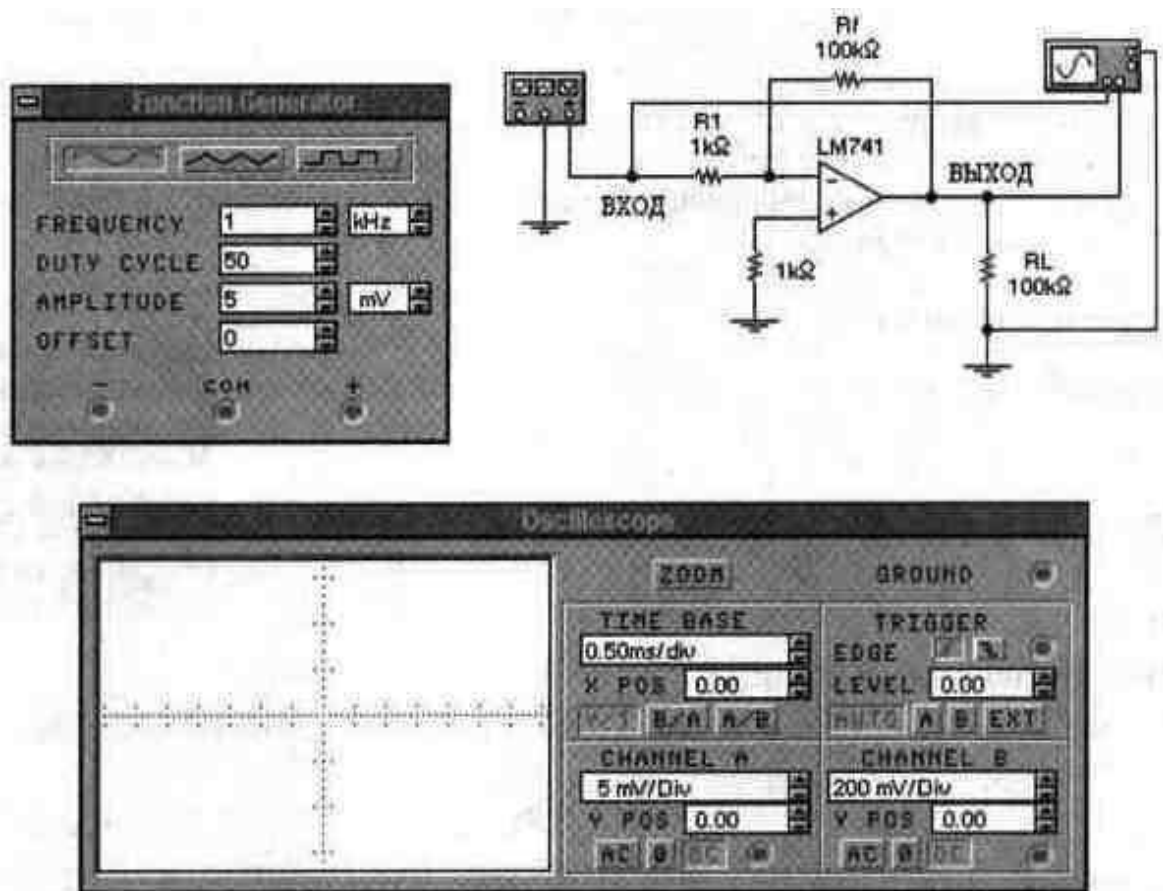
Теориядан қысқаша мәліметтер

Теориядан қысқаша мәліметтер кері байланысы бар ОУ-да инверторлы күшейткіштің күшейту коэффициенті (сурет. 11.в) формула бойынша есептеледі:

$$K_y = \frac{R_r}{R_1}$$

Формуладағы "минус" белгісі инвертирлеуші күшейткіштің шығыс кернеуі кіріс кернеуі бар противофазада тұрғанын білдіреді. У күшейткіштің шығыстық кернеуінің тұрақты құраушысы $U_{см}$ ығысу кернеуі мен K_u сұлбасының күшейту коэффициентіне байланысты және мына формула

бойынша есептеледі: $U_{\text{ОВЫХ}} = U_{\text{см}K_y}$ эксперимент жүргізу тәртібі 1. Синусоидальды кернеуді күшейту режиміндегі күшейткіштің жұмысы. Суреттегі кестемен c11_006 файлын ашыңыз. 11.6. Сұлбаның компоненттерінің параметрлерінің мәндері бойынша күшейткіштің K_u кернеуін күшейту коэффициентін есептеңіз. Сызбаны қосыңыз. Кіріс $U_{\text{ВХ}}$ амплитудасын және Шығыс $U_{\text{ВЫХ}}$ синусоидальды кернеуді өлшеңіз. Өлшеу нәтижелері бойынша күшейткіштің K_y кернеуі бойынша күшейту коэффициентін есептеңіз. Нәтижелерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне енгізіңіз. 11.1-бөлімде алынған $U_{\text{см}}$ ығысу кіріс кернеуінің мәнін және пайда болған күшейту коэффициентінің мәнін пайдалана отырып, U шығыстық кернеудің тұрақты құраушысын есептеңіз. Есептеу нәтижелерін "эксперимент нәтижелері" бөліміне енгізіңіз".



Сурет 11.6

2 эксперимент. Сұлба параметрлерінің оның жұмыс режиміне әсерін зерттеу. $R1$ кедергісінің мәнін 10 кОм - ге тең, генератордың синусоидальды кернеуінің амплитудасы- 100 мВ орнатыңыз. 100 мВ/div осциллографтың кіруіне кернеу ауқымын, ал $B - 500 \text{ мВ/div}$ арнасында орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. Схеманың жаңа параметрлері үшін эксперименттің барлық өлшеулерін және есептеулерін қайталаңыз 1. Нәтижелерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне енгізіңіз".

Эксперимент нәтижелері

1 эксперимент. Синусоидалды кіріс сигналын күшейту режимінде күшейткіштің жұмысы.

Коэффициент усиления K_u	Расчет 	Расчет по результатам измерений 
Амплитуда входного напряжения $U_{вх}$		Измерение 
Амплитуда выходного напряжения $U_{вых}$		Измерение 
Пост. составляющая вых. напряжения $U_{вых}$	Расчет по результатам измерений 	Измерение 
Разность фаз между входным и выходным напряжением		Измерение 

2 эксперимент. Схема параметрлерінің оның жұмыс режиміне әсерін зерттеу.

Коэффициент усиления K_u	Расчет 	Расчет по результатам измерений 
Амплитуда входного напряжения $U_{вх}$		Измерение 
Амплитуда выходного напряжения $U_{вых}$		Измерение 
Пост. составляющая вых. напряжения $U_{вых}$	Расчет по результатам измерений 	Измерение 
Разность фаз между входным и выходным напряжением		Измерение 

Сұрақтар

1. 11.6 суретте сұлбаның күшейту коэффициентін қалай есептеу керек?
2. Қалай өлшеуге айырмашылық фазалардың арасындағы кіріс және шығу кернеуі схемасы 11.6 суретте көрсетілген?
3. Шығыс кернеуінің өлшенген және есептелген тұрақты құрамдасы арасындағы айырмашылықтарды бағалаңыз.
4. 1 экспериментте өлшенген Шығыс кернеуінің амплитудасының қанша пайызы шығу кернеуінде тұрақты құрамдасты құрайды?

5. 11.6 суреттегі схеманың қандай параметрлері. оның күшейту коэффициентіне әсер етеді?

6. Суретте 11.6 сұлбасының күшейту коэффициенті қалай әсер етеді. шығу кернеуінің тұрақты құраушысына?

1.4. Компараторлар

Мақсаты

1. Нөлдік деңгейдегі детекторлар сызбаларын зерттеу.
2. Нөлдік емес деңгейдегі детекторлар сызбаларын зерттеу.

Приборы и элементы

Вольтметр

Амперметр

Осциллограф

Функциональный генератор

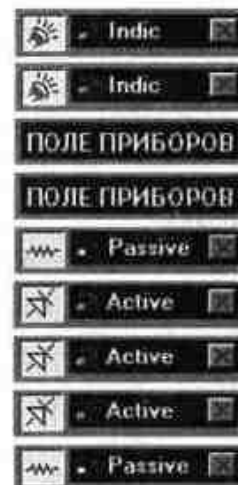
Источник постоянной ЭДС

Операционные усилители

Диоды

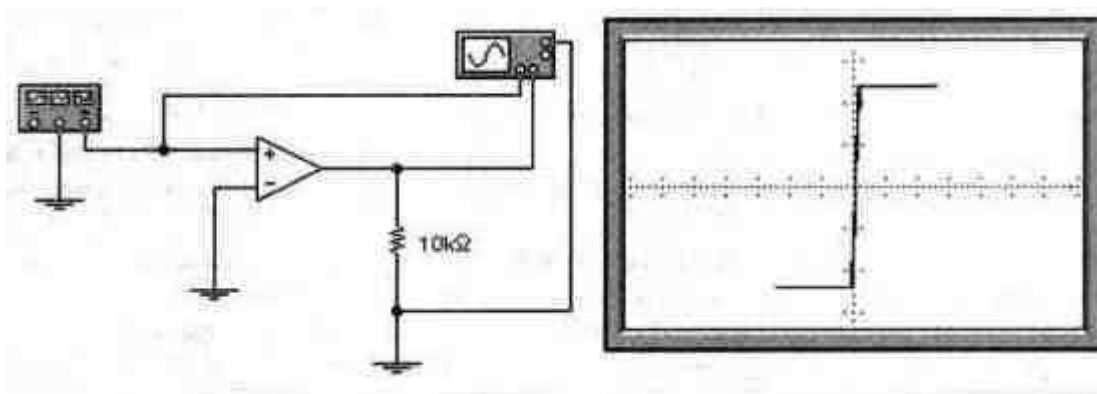
Стабилитрон 1N4733

Резисторы

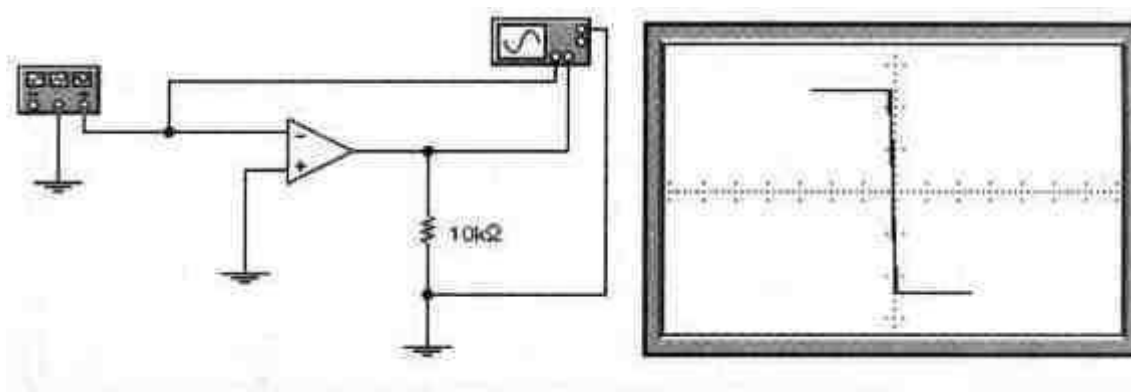


Теориядан қысқаша мәліметтер.

Компаратордың функционалдық мақсаты кіріс кернеуінің кейбір шекті мәнінен өту кезінде шығу жағдайының өзгеруінен тұрады. Компаратор ретінде ОУ қолданылуы мүмкін. Бұл ретте ОУ шекті жақын маңда ғана күшейткіш режим аймағынан өтіп, Шығыс кернеуінің оң немесе теріс шектеуі аймағында басым түрде жұмыс істейді. Бұл бөлімде операциялық күшейткіштер негізінде құрылған компараторлардың негізгі схемалары зерттеледі. – Сурет 11.7 және 11.8 нөлге жақын шекті кернеуі бар нөлдік деңгейдегі детекторлардың схемалары мен сипаттамаларының түрлері келтірілген. Сұлбалар ОК кіруіне кіріс сигналын беру тәсілімен ажыратылады. Кіріс сигналын беру үшін ОК түрлі кірулерін пайдалану компаратор шығысындағы кернеудің оң немесе теріс ауытқуымен кіріс кернеуінің деңгейін бекітуді іске асыруға мүмкіндік береді.

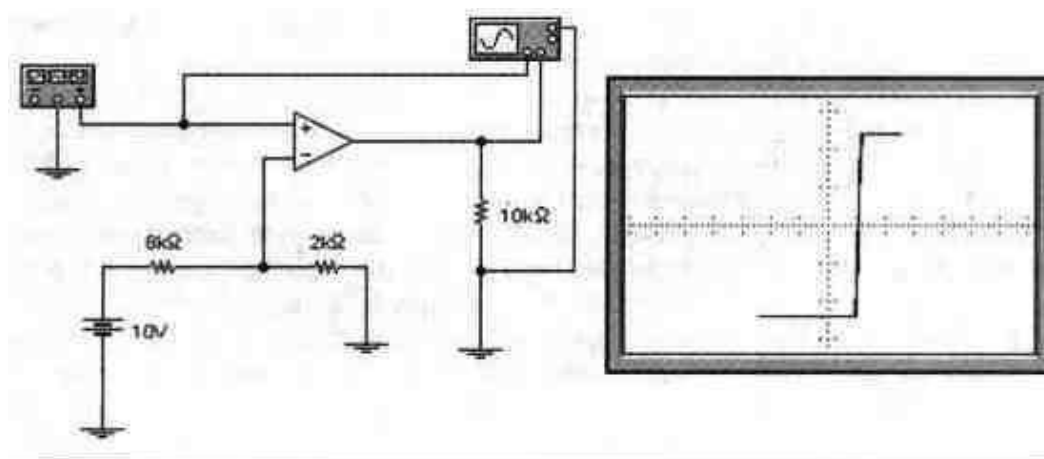


Сурет 11.7

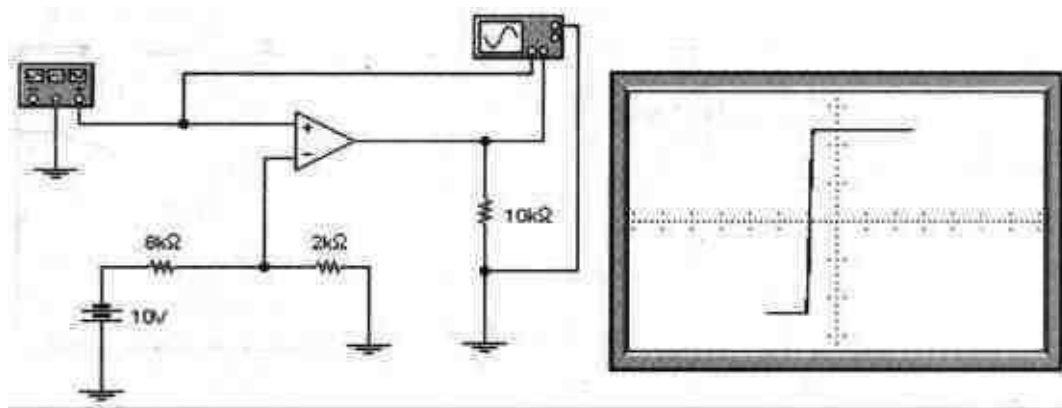


Сурет 11.8

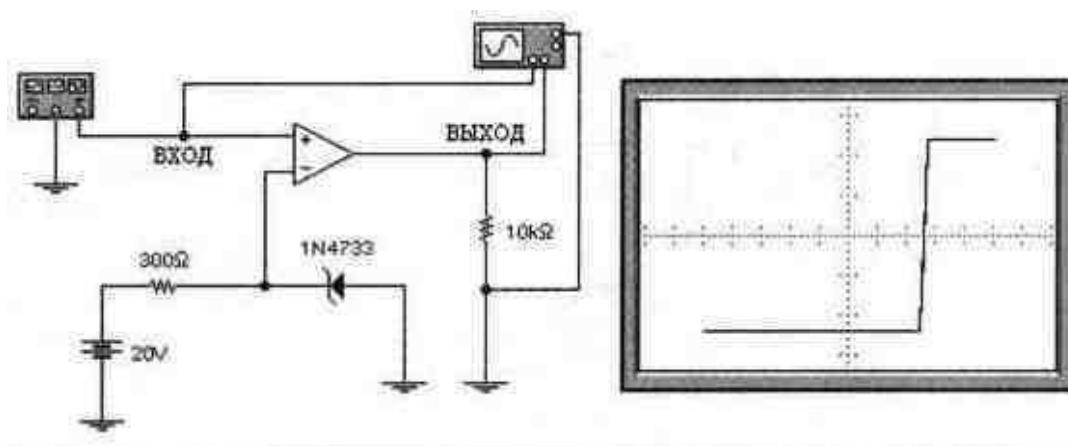
Суретте "шығыс-кіріс" сипаттамасының түрі келтірілген. Тік ось бойынша шығу кернеуі, көлденең ось бойынша - Кіру кернеуі қалдырылады. Сипаттамалардың көлбеуі шығу кернеуінің соңғы жылдамдығымен байланысты. 11.9 және 11.10-суретте кіріс кернеуінің оң және теріс деңгейлерінің детекторлары сипаттамаларының түрлері мен сұлбалары келтірілген. Осы схемалардағы кіріс кернеуінің шекті деңгейі ОК инвертирленетін кіріске берілетін ығысу кернеуінің шамасымен беріледі. Ығысу кернеуі 11.11-суретте көрсетілгендей тұрақтандырғышпен берілуі мүмкін.



Сурет 11.9



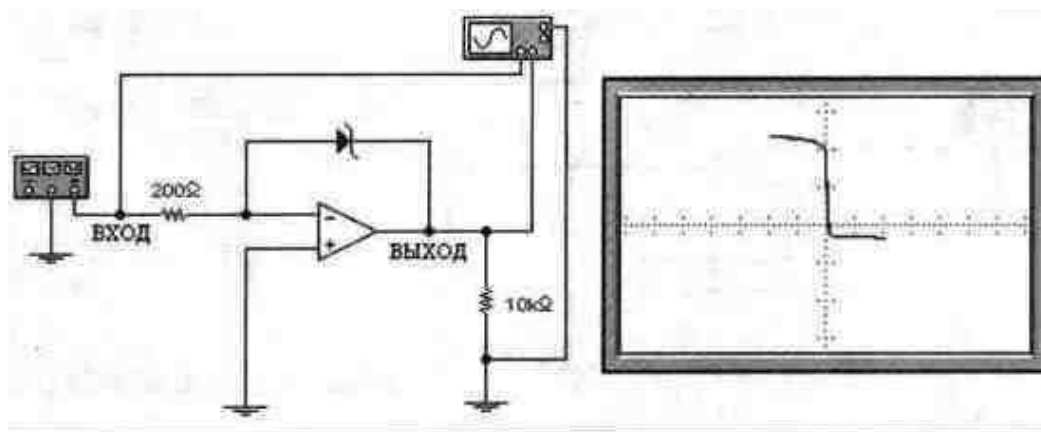
Сурет 11.10



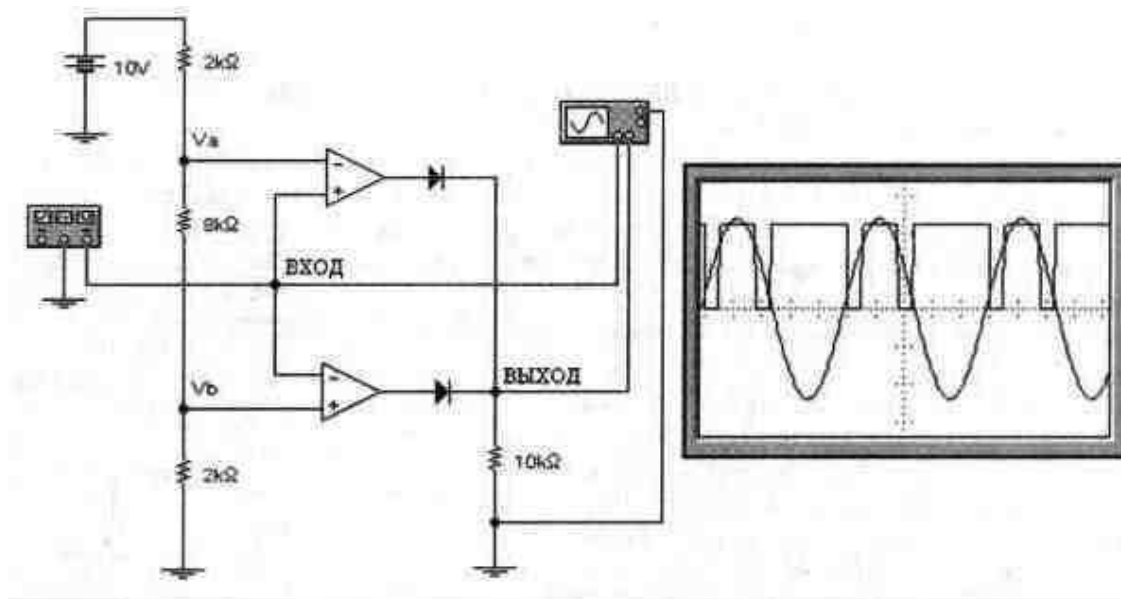
Сурет 11.11

Шығыс кернеуінің максималды және минималды мәні сыртқы элементтердің көмегімен берілуі мүмкін. 11.12-суретте тұрақтандырғыштың көмегімен Шығыс кернеуінің деңгейін белгілеумен нөлдік кернеу детекторының сұлбасы келтірілген. 11.13 суретте көрсетілген Компаратор белгілі бір мән диапазонында кіріс кернеуінің болуын белгілеуге мүмкіндік береді. Егер кіріс кернеуі сыртқы элементтермен орнатылған шектік мәндер шегінде өзгерсе, онда шығыс кернеуі төмен деңгейде болады. Шектік мәндердің белгіленген шегінен шығу кезінде шығыс кернеуі жоғары деңгейге өзгереді. Компараторлармен жұмыс істеу кезінде шығу кернеуінің деңгейін бір рет өзгертудің орнына кіріс кернеуінің шектік мәніне жеткенде шығу кернеуінің деңгейлері арасында жылдам тербелістер орын алуы мүмкін, әсіресе кіріс сигналында Елеулі шу болған жағдайда. Мұндай құбылыс кейбір схемалардың қалыпты жұмыс істеуі бұзылуы мүмкін. Егер компаратордың сипаттамасы гистерезис болса, оны болдырмауға болады. Мұндай схемалардың бірі-триггер Шмитт. Кесте және оның сипаттамасы 11.14 суретте көрсетілген. Шектеудің бірдей кернеуі бар идеалды ОУ үшін кіріс шектік кернеудің оң мәні мынадай формула бойынша есептелуі мүмкін:

$$U_1 = \frac{E \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



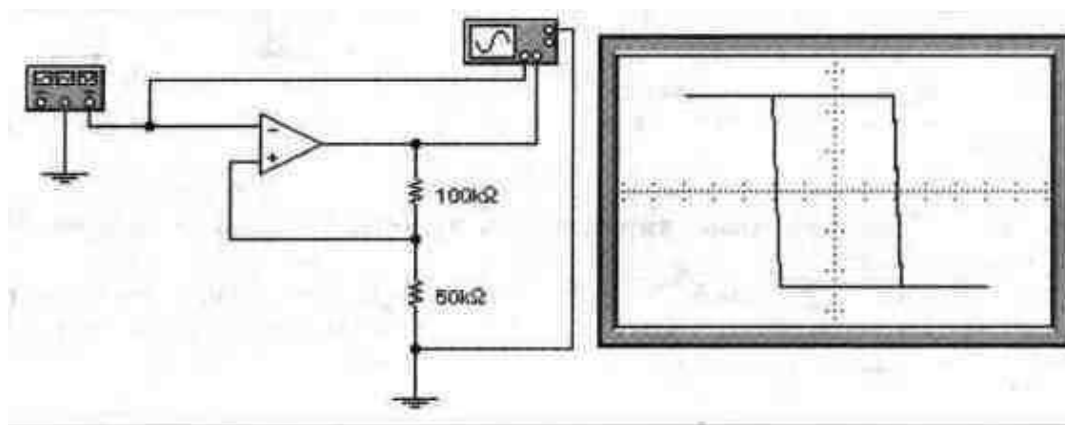
Сурет 11.12



Сурет 11.13

$$U_2 = -\frac{E \cdot R_2}{R_1 + R_2} = -U_1$$

Кіріс шектік кернеудің теріс мәні мына өрнектермен анықталады: E - ОУ шектеудің кернеуі. Барлық қарастырылған сұлбалар үшін олардың жұмысын талдауды екі сипаттама бойынша жүзеге асыруға болады. Олардың біріншісі кіріс-шығыс сипаттамасы болып табылады және статикалық режимде схеманың кіріс және шығыс кернеуінің арасындағы қатынасты белгілейді. Осциллограф экранында мұндай сипаттаманы бақылау үшін схеманың шығуына қосылған арнадан сигналды тік ось бойынша қою қажет, ал схеманың кіруіне қосылған арнадан сигналды көлденең ось бойынша, схеманың кіруіне синусоидалы кернеу беріледі. Шығыс кернеуін ауыстырып қосу динамикасын кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары бойынша көруге болады. Осы сипаттаманы алу кезінде схеманың кіруіне синусоидалы кернеу беріледі және екі сәулелі осциллографпен кіріс және шығыс кернеуі тіркеледі.

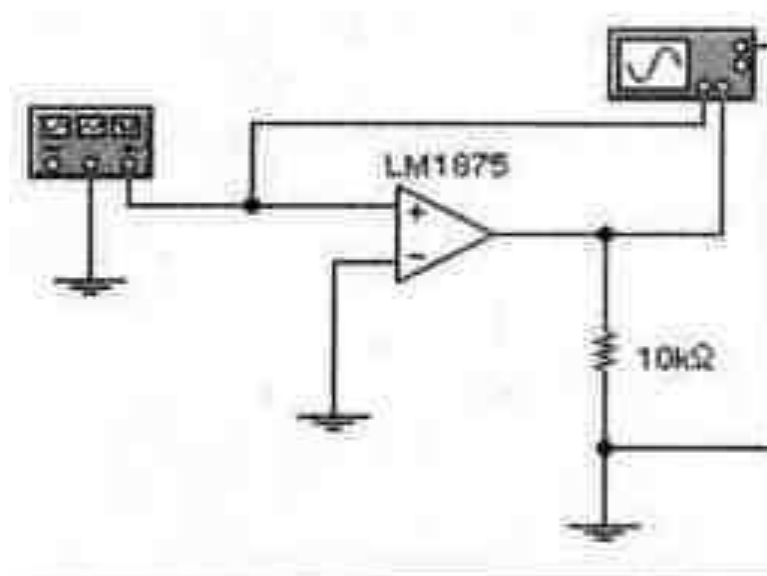


Сурет 11.14

Эксперимент жүргізу тәртібі.

1 эксперимент. Нөлдік деңгейдегі детектордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Сипаттамасы шығу-кіру. Суреттегі кестемен c11_007 файлын ашыңыз. 11.15. Сызбаны қосыңыз. Экранда алынған сипаттамада Y осі (в арнасы) бойынша сәуленің ауытқуы x осі (а арнасы) бойынша $U_{\text{вых}}$ - а шығу кернеуімен - кіріс $U_{\text{вх}}$ анықталады. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде шығу-кірісін сипаттаңыз және шекті кернеуді анықтаңыз.

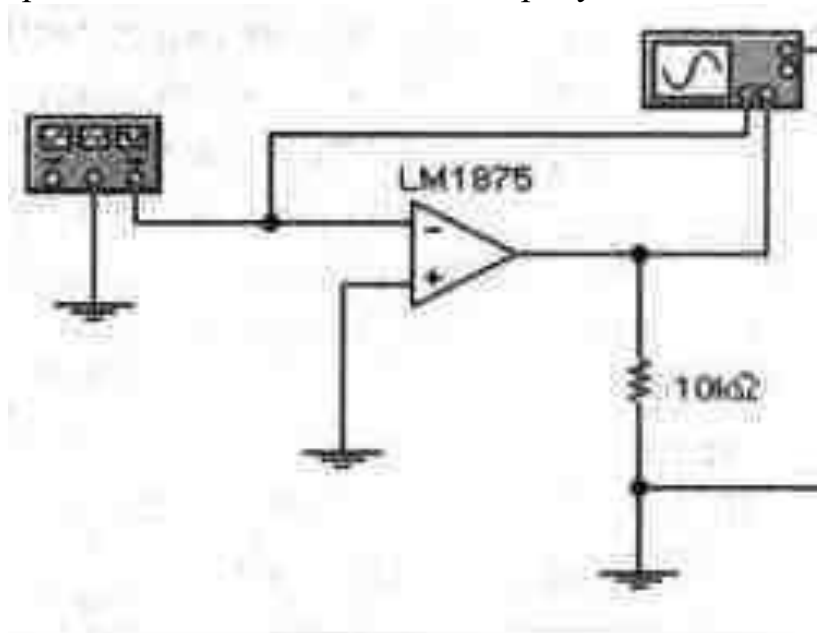


Сурет 11.15

б). Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары. Осциллографты Y/T режиміне ауыстырыңыз, A 2 V/div кірісіндегі кернеу ауқымын орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс $U_{\text{вх}}$ және шығу $U_{\text{вых}}$ кернеуінің алынған осциллограммаларын суреттеңіз. $U_{\text{вх}}$ кіріс кернеуінің шекті мәнін анықтаңыз және оны алдыңғы тармақта анықталған мәнмен салыстырыңыз. Шекті кернеудің мәнін "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз.

2 эксперимент. Нөлдік деңгейдегі детектордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Сипаттамасы шығу-кіру. 11.16-суретте бейнеленген сызбасымен c11_008 файлын ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде шығу-кірісін сипаттаңыз және шекті кернеуді анықтаңыз.



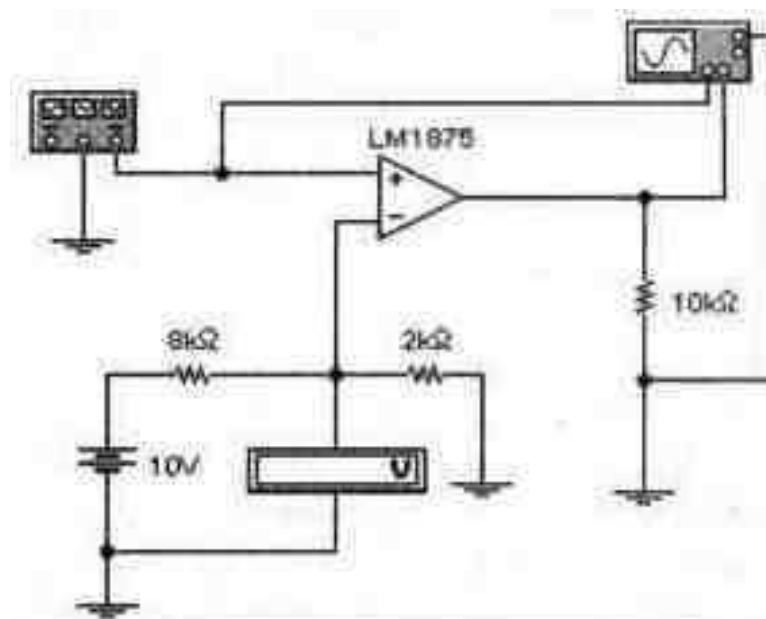
Сурет 11.16

б). Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары. Осциллографты Y/T режиміне ауыстырыңыз, A 2 V/div кірісіндегі кернеу ауқымын орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс $U_{вх}$ және шығу $U_{вых}$ кернеуінің алынған осциллограммаларын суреттеңіз. $U_{вх}$ кіріс кернеуінің шекті мәнін анықтаңыз және оны алдыңғы тармақта анықталған мәнмен салыстырыңыз. Шекті кернеудің мәнін "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз.

3 эксперимент. Оң тірек кернеулі компаратордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Сипаттамасы шығу-кіру. 11.17 суретте көрсетілген сызбамен c11_009 файлын ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде шығу-кірісін сипаттаңыз және шекті кернеуді анықтаңыз.

б). Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары. Осциллографты Y/T режиміне ауыстырыңыз, A 2 V/div кірісіндегі кернеу ауқымын орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс $U_{вх}$ және шығу $U_{вых}$ кернеуінің алынған осциллограммаларын суреттеңіз. $U_{вх}$ кіріс кернеуінің шекті мәнін анықтаңыз және оны алдыңғы тармақта анықталған мәнмен салыстырыңыз. Шекті кернеудің мәнін "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз.

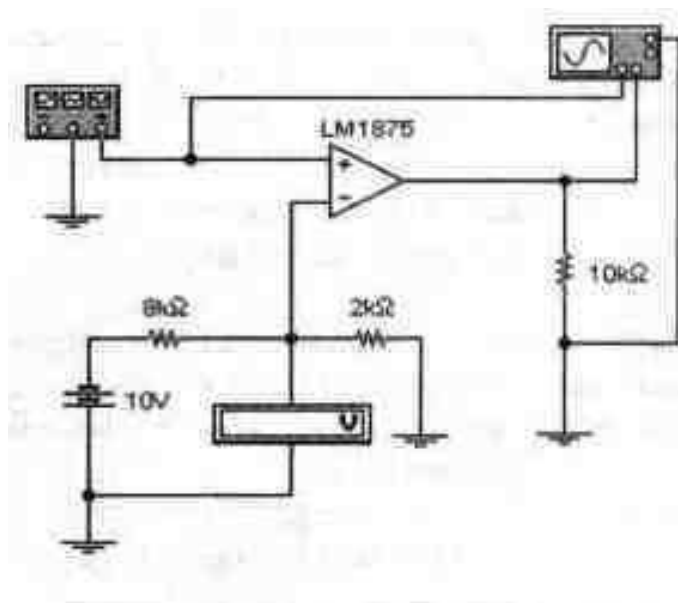


Сурет 11.17

4 эксперимент.. Кері тірек кернеулі компаратордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Сипаттамасы шығу-кіру. 11.18-суретте көрсетілген сызбамен c11_010 файлын ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде шығу-кірісін сипаттаңыз және шекті кернеуді анықтаңыз.

б). Кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммалары. Осциллографты Y/T режиміне ауыстырыңыз, А 2 V/div кірісіндегі кернеу ауқымын орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс $U_{\text{вх}}$ және шығу $U_{\text{вых}}$ кернеуінің алынған осциллограммаларын суреттеңіз. $U_{\text{вх}}$ кіріс кернеуінің шекті мәнін анықтаңыз және оны алдыңғы тармақта анықталған мәнмен салыстырыңыз. Шекті кернеудің мәні "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз".

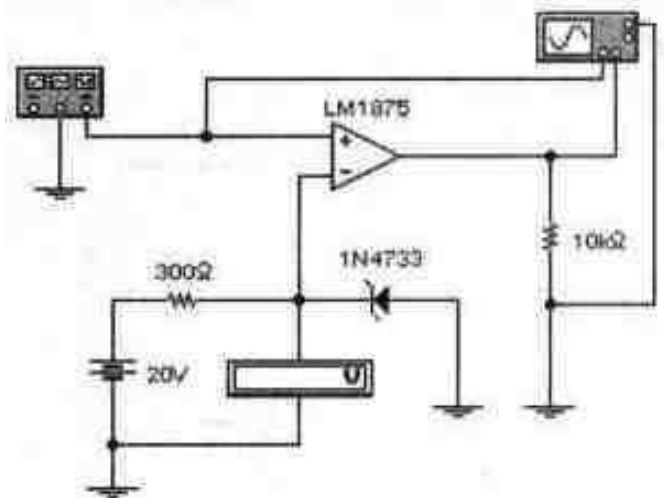


Сурет 11.18

5 эксперимент. Тұрақтандырғышпен берілетін тірек кернеулі компаратордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Сипаттамасы шығу-кіру. 11.19 суретте көрсетілген сызбамен c11_011 файлын ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде шығу-кірісін сипаттаңыз және шекті кернеуді анықтаңыз.

б). Осциллограммалар, кіріс және шығыс кернеу. Осциллографты Y/T режиміне ауыстырыңыз, А 2 V/div кірісіндегі кернеу ауқымын орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс $U_{вх}$ және шығу $U_{вых}$ кернеуінің алынған осциллограммаларын суреттеңіз. $U_{вх}$ кіріс кернеуінің шекті мәнін анықтаңыз және оны алдыңғы тармақта анықталған мәнмен, сондай-ақ стабилитронның тұрақтандыру кернеуімен салыстырыңыз. Шекті кернеудің мәнін "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз.

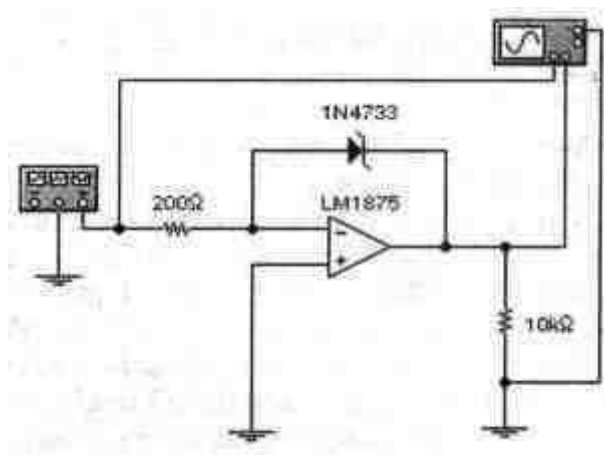


Сурет 11.19

6 эксперимент. Шығыс кернеуін бекітумен компаратордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары. 11.20-суретте көрсетілген сызбамен c11_012 файлын ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеуінің алынған осциллограммаларын суреттеңіз. Осциллограммалар бойынша шығу кернеуінің деңгейін және шекті кернеуді анықтаңыз.

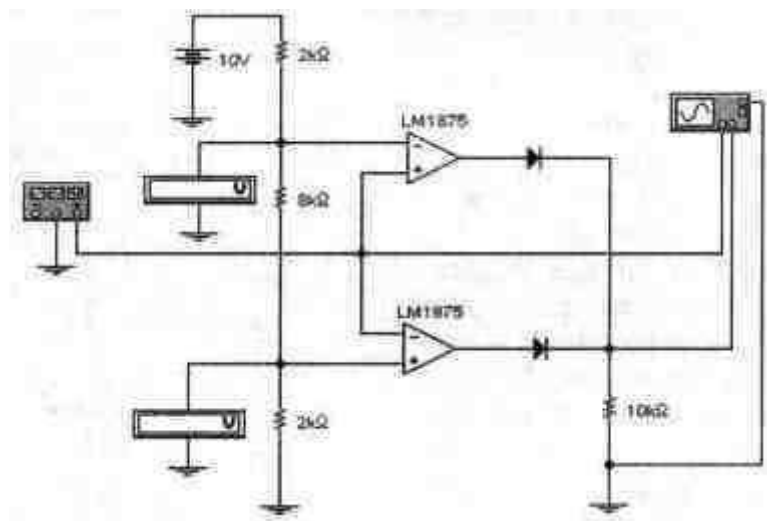
б). Стабилитронды кері қосу кезіндегі кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары. Сурет схемасында. 11.20 стабилитронды қосу бағытын керісінше өзгертіңіз. Сызбаны қосыңыз. А) тармағының операцияларын қайталаңыз және нәтижелерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне енгізіңіз.



Сурет 11.20

7 эксперимент. Кіріс кернеуінің бекітілген аймағы бар компаратордың сипаттамаларын зерттеу.

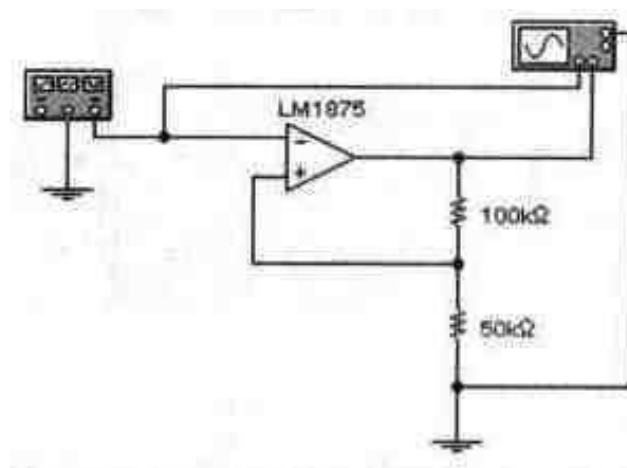
а). Кіріс кернеуінің осциллограммасы. С11_013 файлын ашыңыз. 11.21 сурет. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс $U_{вх}$ және шығу $U_{вых}$ кернеуінің алынған осциллограммаларын суреттеңіз. $U_{нижн}$ және $U_{верхн}$ шекті кернеуді анықтаңыз.



Сурет11.21

8 эксперимент. Шмитт триггерінің сипаттамаларын зерттеу.

а). шығу-кіру сипаттамасы. 11.22 суретте көрсетілген сызбамен с11_014 файлын ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. Шығу-кіріс сипаттамасын "эксперимент нәтижелері" бөлімінде сипаттаңыз және шекті кернеудің жоғарғы және төменгі мәнін анықтаңыз.



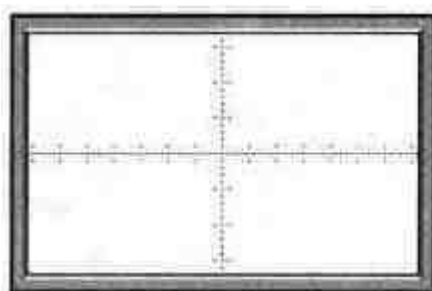
Сурет 11.22

б). Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары. Осциллографты Y/T режиміне ауыстырыңыз, А 2 V/div кірісіндегі кернеу ауқымын орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс $U_{вх}$ және шығу $U_{в}$ кернеуінің алынған осциллограммаларын суреттеңіз. Осциллограммалар бойынша шекті кернеулердің мәнін анықтаңыз және оларды алдыңғы тармақта анықталған мәндермен салыстырыңыз. Шекті кернеулердің мәндерін "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз".

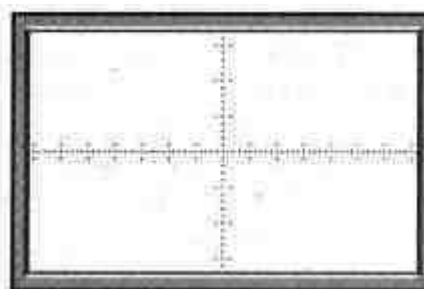
Эксперимент нәтижелері

1 эксперимент. Нөлдік деңгейдегі детектордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Кіріс-шығу сипаттамасы.



б). Осциллограммалар.



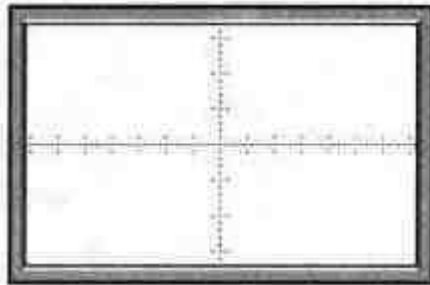
Пороговое напряжение $U_{п}$, В

Измерение



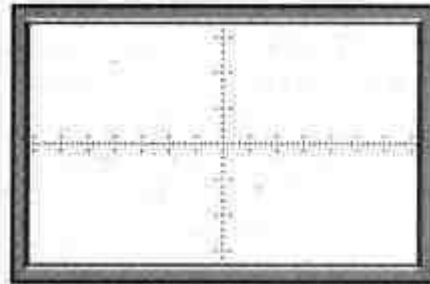
2 эксперимент. Нөлдік деңгейдегі детектордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Кіріс-шығу сипаттамасы.



Пороговое напряжение $U_{п}$, В

б). Осциллограммалар.

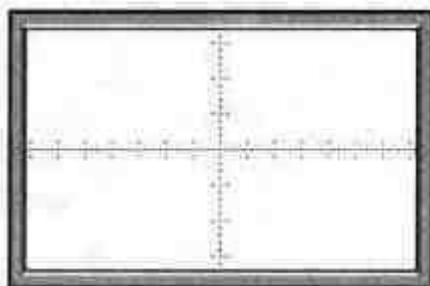


Измерение



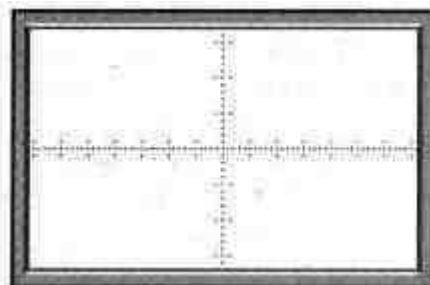
3 эксперимент. Оң тірек кернеулі компаратордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Кіріс-шығу сипаттамасы.



Пороговое напряжение $U_{п}$, В

б). Осциллограммалар.

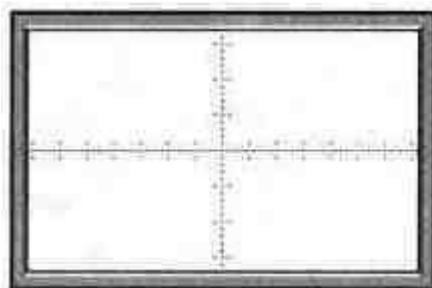


Измерение

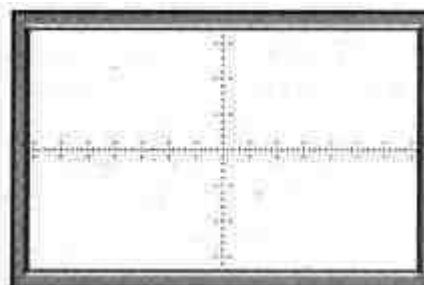


4 эксперимент. Теріс тірек кернеулі компаратордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Кіріс-шығу сипаттамасы.



б). Осциллограммалар.



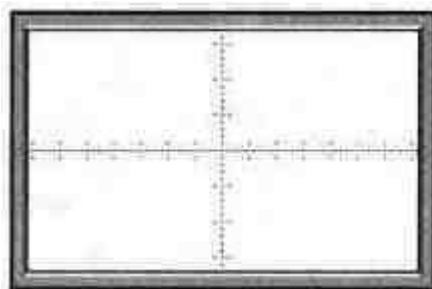
Пороговое напряжение $U_{п}$, В

Измерение

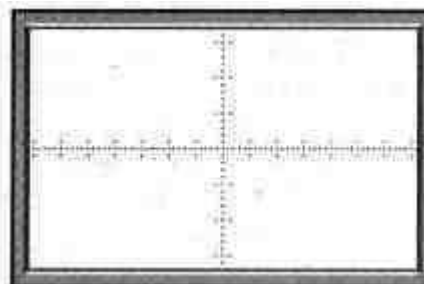


5 эксперимент. Стабилитронды беретін тірек кернеулі компаратордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Кіріс-шығу сипаттамасы.



б). Осциллограммалар.



Пороговое напряжение $U_{п}$, В

Измерение



6 эксперимент. Шығыс кернеуін бекітумен компаратордың сипаттамаларын зерттеу.

а) Стабилитронды тікелей қосқан кезде

Уровни выходного напряжения, В

Пороговое напряжение $U_{п}$, В

Измерение



Измерение



Измерение



б) Стабилитронды кері қосқанда

Уровни выходного напряжения, В

Пороговое напряжение $U_{п}$, В

Измерение



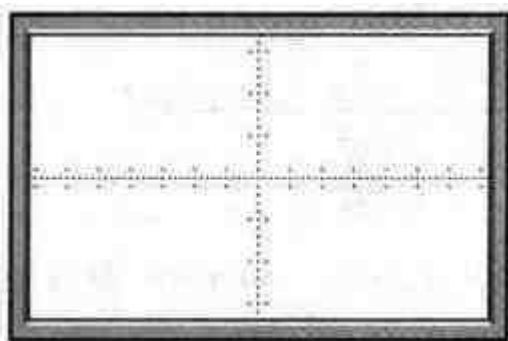
Измерение



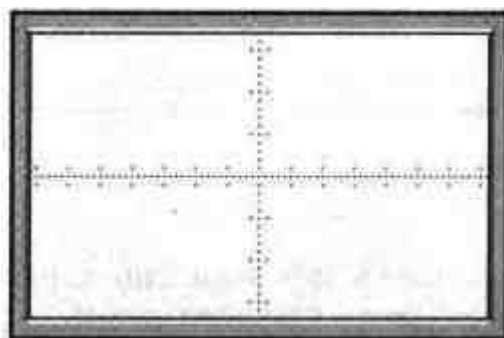
Измерение



а). Стабилитронды тікелей қосқан кезде осциллограммалар.

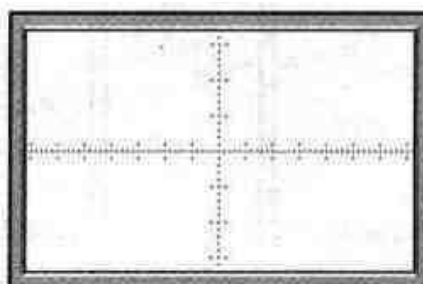


б). Стабилитронды кері қосқанда осциллограммалар.



7 эксперимент. Кіріс кернеуінің тіркелген аймағы бар компаратордың сипаттамаларын зерттеу.

а). Осциллограммалар.



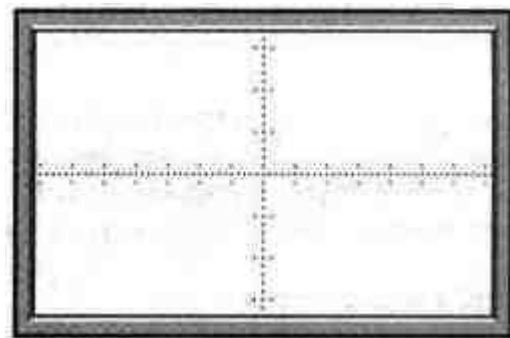
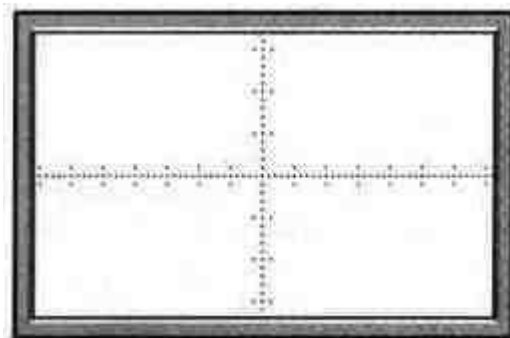
Верхний уровень порогового напряжения $U_{\text{верхн}}, \text{В}$	Измерение
Нижний уровень порогового напряжения $U_{\text{нижн}}, \text{В}$	Измерение

8 эксперимент. Триггер Шмитт сипаттамаларын зерттеу.

Верхний уровень порог. напр. $U_{\text{верхн}}, \text{В}$	Расчет	Измерение
Нижний уровень порог. напр. $U_{\text{нижн}}, \text{В}$	Расчет	Измерение

а). Кіріс-шығу сипаттамалары

б). Осциллограммалар.



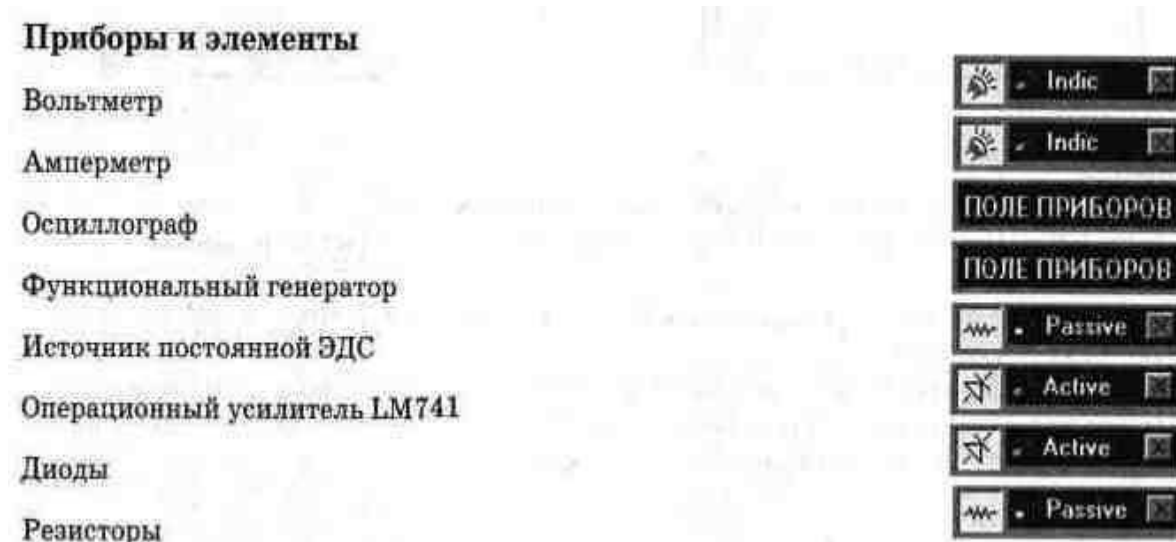
Сұрақтар

1. Компараторлардың сұлбаларында ОК қолдану ерекшеліктері қандай?
2. Кіріс кернеуінің оң деңгейіндегі детекторлар сұлбаларын құру тәсілдерін атаңыз.
3. ОУ негізінде деңгей детекторларының схемаларында кіріс кернеуінің шектерін тапсырманың дәлдігі неде?
4. Кіріс кернеуінің бекітілген аймағы бар компаратордың жұмысы неде?
5. Компараторда триггер Шмитт негізінде кіріс кернеуінің шектерінің деңгейін әртүрлі етуге бола ма? Егер ия болса, қалайша?

1.5. ОУ-да схемаларда кернеуді жиынтықтау

Мақсаты

1. ОУ-да қосушы күшейткіштің сұлбасының жұмысын талдау.
2. Екі тұрақты кіріс кернеулерінің қосылымын зерттеу.
3. Тұрақты және айнымалы кіріс кернеуінің жинақталуын зерттеу.
4. Екі айнымалы кіріс кернеулерінің жинақталуын зерттеу.



Теориядан қысқаша мәліметтер.

11.23 суретте көрсетілген жиынтықтаушы күшейткіштегі теориядан қысқаша мәліметтер. Кіріс токтарын және ығысу кернеуін елеместен, келесі қатынастар орындалады:

$$\begin{aligned}I_1 &= \frac{U_1}{R_1}; \\I_2 &= \frac{U_2}{R_2} \\I &= I_1 + I_2 \\I_{oc} &= I_1 + I_2 = -\frac{U_{\text{вых}}}{R_{oc}}\end{aligned}$$

Алынған қатынастардан шығу кернеуі үшін келесі өрнек алуға болады:

$$U_{\text{вых}} = -(I_1 + I_2) \cdot R_{oc} = -\left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right) \cdot R_{oc} = -\frac{R_{oc}}{R} (U_1 + U_2)$$

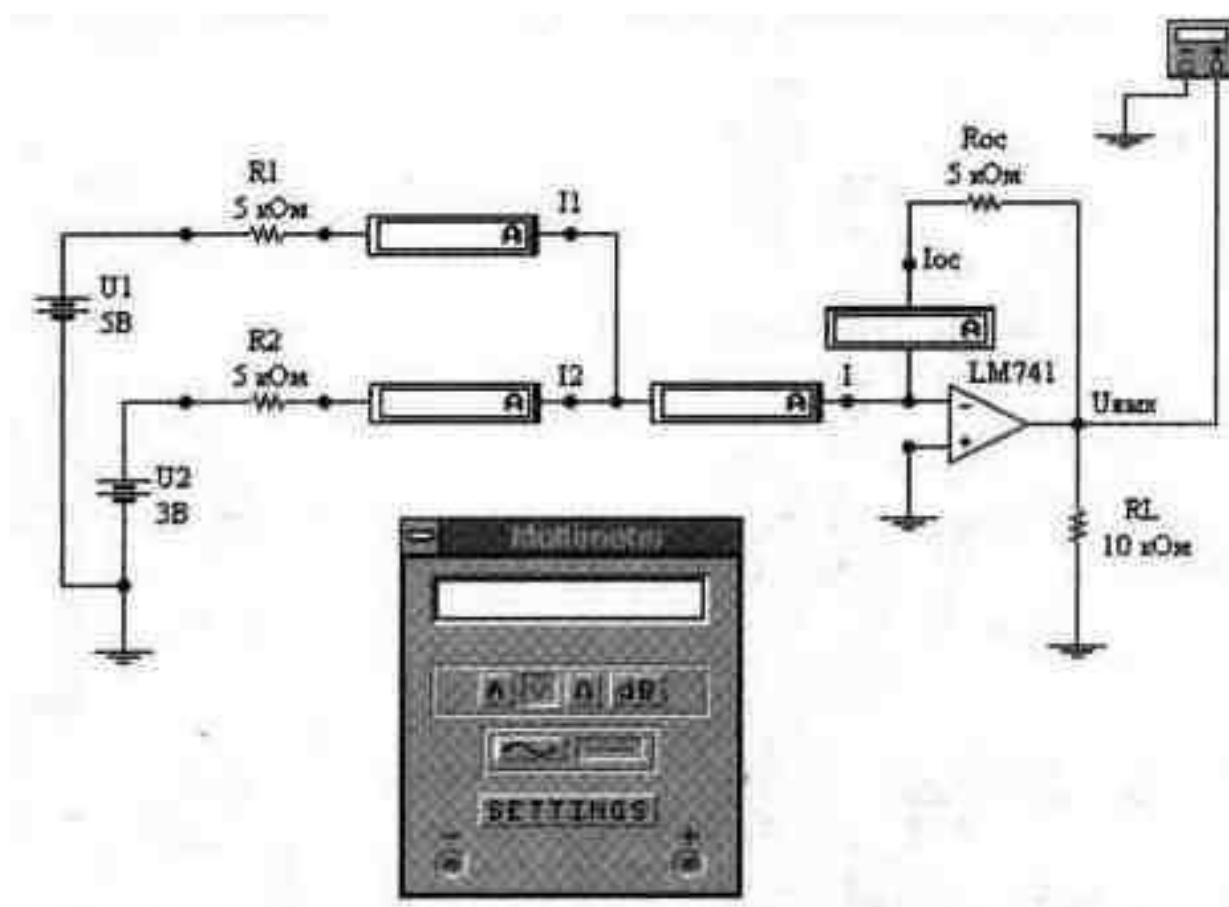
Соңғы өрнек $R = R_1 = R_2$ кезінде әділ. Эксперименттерді жүргізу тәртібі

Эксперимент жүргізу тәртібі.

Эксперимент 1. Тұрақты кернеуді қосу.

а). 11.23 суреттегі кестемен c11_015 файлын ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. Аспаптардың көрсеткіштерін "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз.

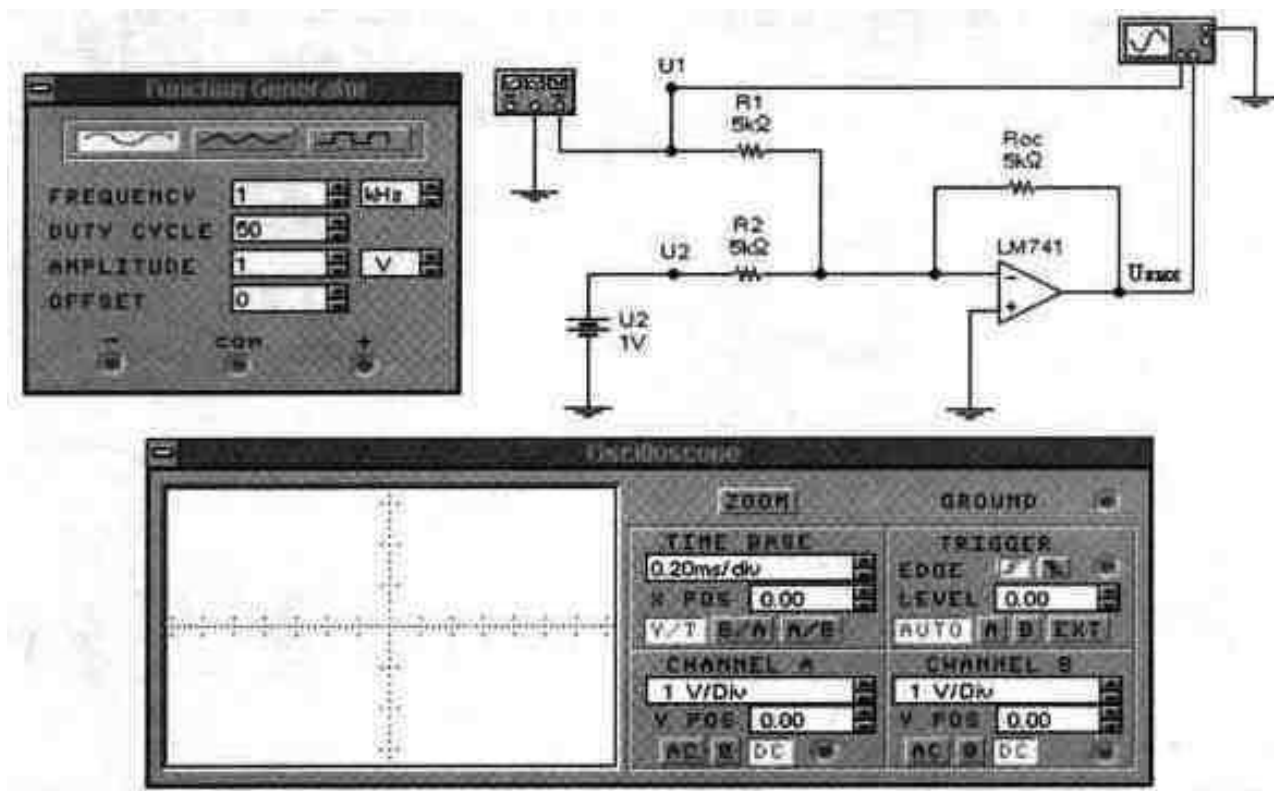
б). Схема элементтерінің берілген номиналдары бойынша I_1 , I_2 , I_{oc} ток мәндерін есептеңіз және U_1 және U_2 кернеу мәндерін қолданып, $U_{вых}$ Шығыс кернеуін есептеңіз. Нәтижелер "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз".



Сурет 11.23

2 эксперимент. Тұрақты және айнымалы кернеуді қосу.

а). 11.24. суреттегі кестемен c11_016 файлын ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын суреттеңіз. U_1 және U_2 кернеулерінің мәндерін пайдалана отырып, $U_{вых}$ кернеулерінің тұрақты құрамдастарын және амплитудаларын есептеңіз. Нәтижелер "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз".

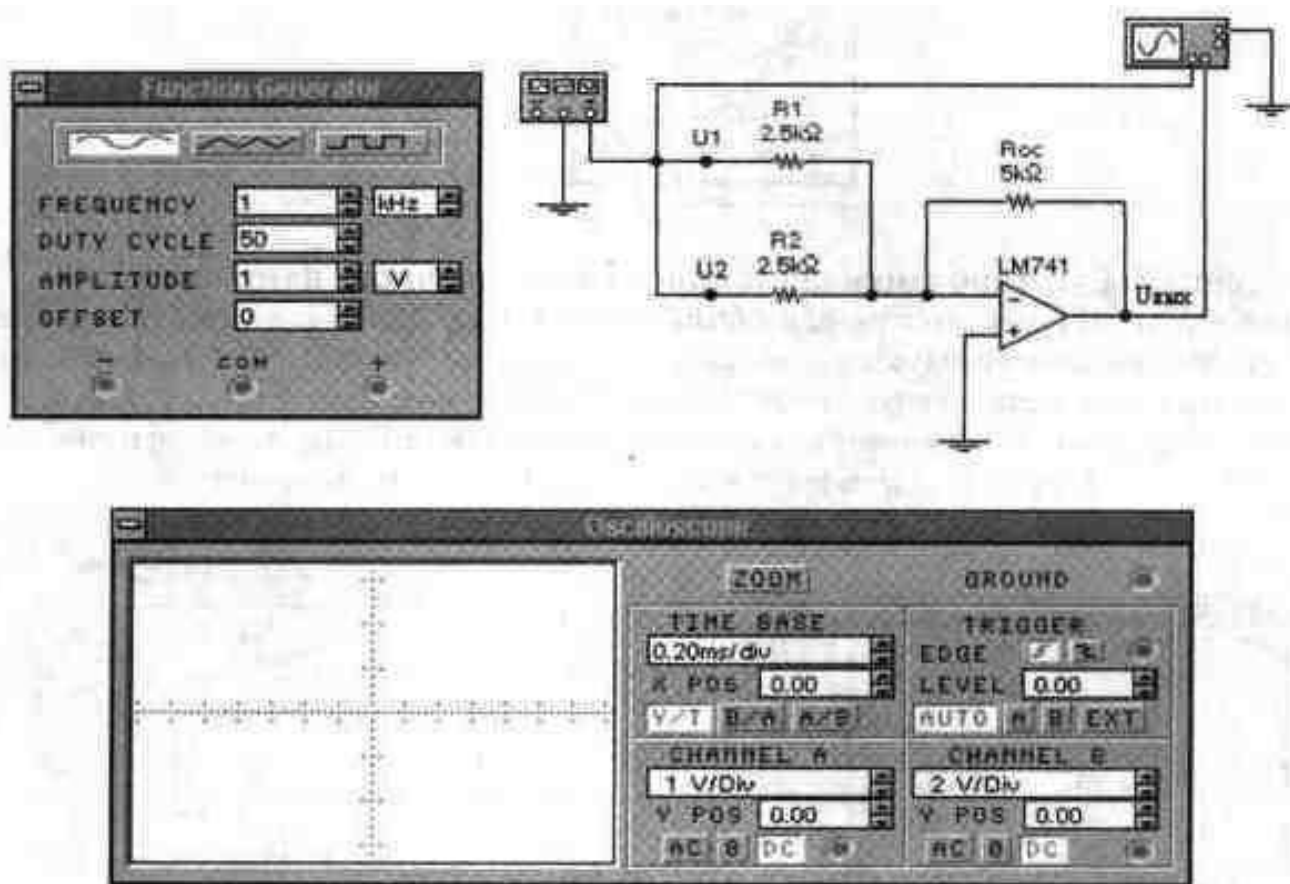


Сурет 11.24

б). R_2 кедергі мәнін 2.5 кОм тең етіп орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын суреттеңіз. Тұрақты құрамдас және амплитудасын шығыс кернеу $U_{вых}$ - ойда есептеңіз тұрақты құрамдас және амплитудасын шығыс кернеу $U_{вых}$ - пайдаланып маңызы бар кернеу U_1 және U_2 . Нәтижелерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз.

Эксперимент 3. Айнымалы кернеулерді қосу.

а). 11.25 суреттегі кестемен c11_017 файлын ашыңыз.. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын суреттеңіз. Кіріс және шығыс кернеу амплитудасын өлшеңіз. U_1 және U_2 кернеу амплитудаларының белгілі мәндері бойынша $U_{вых}$ Шығыс кернеуінің амплитудасын есептеңіз. Нәтижелер "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз".



Сурет 11.25

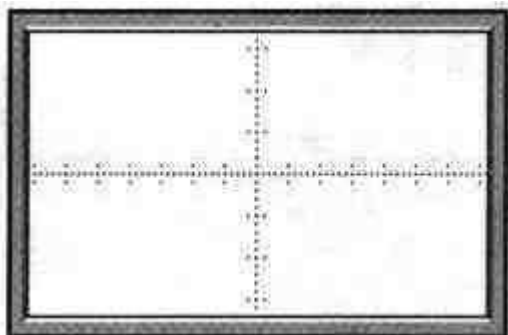
Эксперименттер нәтижелері

Эксперимент 1. Тұрақты кернеуді қосу. Бірінші жинақталатын сигналдың кернеуі $U_1 = 5$ В, екінші жинақталатын сигналдың кернеуі $U_2 = 3$ В.

Ток первого суммируемого сигнала I_1	Расчет	Измерение
Ток второго суммируемого сигнала I_2	Расчет	Измерение
Суммарный ток I	Расчет	Измерение
Ток в цепи обратной связи I_{oc}	Расчет	Измерение
Выходное напряжение $U_{вых}$, В	Расчет	Измерение

2 эксперимент. Тұрақты және айнымалы кернеуді қосу.

а). $R_2 = 5$ кОм кедергісі. Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары.



Постоянная составляющая выходного напряжения $U_{\text{вых}}, \text{В}$

Расчет



Измерение



Амплитуда переменной составляющей выход. напряжения $U_{\text{вых}}, \text{В}$

Расчет



Измерение



б). Сопротивление $R_2 = 2.5 \text{ кОм}$.

Постоянная составляющая выходного напряжения $U_{\text{вых}}, \text{В}$

Расчет



Измерение



Амплитуда переменной составляющей выход. напряжения $U_{\text{вых}}, \text{В}$

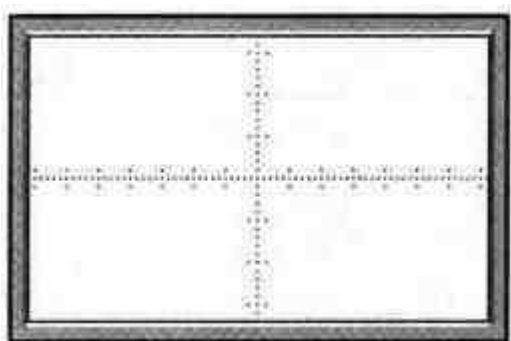
Расчет



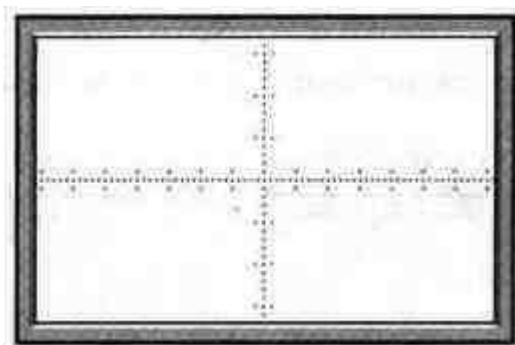
Измерение



Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары



3 эксперимент. Айнымалы кернеулерді жиынтықтау. Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары



Амплитуда выходного
напряжения $U_{\text{вых}}, \text{В}$

Расчет



Измерение



Сұрақтар

1. ОУ ығысу кернеуінің схемасындағы тұрақты кернеулерді қосу қатесіне әсерін түсіндіріңіз.
2. ОУ негізінде сумматор схемасындағы кіріс және шығыс кернеуінің ара қатынасы қандай шарттардан шығарылады?
3. Үш немесе одан да көп кіріс кернеулерін қосу үшін схеманы қалай іске асыруға болады?
4. Сурет 11.23 сұлбасының негізгі арақатынасы қалай өзгереді? Егер инвертор емес ОУ-ға тұрақты кернеу берілгенде?
5. 11.23 хемасында сигналдарды қосу коэффициенттерін өзгертудің ықтимал тәсілдерін атаңыз.
6. Кіріс сигналдарына қандай шектеулерде сумматор схемасы сызықтық режимде жұмыс істейді?

1.6. ОУ негізіндегі дифференциалды және интегралдаушы схемалар

Мақсаты

1. ОУ-дағы интегратор схемасын зерттеу.
2. Кіріс әсерлерінің интегратордың Шығыс сигналына әсерін талдау.
3. Шығыс сигналына интегратор элементтері параметрлерінің әсерін зерттеу.
4. ОУ-дағы дифференциатордың сұлбасын зерттеу.
5. Дифференциатордың Шығыс сигналына кіріс әсерінің әсерін талдау.
6. Дифференциатор элементтері параметрлерінің Шығыс сигналына әсерін зерттеу.

Приборы и элементы

Осциллограф

Функциональный генератор

Мультиметр

Операционный усилитель LM741

Резисторы

Конденсаторы

ПОЛЕ ПРИБОРОВ

ПОЛЕ ПРИБОРОВ

ПОЛЕ ПРИБОРОВ

Active

Passive

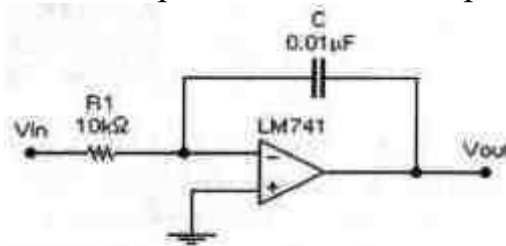
Passive

Теориядан қысқаша мәліметтер

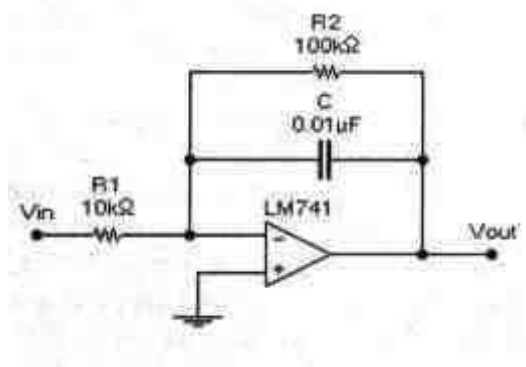
ОУ негізінде идеалды интеграторлар салуға болады. 11.26 суретте осы функцияны орындайтын қарапайым схема көрсетілген. Оның шығу кернеуі $U_{\text{ВЫХ}}$ келесі қатынастармен $U_{\text{ВХ}}$ кіріс кернеуімен байланысты:

$$\frac{U_{\text{ВХ}}}{R} = -C \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt}$$
$$U_{\text{ВЫХ}} = -\frac{1}{R \cdot C} \int_0^t U_{\text{ВХ}} \cdot d\varepsilon + \text{const}$$

Бұл схеманың кемшілігі ығысу кернеуімен және ОК кіріс токтарымен шартталған шығу кернеуінің дрейфі болып табылады. Бұл жағымсыз құбылысты, егер конденсаторға тұрақты ток бойынша кері байланыс есебінен жұмыс нүктесін тұрақтандыруды қамтамасыз ететін үлкен кедергісі бар R_2 резисторын қосса, әлсіретуге болады (11.27 сурет). R_2 кері байланыс резисторы конденсатор арқылы ток нөлге тең болған кезде конденсатор зарядының ОУ қанығуын болдырмайды. Осы схеманың шығу кернеуі оған берілген кезде кіріс кернеуінің ағуы амплитудамен $U_{\text{ВХ}}$ өрнегіне сәйкес өзгереді



Сурет 11.26



Сурет 11.27

$$U_{\text{ВЫХ}} = -U_{\text{ВХ}} \left[1 - \exp \left(-\frac{t}{R_2 \cdot C} \right) \right]$$

$t \ll R_2 \cdot C$ ЧС, кезіндегі өтпелі процестің бастапқы интервалында $U_{\text{ВЫХ}}$ Шығыс кернеуінің өзгеруі сызыққа жеткілікті жақын болады және оның өзгеру жылдамдығы өрнектен есептелуі мүмкін:

$$\frac{\Delta U_{\text{ВЫХ}}}{\Delta t} = \frac{-U_{\text{ВХ}}}{R_1 \cdot C}$$

Дифференциатордың схемасы үшін (сурет. 11.28) $U_{\text{ВЫХ}}$ шығыс кернеуі кіріс сигналының өзгеру жылдамдығына пропорционалды және формула бойынша есептеледі:

$$U_{\text{ВЫХ}} = -R_2 \cdot C \frac{\Delta U_{\text{ВХ}}}{\Delta t}$$

Экспериментлер жүргізу тәртібі

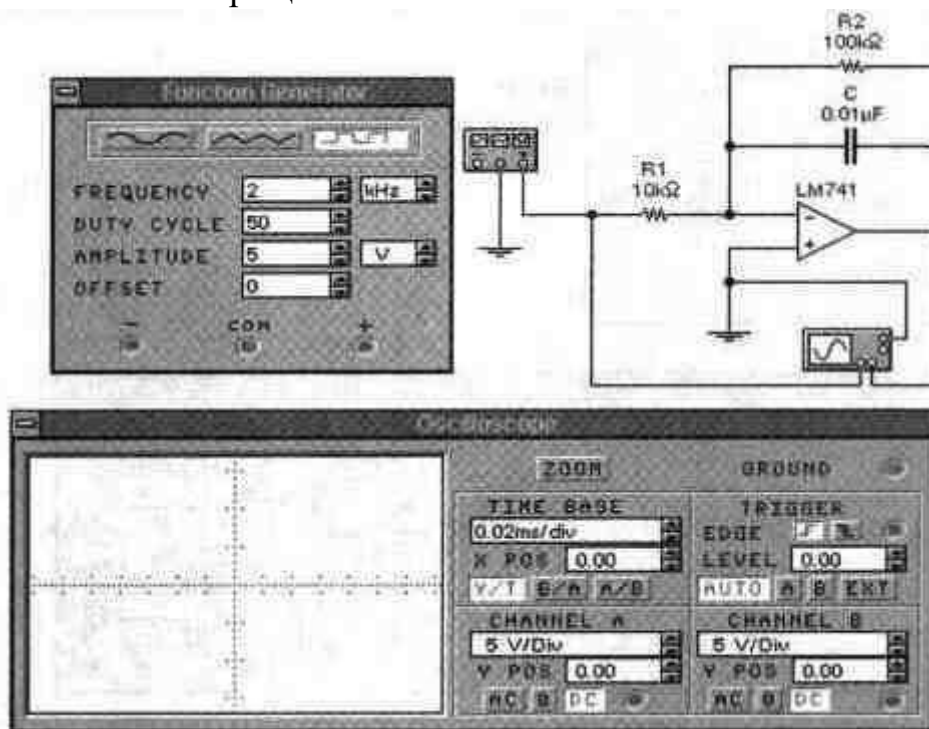
1 эксперимент. Интегратор схемасындағы өтпелі процесс. 11.29-суретте бейнеленген сызбасымен c11_018 файлын ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде тікбұрышты импульстердің реттілігі түрінде кернеуді кіріске беру кезінде кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммаларын суреттеңіз. Кіріс кернеуінің амплитудасын өлшеңіз және шығыс кернеуінің өзгеру жылдамдығын осциллограмма бойынша анықтаңыз. Орнатылған процесс үшін Шығыс кернеуінің амплитудасы өлшеңіз. Нәтижелер "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз".

2 эксперимент. Кіріс кернеуінің амплитудасының интегратор схемасындағы өтпелі процеске әсері. 11.29 суретте көрсетілген схемада 2 В тең генератордың амплитудасын орнатыңыз және 2 V/div осциллографтың А және

В кірісіндегі кернеу ауқымын орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын суреттеңіз. Кіріс кернеуінің амплитудасын өлшеңіз және шығыс кернеуінің өзгеру жылдамдығын осциллограмма бойынша анықтаңыз. Осы және алдыңғы эксперименттерде алынған Шығыс кернеуінің осциллограммаларын салыстырыңыз. Орнатылған процесс үшін Шығыс кернеуінің амплитудасы өлшеңіз. Нәтижелерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне енгізіңіз".

3 эксперимент. Интегратор схемасындағы өтпелі процеске схема параметрлерінің әсері.

а) 11.29 сурет сұлбасында R_1 кедергісін 5 кОм-ге тең, 5 В генератор амплитудасын орнатыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын суреттеңіз. Кіріс кернеуінің амплитудасын жазып, процестің басында Шығыс кернеуінің өзгеру жылдамдығын осциллограмма бойынша анықтаңыз. 1 экспериментте алынған осциллограммамен осы экспериментте алынған Шығыс кернеуінің осциллограммасын салыстырыңыз.



Сурет 11.29

б). 11.29 сурет сұлбасында конденсатордың сыйымдылығын 0.02 мкф тең етіп орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын суреттеңіз. Кіріс кернеуінің амплитудасын жазып, процестің басында Шығыс кернеуінің өзгеру жылдамдығын осциллограмма бойынша анықтаңыз. Осы экспериментте алынған Шығыс кернеуінің осциллограммасын 1 экспериментте алынған осциллограммамен салыстырыңыз.

4 эксперимент. Оу-дағы дифференциатор схемасындағы өтпелі процесс.

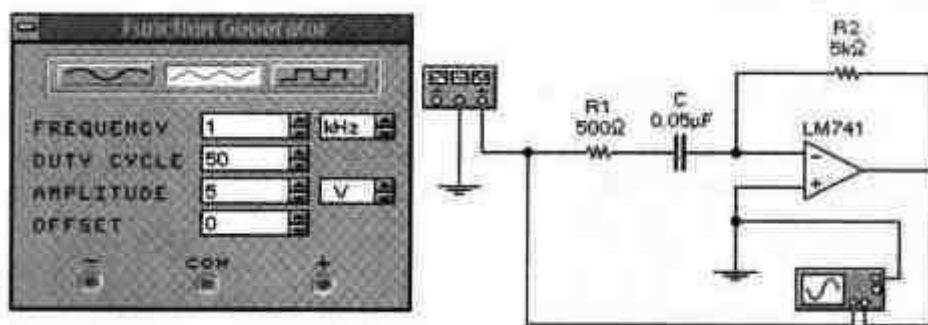
а). 11.30-суретте бейнеленген сызбасымен c11_019 файлы ашыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын суреттеңіз. Алынған осциллограммалар бойынша кіріс кернеуінің өзгеру жылдамдығын және шығыс кернеуінің амплитудасын анықтаңыз, нәтижені "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз.

б). Схеманың берілген параметрлері мен кіріс кернеуінің өзгеру жылдамдығының көрінген мәні бойынша Шығыс кернеуінің амплитудасы есептеңіз. Нәтиже "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз".

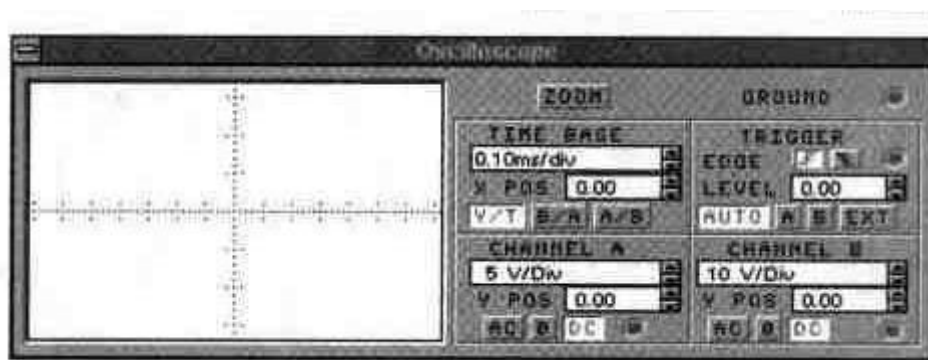
5 эксперимент. Дифференциатордың шығу кернеуіне кіріс кернеуінің әсері.

а). 11.30-сурет сызбасында генератор жиілігін 2 кГц тең етіп орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын суреттеңіз. Алынған осциллограммалар бойынша кіріс кернеуінің өзгеру жылдамдығын және шығыс кернеуінің амплитудасы анықтаңыз. Нәтижелерді "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз. Осы экспериментте алынған Шығыс кернеуінің осциллограммасын 4 экспериментте алынған осциллограммамен салыстырыңыз.

б). Берілген схема параметрлері мен кіріс кернеуінің өзгеру жылдамдығының табылған мәні бойынша Шығыс кернеуінің амплитудасы есептеңіз. Нәтижені "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз.



Сурет 11.30



Сурет 11.30

6 эксперимент. Кері байланыс тізбегіндегі кедергінің дифференциатордың шығу кернеуіне әсері.

а). 11.30-сурет сұлбасында генератордың бастапқы жиілігін қалпына келтіріңіз, ал кері байланыс тізбегіндегі кедергі шамасын 10 кОм тең етіп орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын суреттеңіз. Алынған осциллограммалар бойынша кіріс кернеуінің өзгеру жылдамдығын және шығыс кернеуінің амплитудасы анықтаңыз. Нәтижені "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз. Осы экспериментте алынған Шығыс кернеуінің осциллограммасын 4 экспериментте алынған осциллограммамен салыстырыңыз.

б). Берілген схема параметрлері мен кіріс кернеуінің өзгеру жылдамдығының табылған мәні бойынша Шығыс кернеуінің амплитудасы есептеңіз. Нәтижені "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз.

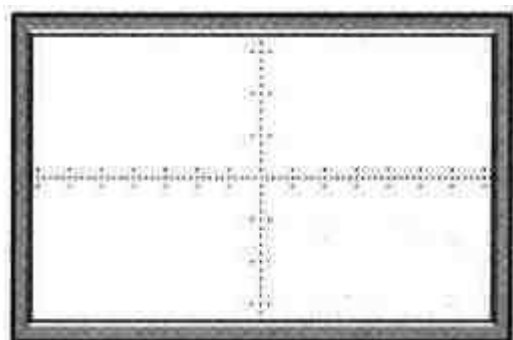
7 эксперимент. Конденсатор сыйымдылығының дифференциатордың шығу кернеуіне әсері.

а). Сурет схемасында. 11.30 схема параметрлерінің бастапқы мәнін қалпына келтіріңіз, ал конденсатор сыйымдылығының шамасын 0.1 мкФ тең орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. Процесс орнағаннан кейін "эксперимент нәтижелері" бөлімінде кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын суреттеңіз. Алынған осциллограммалар бойынша кіріс кернеуінің өзгеру жылдамдығын және шығыс кернеуінің амплитудасы анықтаңыз. Нәтижені "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз. Осы экспериментте алынған Шығыс кернеуінің осциллограммасын алдыңғы экспериментте алынған осциллограммамен салыстырыңыз.

б). Берілген схема параметрлері мен кіріс кернеуінің өзгеру жылдамдығының табылған мәні бойынша Шығыс кернеуінің амплитудасы есептеңіз. Нәтиже "эксперимент нәтижелері" бөліміне жазыңыз".

Эксперимент нәтижелері

Эксперимент 1. Интегратор схемасындағы өтпелі процесс. Кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммалары



Амплитуда входного напряжения, В

Скорость изменения выходного напряжения, В/с

Амплитуда выходного напряжения, В

Измерение



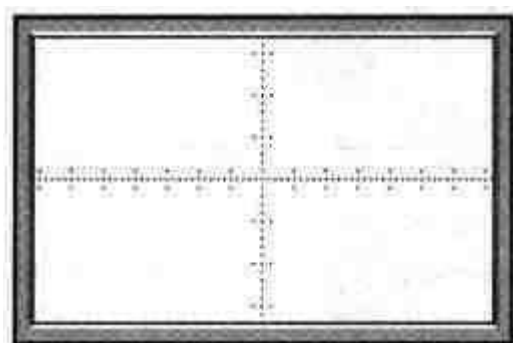
Расчет



Измерение



Эксперимент 2. Влияние амплитуды входного напряжения на переходный процесс в схеме интегратора. Осциллограммы входного и выходного напряжений



Амплитуда входного напряжения, В

Скорость изменения выходного напряжения, В/с

Амплитуда выходного напряжения, В

Измерение



Расчет

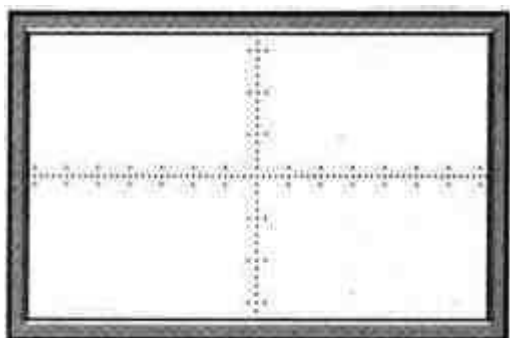


Измерение



Эксперимент 3. Интегратор схемасындағы өтпелі процеске схема параметрлерінің әсері.

а). $R_1 = 5$ кОм кедергісі. Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары



Амплитуда входного напряжения, В

Скорость изменения выходного напряжения, В/с

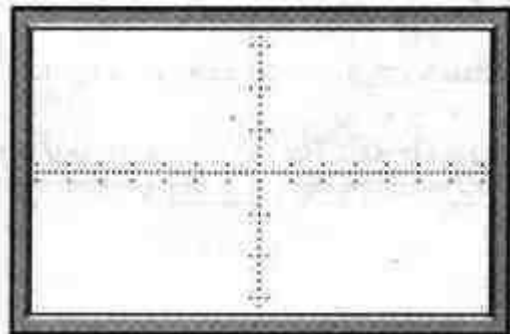
Измерение



Расчет



б). Конденсатордың сыйымдылығы $C=0.02$ мкф. Кіріс және шығыс кернеу осциллограммалары



Амплитуда входного напряжения, В

Скорость изменения выходного напряжения, В/с

Измерение



Расчет



Эксперимент 4. ОУ-да дифференциатор схемасындағы өтпелі процесс.

а).

Амплитуда выходного напряжения, В

Скорость изменения выходного напряжения, В/с

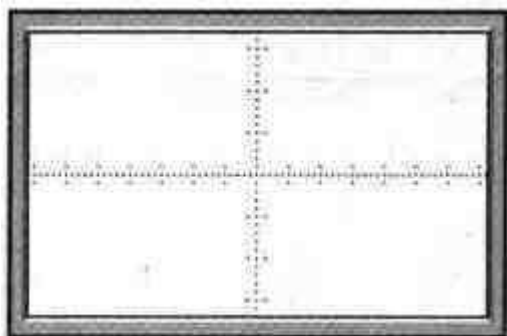
Измерение



Расчет



Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары



б).

Амплитуда входного напряжения, В

Выходное напряжение, В

Измерение

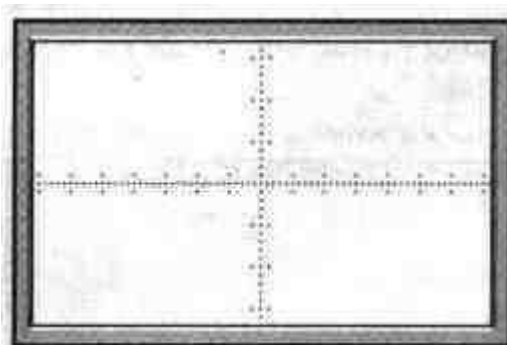


Расчет



Эксперимент 5. Дифференциатордың шығу кернеуіне кіріс кернеуінің әсері.

а). Кіріс және шығыс кернеуінің осциллограммалары



Амплитуда выходного напряжения, В

Скорость изменения выходного напряжения, В/с

б).

Амплитуда входного напряжения, В

Выходное напряжение, В

Измерение



Расчет



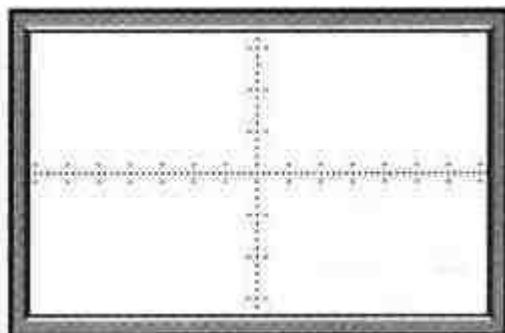
Измерение



Расчет



Эксперимент 6. Кері байланыс тізбегіндегі кедергінің дифференциатордың шығу кернеуіне әсері. а) кіріс және шығыс кернеуінің Осциллограммалары



Амплитуда выходного напряжения, В

Скорость изменения выходного напряжения, В/с
б).

Амплитуда входного напряжения, В

Выходное напряжение, В

Измерение



Расчет



Измерение

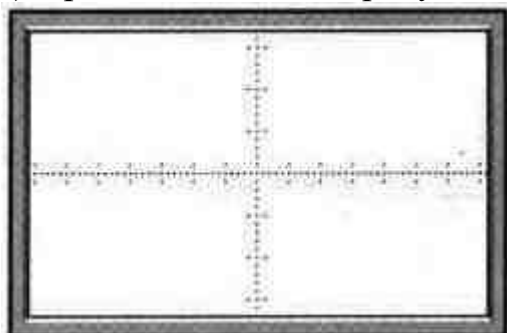


Расчет



Эксперимент 7. Конденсатор сыйымдылығының дифференциатордың шығу кернеуіне әсері.

а) кіріс және шығыс кернеуінің Осциллограммалары



Амплитуда выходного напряжения, В

Скорость изменения выходного напряжения, В/с
б).

Амплитуда выходного напряжения, В

Измерение



Расчет



Измерение



Сұрақтар

1. 1 және 2 эксперименттеріндегі шығыс сигналының өзгеру жылдамдығын салыстырыңыз.
2. Сурет . 11.29А схемасында конденсаторға параллель қосылған R_2 кедергісі қандай рөл атқарады?
3. Сурет 11.30 сызбадағы өтпелі процестің қандай параметрлеріне R_2 кедергісінің шамасы әсер етеді?
4. Сурет . 11.29 схемасы болып табылады ма? кіріс кернеуінің идеалды интеграторы.
5. Сурет 11.29 схеманың қандай компоненттерінің параметрлерінен. кіріс кернеуін интегралдау дәлдігі байланысты?
6. Сурет 11.29 схеманың қандай компоненттерінің параметрлерінен. кіріс кернеуін беру кезінде Шығыс кернеуінің өзгеру жылдамдығы байланысты?
7. Сурет 11.29 схемасы үшін кіріс және шығыс кернеуінің ара қатынасын шығарыңыз.
8. Сурет 11.29 схемасы үшін кіріс және шығыс кернеуінің ара қатынасын шығарыңыз.
9. Неге схема сурет 11.30 дифференциалды каскад болып табылады?
10. Сурет 11.30 сұлба компоненттерінің параметрлері. кіріс сызықты өзгеретін кернеуді беру кезіндегі шығыс кернеуінің шамасы байланысты болады?
11. Дифференциалды каскадтың шығу кернеуі кіріс кернеуінің өзгеру жылдамдығына байланысты ма? Түсіндірме.
12. Дифференциалды каскадтың шығу кернеуі кері байланыс тізбегіндегі кедергі шамасына байланысты ма?
13. Дифференциалды каскадтың шығу кернеуі күріш байланысты ма? Сурет 11.30 конденсатор сыйымдылығынан с?
14. Неге дифференциалды каскадтың шығу кернеуі кіріс кернеуінің туындысының теріс мәніне пропорционалды?

2. Күрделі схемалардағы процестерді талдау

2.1. Жартылай өткізгіш диодтар

Мақсаты.

1. Диодтың кернеуін және токін $p-n$ түйінінің алға және артқа тұрғысынан зерттеу.
2. Жартылай өткізгіш диод үшін ағымдағы кернеу сипаттамасын (ВАХ) құрастыру және зерттеу.
3. Вольт-ампер сипаттамасында (ВАХ) диодтың алға және кері бағытта қарсыласуын зерттеу.
4. Диодтың (тікелей және кері бағытта) қарсылықтарын ауыспалы және тікелей токпен талдау.
5. Ағымдағы кернеу сипаттамасының иілу кернеуін өлшеу.

Приборы и элементы

Функциональный генератор

Мультиметр

Осциллограф

Источник постоянного напряжения

Диод 1N4001

Резисторы

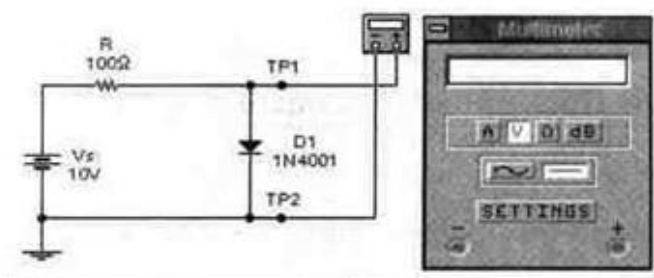


Теориядан қысқаша мәліметтер

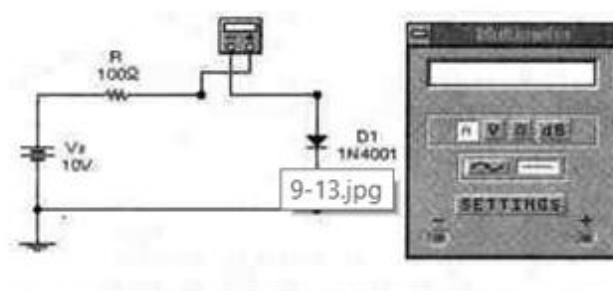
Electronics Workbench артықшылықтарының бірі теориясының қысқаша мазмұны осы деңгейдегі тиісті өлшеу әдістерін аспаптары зерттеуші және шебер түрлі деңгейлерде пайда жағдайды модельдеу мүмкіндігі болып табылады. Жартылай өткізгіш диодтың ағымдағы кернеу сипаттамасын өлшеудің мысалын қолданып, осы жағдайларды қарастырайық. Бастауыш радио әуесқойлықта тек бір әмбебап құрылғы болуы мүмкін - мультиметр (біз тестерлер деп атайтынбыз), бірақ бұл жағдайда диодтың немесе кез келген басқа сызықты емес екіұштық аппараттың кернеулі сипаттамаларын (ВАХ) алып тастауға болады. Мұны істеудің ең оңай жолы - суреттегі тізбектегі диодтың кернеуін өлшеу. 9.1, диодқа әртүрлі мөлшердегі резисторлық кернеу көздері арқылы қосылу. Ағымдағы диодты өрнекпен есептеуге болады: $I_{pr} = (E - U_{pr}) / R$, (9.1) мұндағы I_{pr} - алдыңғы бағыт бойынша диод ток, E - қуат кернеуінің кернеуі, U_{pr} - алға қарай бағытталған диодтың кернеуі: диод ағымдағы осылайша білдіру есептелуі мүмкін. Диодтың полярлығын өзгертуге болады. 9.1, диодты IVC-ны сол әдіспен және керісінше $I_{ov} = (E - U_{ov}) / R$ (9.2) бағытында алып тастауға болады, мұнда I_{ov} - қарсы бағытта диодтың тоқы, U_{ov} - керісінше диодтың кернеуі.

Осындай өлшеулердің дәлдігі сол атаудағы резисторлардың кедергісі таралуына байланысты өте қажет. Егер сіз тек бір мультиметр арқылы нақты сипаттаманы алуды қаласаңыз, онда алдымен суреттегі тізбектегі кернеуді өлшеу керек. 9.1-суретте көрсетілгендей, содан кейін күріш. 9.2. Бұл жағдайда сіз тек мультиметрді вольтметр ретінде қосып, содан кейін амперметр ретінде пайдалана аласыз. Егер сізде вольтметр және амперметр болса, әлдеқайда тезірек орындалады. Содан кейін олардың схемасына сәйкес сурет 9.3, сіз осы құрылғылардың кестеден ағымдағы және кернеуді бірден көре аласыз. ағымдағы вольт-амперлық сипаттамасы (ВАХ) қуат көзінің кернеуі қарсы өзгерту арқылы түрлі ағымдардың ағынымен кезінде диодты кернеуді өлшеу арқылы алынуы мүмкін. Ақыр соңында, ең қарапайым және ыңғайлы түрде V_s -ті осциллографты экранда тікелей байқап көруіңізге болады (9.4-сурет). осциллографтар көлденең ось бойынша үйлестіру ұпай қосқан кезде кернеу пропорционалды, ал тік - диод арқылы ток. Ом резистор 1 бір вольт кернеу ампер диодқа арқылы токтың сан тең болғандықтан ($I = U / R = U / 1 = U$), тікелей тік осі бойынша ағымдағы мәні оқуға болады. көлденең -

осциллографтар V / A таңдалса, мәні тік осіне және кернеу (арна A) бойынша сақтауға болады диод (арна B) арқылы ток пропорционалды. Бұл ағымдағы кернеу сипаттамасын осциллографтар экранында тікелей алуға мүмкіндік береді.

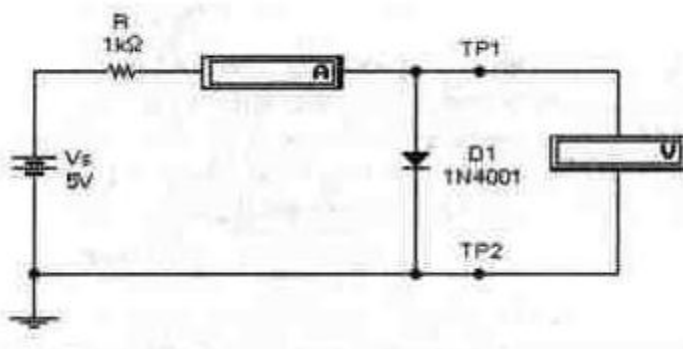


Сурет 9.1

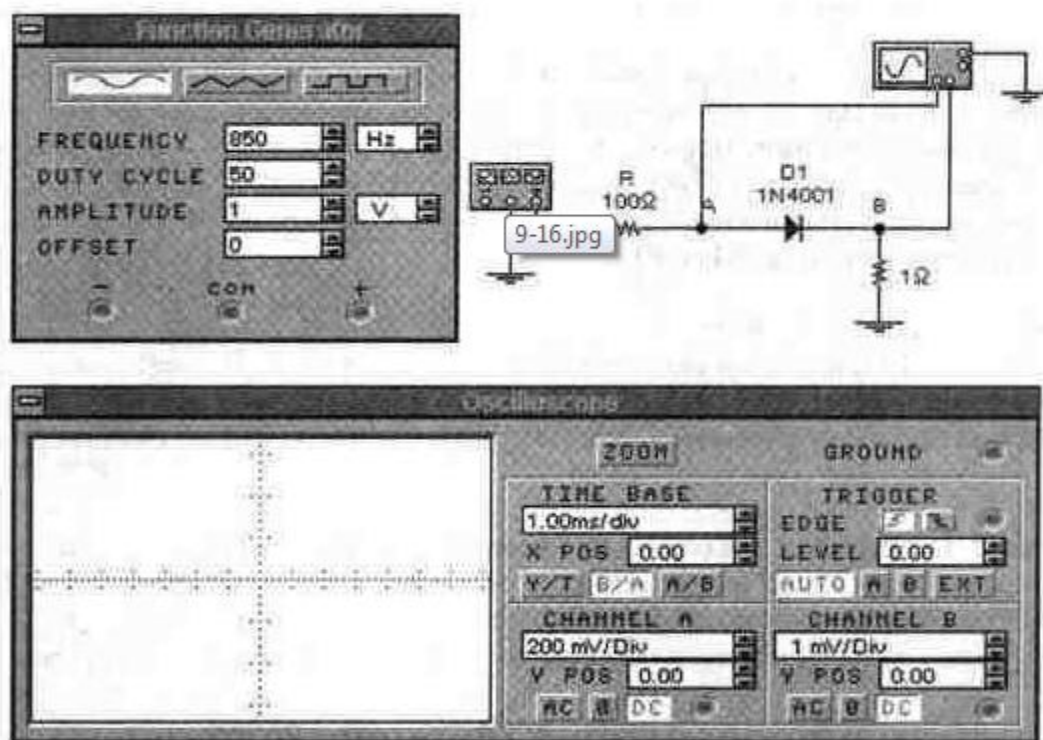


Сурет 9.2

Орнына дәл кернеу осциллографтар арна A арқылы диодты (ВАХ) алған кезде диод арқылы диодты кернеуі сомасын қолданылады және резистор арқылы кернеу түсуі диод арқылы кернеу қарағанда әлдеқайда аз, өйткені салдарынан осы кедергілер 1 Ом қате арқылы кернеу, шағын болады. Неғұрлым дәл кернеу алу үшін өлшеу (қараңыз. 1-қосымша) ағымдағы сенсоры арқылы ток өлшеу мүмкін. Себебі диод қарсылық құнынан өз емес сызықтық желілік резистор ретінде сипаттауға болмайды. ағымдағы еке U / I үшін диод арқылы кернеу коэффициенті, тоқ тәуелді, статикалық қарсылық деп аталатын. Бірқатар



Сурет 9.3



Сурет 9.4

Кішігірім ауыспалы компонент диод тоқының маңызды тұрақты құрамдас бөлігіне қойылады (әдетте бұл элемент кіші сигнал режимінде жұмыс істейді деп айтылады). Бұл жағдайда дифференциалдық (немесе динамикалық) қарсылық dU / dI қызығушылық тудырады. Динамикалық қарсылық мәні диодтың тұрақты құрамдас бөлігіне тәуелді, бұл сипаттамаға арналған жұмыс нүктесін анықтайды.

Эксперимент нәтижелері

Эксперимент 1. Кернеуді өлшеп, диод арқылы токты есептеңіз. C9_011 файлын ашыңыз (9.1 сурет) және схеманы қосыңыз. Мультиметр Unp диодындағы кернеуді алға жылжуымен көрсетеді. Диодты бұрыңыз және тізбекті қайта қосыңыз. Енді мультиметра керісінше диодтың керісінше кері бағытта көрсетіледі. Оқылымдарды «Эксперименттік нәтижелер» бөлімінде жазыңыз. Алдын-ала 1 және формула бойынша (9.1) және (9.2) кері кері бұру үшін диодтың ток есептеңіз.

Эксперимент 2. Ағымдағы өлшеу. C9_012 файлын ашыңыз (9.2-сурет) және схеманы қосыңыз. Мультиметр дифференциалды дифференциалды ток кернеуімен көрсетеді. Диодты бұрыңыз және тізбекті қайта қосыңыз. Енді мультиметр диодтың 1-нің ағымын кері бағытта көрсетеді. Оқылымдарды «Эксперименттік нәтижелер» бөлімінде жазыңыз.

Эксперимент 3. Диодтың статикалық кедергісін өлшеу. Омметрлер режимінде Мультиметр арқылы алдыңғы және кері байланыстағы диодтың кедергісін өлшеңіз. Төмен қарсылық мәндері тікелей байланысқа сәйкес келеді. Алға қарсылықтың көрсеткіштері әртүрлі оммермерлік таразылар үшін ерекшеленеді. Неліктен?

Эксперимент 3. Диодтың ток-кернеуінің сипаттамасын жою.

а). ВАХ түзу тармағы.. C9_013 файлын ашыңыз (сурет 9.3). Схеманы қосыңыз. Кезекпен «эксперименттік нәтижелері», ЭДС көзі, 5 В, 4 В, 3 В, 2 В, 1 В, 0,5 В, 0В. UNP) кесте 1пр А кернеу мен диод ток мәндері жазып мәндерін орнату.

б). Кернеудің кернеу сипаттамасының кері тармағы. Диодты бұрыңыз. Дәйекті мәндерін тең ЭДС көзі 0 В, 5 В, 10 В, 15 В және үстел 6 мәндер 1ов UQB кернеуін жазып) Бөлім «эксперименттік нәтижелері» орнату.

в). 1пр алынған деректер графика 1пр (Unp) және IOB (Uos) салу.

г). 1пр = 4 мА және дифференциалдық бағамы қарсылық диод кезінде Graph желісі IVC филиалының Тангенс көлбеу үшін тангенсін сызыңыз. 1пр = 0.4 мА және 1пр = 0.2 мА үшін бірдей процедураны орындаңыз. Жауаптарды «Тәжірибелік нәтижелер» бөлімінде жазыңыз.

д). Сол сияқты, тармақ 5 В кері кернеу диодқа дифференциалдық кедергісі бағалауға және бөлім «эксперименттік нәтижелері» эксперименттік деректерді жазып.

е). 1пр = 4 мА формуламен $R_{cr} = U_{np}/I_{np}$ тұрақты токтың кезінде диод қарсылық есептеңіз және бөлім «эксперименттік нәтижелері» нәтижесін сақтаңыз.

ж). Иілу кернеуін анықтаңыз. Нәтижелерді «Тәжірибелік нәтижелер» бөлімінде жазыңыз. иілу стресс онда күрт майысып бастан тән нүктесіне алға бағытта жылжуы диодтың ток-кернеу сипаттамалары анықталады.

Эксперимент 4. осциллографтар экранында CVC 5 дайындау эксперимент. 9_014 файлын ашыңыз. (9.4-сурет). Схеманы қосыңыз. VAC осциллографтар экранында пайда болуына тік, ал көлденең ось, милливольт (арна) бойынша диод кернеу оқып - milliamperes ағымдағы (1 мВ мА сәйкес арна В 1). IV сипаттамаларының иілуіне назар аударыңыз. «Эксперименттік нәтижелер» бөлімінде иілу стресін өлшеу және жазу.

Эксперимент нәтижелері

Эксперимент 1 өлшеу және диод арқылы кернеу тогын есептеу. Диодтың кернеулерін өлшеу және жазу:

Напряжение при прямом смещении, $U_{пр}$	Измерение 	_____
Напряжение при обратном смещении, $U_{обр}$	Измерение 	_____
Ток при прямом смещении, $I_{пр}$	Расчет 	_____
Ток при обратном смещении, $I_{обр}$	Расчет 	_____

Эксперимент 2. Ағымдағы өлшеу. Ағымдағы және кері бағытта ағымды өлшеу және жазу

Ток при прямом смещении, $I_{пр}$	Измерение 	_____
Ток при обратном смещении, $I_{обр}$	Измерение 	_____

Эксперимент 3. Диодтың статикалық кедергісін өлшеу.

Сопротивление диода при прямом смещении	Измерение 	_____
Сопротивление диода при обратном смещении	Измерение 	_____

Эксперимент 4. Диодтың ток-кернеуінің сипаттамасын жою. Тоқтар мен кернеулерді есептеу және жазу.

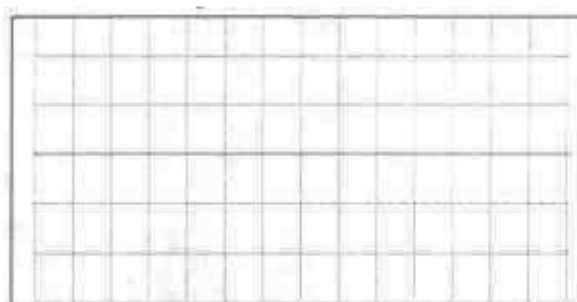
а). ВАХ сипаттаманың тікелей саласы.

E, В	U пр, мВ	ТПР, мА
5		
4		
3		
2		
1		
0,5		
0		

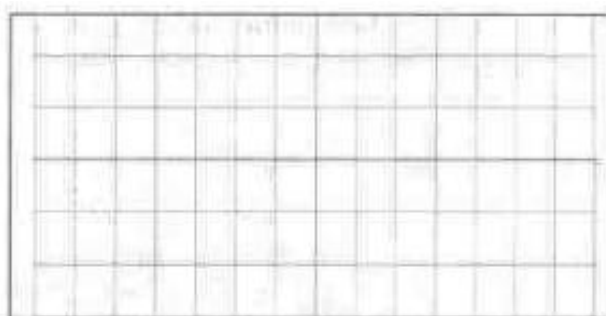
б) ВАХ сипаттамасының кері тармағы.

E, В	U OB, мВ	IOB, мА
0		
5		
10		
15		

в) ВАХ сипаттамаларын қою. ВАХ сипаттамасының тікелей тармағы



ВАХ сипаттамасының кері тармағы



г). Диодтың ВАХ сипаттамасынан есептелген дифференциалды қарсылық.

$R_{\text{диф}}$, при $I_{\text{пр}} = 4\text{мА}$

$R_{\text{диф}}$, при $I_{\text{пр}} = 0.4\text{мА}$

$R_{\text{диф}}$, при $I_{\text{пр}} = 0.2\text{мА}$

Расчет



Расчет



Расчет



д). Диодтың кері кернеулері бар дифференциалдық кедергісі, ВАХ сипаттамасынан есептелген.

$R_{\text{диф.}}$ при $U_{\text{обр}} = 5 \text{ В}$

Расчет



е). Вычислите $R_{\text{СТ}}$ при $I_{\text{ПР}} = 4 \text{ мА}$

Расчет



$R_{\text{СТ}}$

ж). Напряжение изгиба, полученное из вольтамперной характеристики.

Измерение

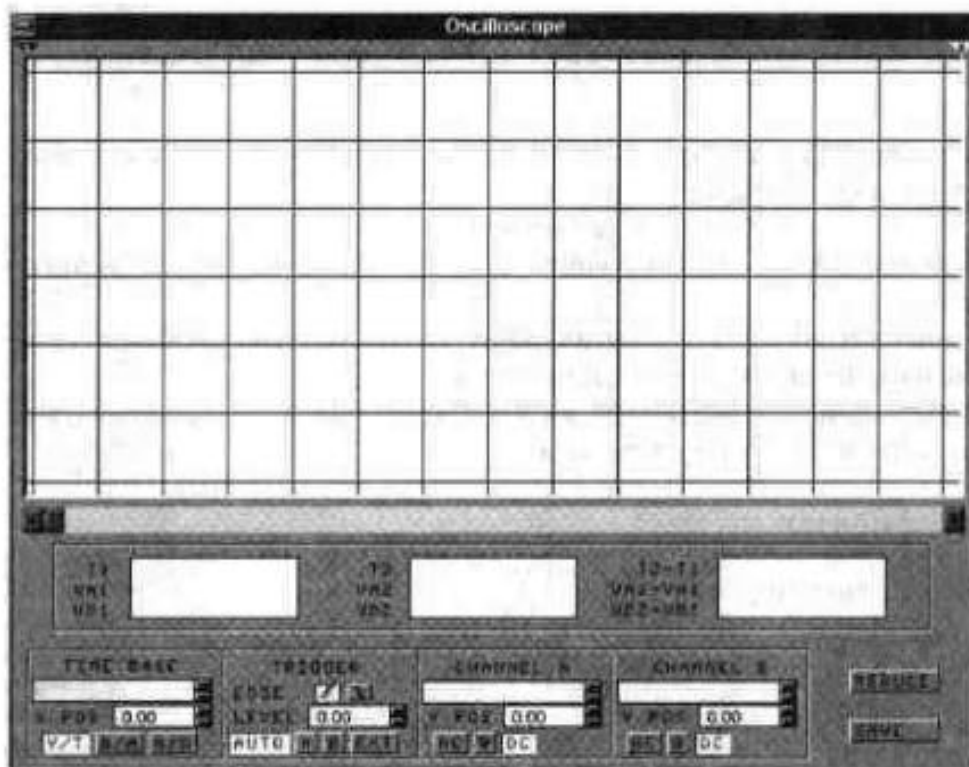


$U_{\text{изг}}$

Эксперимент 5. Осциллографтар экранында ВАХ сипаттамасын алу. Осциллоскоппен алынған ВАХ сипаттамасынан анықталған иілу кернеуі.

$U_{\text{изг}}$

Измерение



Сұрақтар

1. Диодтың кернеуін кернеуді керісінше, алға және кері бағытта салыстырыңыз. Неліктен олар ерекшеленеді?
2. Алдыңғы офсет бойынша ағымдағы мәндер өлшенген мәндер есептелген мәндермен салыстырылады ма?
3. Өлшенген ағымдық мәндер кері бағытта есептелген мәндермен салыстырылады ма?
4. Тоғы диодтың шамасы бойынша алға және кері бағытта салыстырыңыз. Неліктен олар ерекшеленеді?
5. Диодтың қаныққан ағымы қандай?
6. Омметрлер режимінде мультиметрмен өлшенгенде алдыңғы және кері диодтың кедергісі әртүрлі ме? Осы өлшеулерден диодтың дұрыстығын айтуға болады ма?
7. Диффузиялық және тұрақты токтың диодтың қарсылық мәндері арасындағы айырмашылық бар ма?
8. ВАХ-ның иілу нүктелері осциллографтармен сәйкес келеді және есептеулердің нәтижесінен құрастырылған ба?

2.2 Тұрақтандырғыштар

Мақсат

1. Тұрақтандырғыштың вольтамперлік сипаттамасының кері тармағын құру және тұрақтандырғыштың кернеуін анықтау.
2. Тұрақтандырғышпен шашырайтын ток пен қуатты есептеу.
3. Тұрақтандырғыштың дифференциалды кедергісін вольтамперлік сипаттама бойынша анықтау.
4. Параметрлік тұрақтандырғыштың схемасында кіріс кернеуінің өзгеруі кезіндегі стабилитрон кернеуінің өзгеруін зерттеу.
5. Параметрлік тұрақтандырғыштың схемасында кедергі өзгергенде стабилитронда кернеудің өзгеруін зерттеу.

Приборы и элементы

Функциональный генератор

Мультиметр

Осциллограф

Источник постоянного напряжения

Стабилитрон 1N473

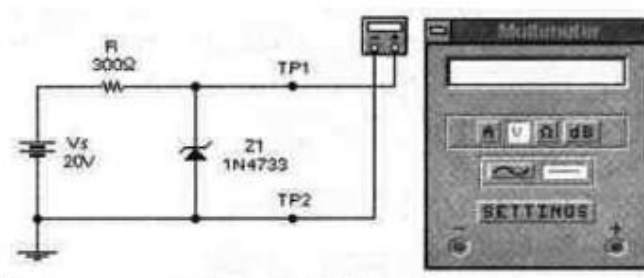
Резисторы



Теориядан қысқаша мәліметтер

Тұрақтандырғышты тұрақты кернеу көзіне резистор арқылы қосқан кезде параметрлік тұрақтандырғыштың қарапайым схемасы алынады (сурет. 9.5). 1-ст тұрақтандырғыштың тоғы 9.1-бөлімнің 1-тәжірибесінде сипатталғандай R резисторында кернеудің төмендеуін есептеумен анықталуы мүмкін: $I_{CT} = (E - U_{CT})/R$. тұрақтандырғыштың U_{CTAB} тұрақтану кернеуі вольтамперлік сипаттамадағы нүктемен анықталады, онда тұрақтандырғыш тоғы күрт артады. P_{CT} тұрақтандырғыштың тарату қуаты U_{CT} кернеуіне I ст токтың туындысы ретінде есептеледі:

$P_{CT} = I_{CT} \cdot U_{CT}$. Тұрақтандырғыштың дифференциалды кедергісі диод үшін вольтамперлік сипаттаманың еңістігі бойынша есептеледі.



Сурет 9.5

Эксперимент нәтижелері

Эксперимент 1. Тұрақтандырғыш арқылы кернеуді өлшеу және токты есептеу.

а). C9_021 файлын ашыңыз (сурет. 9.5). "Эксперимент нәтижелері" бөлімінің кестесінде келтірілген көздің ЭДС мәндері кезінде стабилитронда U_{CT} кернеуінің мәнін өлшеңіз және өлшеу нәтижелерін сол кестеге енгізіңіз.

б). U_{CT} кернеуінің әрбір мәні үшін 1-ст тұрақтандырғыш тогін есептеңіз есептеу нәтижелерін кестеге енгізіңіз.

в). Кестенің деректері бойынша тұрақтандырғыштың вольтамперлік сипаттамасын жасаңыз.

г). Тұрақтану кернеуін тұрақтандырудың вольтамперлік сипаттамасы бойынша бағалаңыз.

д). $E = 20$ В кернеуінде Тұрақтандырғышта шашырайтын $P_{рт}$ қуатын есептеңіз. Кернеуді тұрақтандыру саласындағы ВАХ көлбеуін өлшеңіз және осы саладағы стабилитронның дифференциалды кедергісін бағалаңыз.

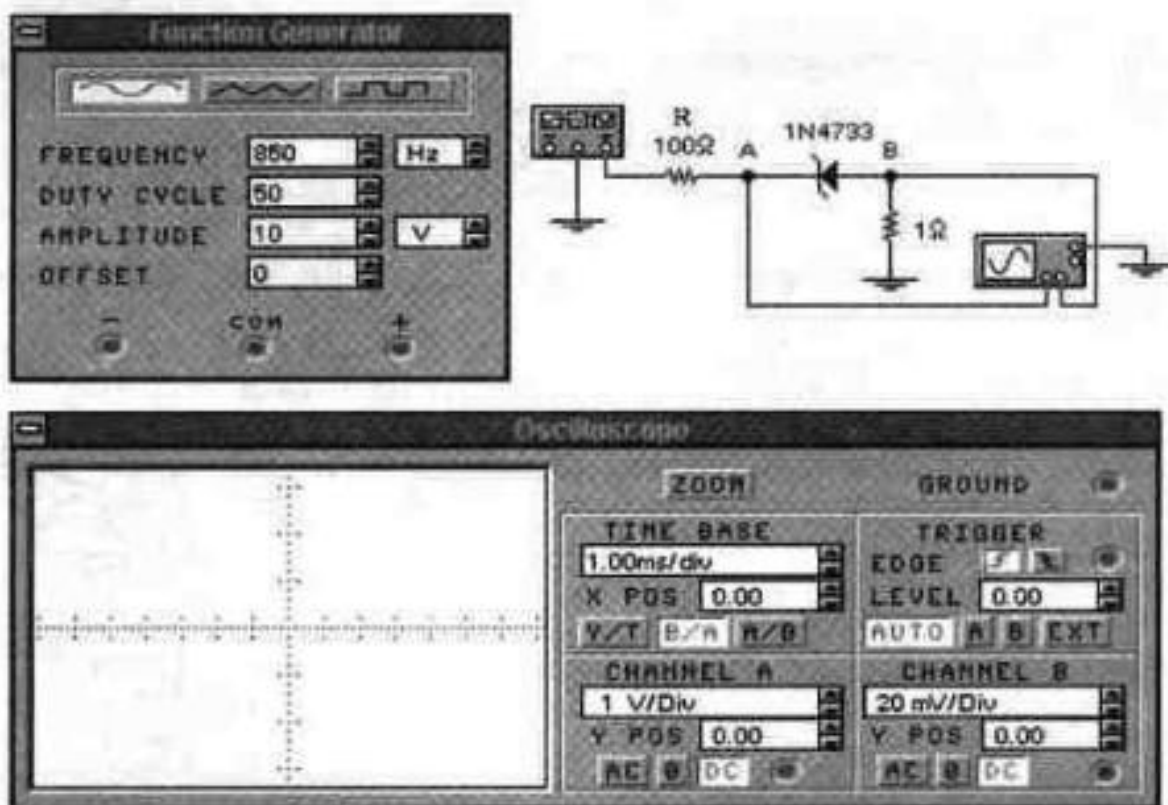
Эксперимент 2. Параметрлік тұрақтандырғыштың жүктеме сипаттамасын алу.

а). $R_i = 75 \text{ Ом}$ резисторын тұрақтандырғышқа параллель қосыңыз. ЭҚК көзінің мәнін 20В тең етіп орнатыңыз. Сызбаны қосыңыз. "Эксперимент нәтижелері" бөліміне тұрақтандырғышта $U_{ет}$ кернеуінің мәнін жазыңыз.

б). қысқа тұйықталу кезінде және $R_L 100 \text{ Ом}, 300 \text{ Ом}, 600 \text{ Ом}, 1 \text{ кОм}$ резистордың кедергісі кезінде қайталаңыз.

в). "Эксперимент нәтижелері" бөлімінде келтірілген кестеден R_L әрбір мәні үшін r_l резисторы арқылы I_L тогын r_l резисторы арқылы және 1ст стабилитрон тогы арқылы тізбектей қосылған R резисторы арқылы есептеңіз. Нәтижелері занесите в кесте.

Эксперимент 3. Осциллограф экранында ВАХ тұрақтандырғышты алу. С9_022 файлын ашыңыз (сурет. 9.6). Сызбаны қосыңыз. Осциллограф экранында графиктен алынған тұрақтандыру кернеуін эксперименталдық деректерге жазыңыз.



Сурет 9.6

Эксперименттік нәтижелер

Эксперимент 1. Кернеуді өлшеу және ток тізбегі арқылы ток есептеу.

а) ... в). Тұрақтандырғыш диодтың ВАХ құрылысы туралы деректер.

E, В	$U_{пр}$, мВ	$I_{пр}$ мА
0		
4		
6		
10		
15		
20		
25		
30		
35		

г). Тұрақтандырғыштің диодтың ВАХ құрылысы.



е). Тұрақтылық кернеуі.

$U_{СТАБ}$

е). Мощность рассеивания стабилизатора $P_{СТ}$ при напряжении $E=20 В$.

$P_{СТ}$

Измерение

Измерение

ж). Зенердің диодтың дифференциалды кедергісі жұмыс аймағында графиктің беткі жағынан анықталады.

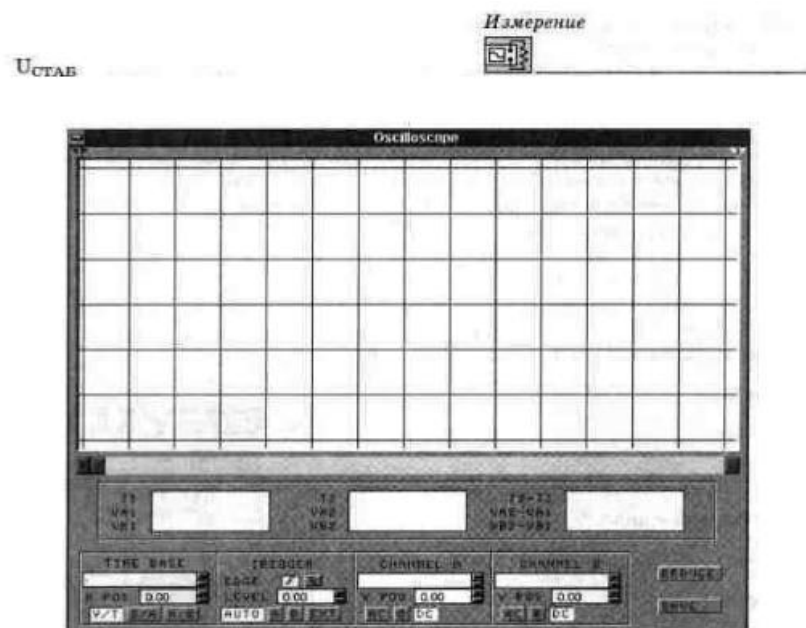
$R_{лнф}$

Измерение

Эксперимент 2. Параметрлік тұрақтандырғыштың жүктеме сипаттамасының нүктелерін өлшеу. Тұрақтандырғыш диодтың C/ст кернеуі және I_1 , I_L , I_{CT} мәндері $E = 20\text{ V}$

RL. OM	UCT B	I1 mA	IL. MA	ICT mA
75				
100				
200				
300				
600				
1K				
к.з.				

Эксперимент 3. осциллографтар экранында ВАХ дайындау. Осциллоскоппен алынған ток кернеуінің сипаттамасынан анықталған тұрақтандыру кернеуі



Сұрақтар

1. Кернеудің вариациясын кернеудегі диодтың кернеудегі кернеудегі салыстырмалы өзгерісімен салыстырыңыз. Тұрақтандыру дәрежесін бағалаңыз.
2. Жүктеме тұрақтылығының мәні тұрақтандырғыштың шығыс кернеуін тұрақтандыру дәрежесіне әсер ете ме?
3. Тұрақтандырғыштік диодтың ток кернеуі 20 mA төмен болғанда қалай өзгереді?

4. 15 В кернеуінің кіріс кернеуінде 1 тұрақтандырғыштың диодтың ток мәні қандай?

5. $R = 200$ Ом қарсылық мәні кезінде тұрақтандырғыштың диодтың мәні қандай?

6. Тұрақтандырғыштың шығысында кернеу қалай өзгереді, R кедергісі төмендейді?

2.3 Триггерлер

Мақсаты:

1. Асинхронды және синхронды триггерлердің құрылысы мен алгоритмдерін зерттеу.
2. Өтпелі функцияларды зерттеу және триггерлердің негізгі түрлерін қозғау.
3. Әр түрлі триггерлер түрлерінің өзара алмасуын зерттеу.

Приборы и элементы

Генератор слов

Вольтметр

Логические пробники

Источник напряжения + 5 В

Источник сигнала "логическая единица"

Двухпозиционные переключатели

Двухвходовые элементы И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ

RS и RS-триггеры

JK-триггер

D-триггер



Теориядан қысқаша мәліметтер

Триггер - дәйекті түрдегі қарапайым цифрлық схема. Алдыңғы бөлімдерде қарастырылған комбинациялық тізбектерде Y кез келген уақытта шығу жағдайы тек X : $Y = Y(X)$ енгізудің ағымдағы күйінде ғана анықталады. Керісінше, дәйекті тізбектің шығу күйі (сандық автомат) сонымен қатар Q : $Y = F(X, Q)$ тізбектің ішкі күйіне байланысты. Басқаша айтқанда, сандық автоматика тек қана түрлендіргіш ғана емес, сонымен қатар, бұрынғы деректерді сақтаушы және ағымдағы ақпарат көзі (мемлекет). Бұл қасиет кері байланыс схемаларының болуы арқылы қамтамасыз етіледі. Жүйелі тізбектердің негізі триггерлер болып табылады. Триггердің екі тұрақты күйі

бар: $Q = 1$ және $Q = 0$, сондықтан ол кейде екіқабаттылық схема деп аталады. Осы күйлердің қайсысы триггер іске қосылатын кірістердегі және оның алдыңғы күйіндегі сигналдарға байланысты болады, яғни жады бар. Триггердің түрі оның жұмыс істеу алгоритмі арқылы анықталады. Операция алгоритміне байланысты, триггер орнату, ақпарат және басқарушы кірулер болуы мүмкін. Орнату кірістері басқыштың күйін басқа кірістердің күйіне қарамастан орнатады. Басқару элементтері деректерді енгізу үшін деректерді жазуға мүмкіндік береді. Ең кең тараған триггерлер RS, JK, D және T-типтері болып табылады.

RS RS-trigger іске қосу тетігі - екі жағдайда болуы мүмкін жады бар қарапайым машина. Іске қосқыштың екі орнатылымы бар: сыртқы көздерден кіріс сигналдарын алатын S (set) және R (reset) параметрлері. Белсенді логикалық деңгейдің орнатылуына кірген кезде триггер қалпына келтірудің кірісіне белсенді деңгейді қолданғанда 1 ($Q = 1$, 14-12.jpg) орнатылады, триггер 0 ($Q = 0$, 14-13.jpg) параметріне орнатылады. инсталляциялық енгізу (қозғау) - бұл пассивті деңгей, содан кейін триггер шығудың алдыңғы күйін сақтайды: $Q = 0$

$$(\bar{Q} = 1) \text{ либо } Q = 1 \quad (\bar{Q} = 0)$$

Әрбір мемлекет тұрақты болып табылады және кері байланыс әрекеті арқылы сақталады. Бұл түрдегі триггерлер үшін белсенді деңгейді орнатудың екі кірісіне бір мезгілде беру мүмкін емес, себебі триггер анықтамамен бір уақытта нөлге және бір мезгілде орнатуға болмайды. Іс жүзінде, орнату деңгейіне белсенді деңгей беру, бұл күйді сақтау мүмкін болмайды және пассивті деңгей сигналдарының орнату деректеріне кейіннен берілсе, бұл триггер қандай күйде болатынын анықтау мүмкін емес. Суретте. 14.1 және 14.2 элементтерінде OR-NOT немесе NOT-NOT элементтерінде орындалатын RS-триггерлердің екі түрі көрсетіледі. Диаграммада сур. 14.1 белсенді деңгей - бұл фиг. 14.2 - логикалық нөл деңгейі. Диаграмма. 14.2 RS-флип-флопын кері кірісімен - RS-флип-флоп деп атайды. RS-trigger - дәйекті тізбектерді құрудың негізгі түйіні. Осы түрдегі «дәйекті» тізбектердің атауы шығыс күйі кіріс жиыны кірістерге және бұрынғы ішкі күйдің қандай болатынына байланысты. Мысалы, егер RS-flip -re (сурет 14.1) алдымен $R = 0$, $S = 1$ (қысқартылған кіріс-01) тіркесімін орнатып, $R = 0$, $S = 0$ (00) = I. Егер біз алдымен 10 тіркесімін орнатып, одан кейін 00 болса, онда шығыс күйі әр түрлі болады - $Q = 0$, кірулерде сигналдардың сол комбинациясына қарамастан. Осылайша, бірдей кіріс сигналымен 00, іске қосу шығысы әртүрлі жағдайларда болуы мүмкін. Бір мемлекеттен екіншісіне өтуді іске асыру шарттары (операцияның алгоритмі) кестелік, аналитикалық немесе графикалық жолдармен сипатталуы мүмкін. RS-флип-флоп операциясының кестелік сипаттамасы 14.1-кестеде (өтпелі кесте) және 14.2 кестеде (қозғау функциясының кестесі) берілген.

Кесте 14.1

R	S	Qt+1
0	0	Qt
0	1	1
1	0	0
1	1	-

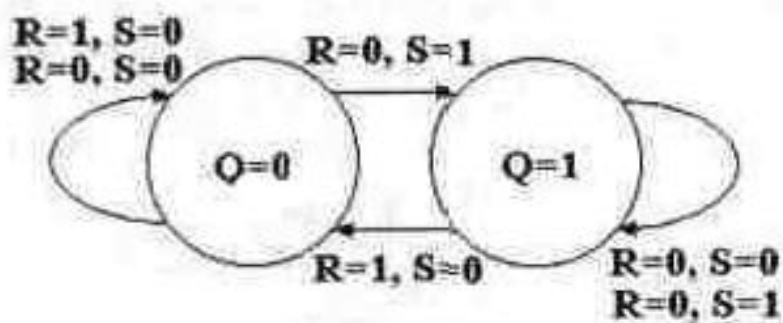
Кесте 14.2

Qt	Qt+1	R	S
0	0	x	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	x

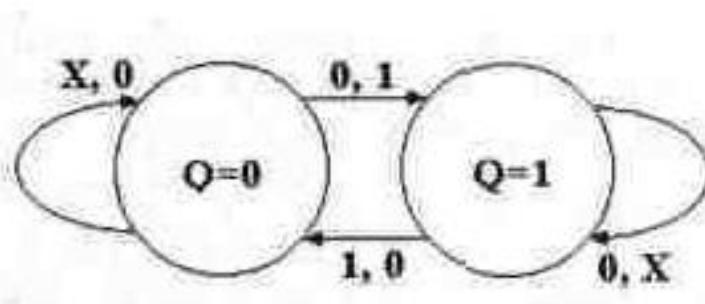
Келесі кесте кестелерде пайдаланылады: Qt алдыңғы шығу күйі; Qt + 1 - көшуден кейін құрылған жаңа жағдай (мүмкін Qt + 1 = Qt); x - бей-жайсыз сигнал мәні: 0 немесе 1; - - белгісіз күй. Аналитикалық сипаттама (сипаттамалық теңдеу) логика алгебрасының ережелеріне сәйкес 14.1, 14.2-кестелерден алынуы мүмкін:

$$Q_{t+1} = \bar{R}S \vee \bar{R} Q_t = \bar{R} (S \vee Q_t)$$

Qt – 1-ден Qt-ге тәуелділігі алдыңғы күйді есте сақтау қасиетін сипаттайды. RS-флип-флоп операциясының сипаттамасы суретті қараңыз. 14.3 (графикалық әдіс).



Сурет 14.3а



Сурет 14.3а

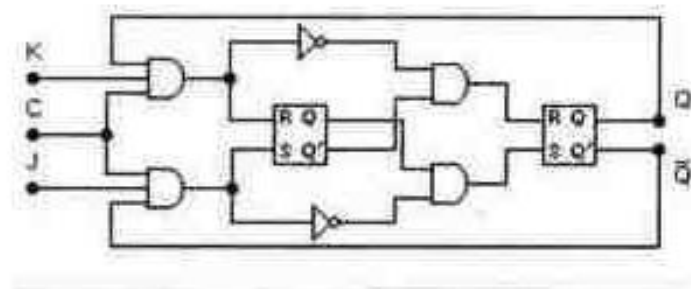
Сурет 14.3а көрсеткендей, $Q = 0$ күйінде болатын схема кіріс жиілігі $R = 0, S = 0$ әсер еткен кезде де, $R = 1, S = 0$ әсер еткен кезде де сақталады. Егер $Q = 0$ күйіндегі тізбектің енгізілуінде $R = 0, S = 1$ болса, онда ол $Q = 1$ -ге кіреді және оны $H = 0, S = 1$ немесе $R = 0$ кіріс жиындарымен бірге сақтайды, $S = 0$. Суретте 14.36 триггердің сол сызбасы көбірек ықшамдалған. Кез келген мәнді қабылдайтын кіріс сигналдары (0-ден де, 1-де де) X ретінде белгіленеді және белгілеу орны R, S -ға сәйкес келеді. 2. JK флип-флопты JK-флип-флопты RS-флип-флопқа қарағанда күрделі, құрылымы және көп функционалдығы. J және K ақпарат кірістерінен және Q және Q -нен тікелей және кері шығулардан басқа, JK-флип-флоптың басқару тетігі бар C (бұл дабыл дабыл немесе санау), сондай-ақ R және S -дабылдарының асинхронды қондырғысы болады. Әдетте, орнату сигналдарының белсенді деңгейлері нөлге тең болады, суреттегі диаграммадағыдай. 14.2. Орнату кірісі басқалардан басым болады. S кірісіндегі белсенді сигнал деңгейі триггерді $Q = 1$ жағдайына орнатады және басқа кірістердегі сигналдарға қарамастан, R енгізуіндегі белсенді сигнал деңгейі $Q = 0$ мәніне дейін. Орнату кірістері бір мезгілде пассивті сигнал деңгейін қолданса, триггер күйі өтпелі кестелерде (14.3-кесте) және қозғау функцияларында көрсетілгендей, J және K кірістерінің күйіне байланысты санау кірісінде өзгереді (14.4-кесте).

Кесте 14.3

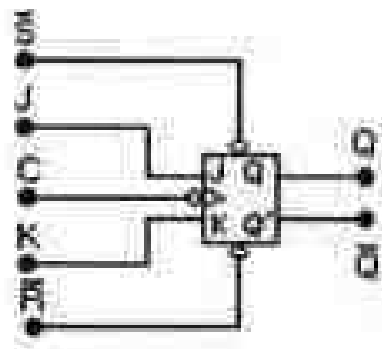
S	k	Q_{t+1}
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	Q_t

Кесте 14.4

Q_t	Q_{t+1}	J	k
0	0	x	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	x



Сурет 14.4а

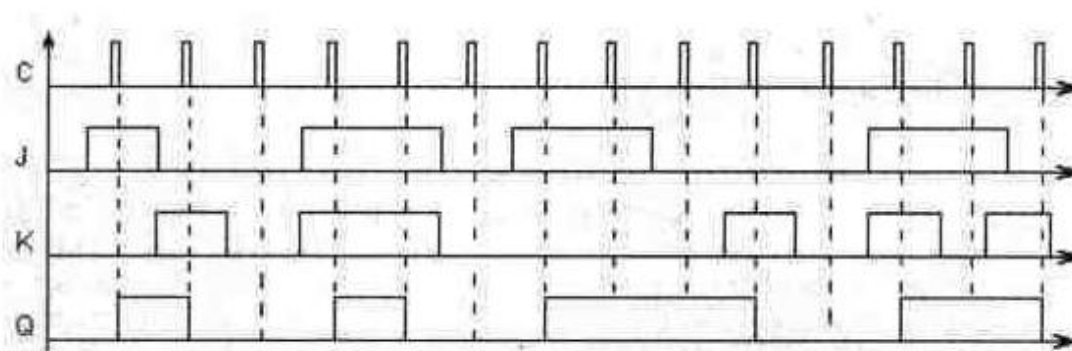


Сурет 14.4б

JK флип-флопының жұмысы сипаттама теңдеуімен сипатталады:

$$Q_{t+1} = J_1 Q_1 \vee Q_t K_t$$

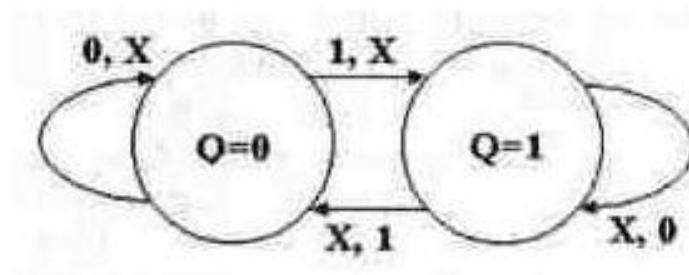
JK-флип-флоптың функционалдық схемасының логикалық нөлге және оның әдеттегі графикалық таңбасына (UHD) кірістері бар нұсқаларының нұсқаларының бірі суретте көрсетілген. 14.4а, б. R = S = 1 кезінде оның жұмысының уақыт диаграммалары күріш көрсетілген. 14.5.



Сурет 14.5

RS флип-флипті сияқты, JK флип-флоптың күйін өзгерту өтпелі графамен ұсынылуы мүмкін (14.6-суретті қараңыз). Қандай да бір мәнді қабылдайтын кіріс сигналдары (0 және 1 сияқты) X ретінде белгіленеді және белгілеу орны J, K-ге сәйкес келеді. Бұл сурет жаңылыстырмауы керек: егер X = 1 болса, онда JK = 11 схемасы Q = 0 күйінен Q = 1 мәніне дейін жылжытыңыз. Бірақ осы

жағдайдан бастап схема $Q = 0$, және т.б. оралу керек. Бұл кесте осциллятордың жұмысын сипаттайды. Бұл жағдайда шығудағы барлық өзгерістер тек сағат сигналында теріс өзгеріс болғанда ғана болады. Шындығында, егер $J = K = 1$ болса, әр жаңа сағаттан импульс шығыс мәні оның мәнін керісінше өзгертеді және триггер автоматты осциллятор емес, жиілік бөлгіш ретінде 2 болады. 3. D-триггері. D-триггерлерде D (деректер) бір ақпараттық енгізу бар. Енгізуден алынған ақпарат D тіркеушіге C санауыш кіруде оң дифференциалды импульс арқылы енгізіледі және триггердің санауышындағы келесі оң дифференциалға дейін сақталады. Қосымша есептік жазба-



Сурет 14.6

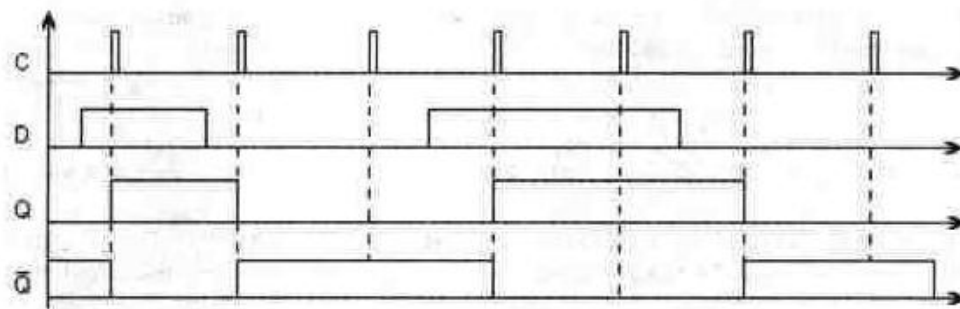
C және ақпараттық D кірістері, триггер R және S кірістерін асинхронды орнатумен жабдықталған. Орнатылған кірулер басымдық болып табылады. Олар C және D кірулеріндегі сигналдарға қарамастан триггерді орнатқан. D-флип-флоптың жұмыс істеуі ауыспалы кесте (14.6-кесте), қозғау функцияларының кестесі (Кесте 14.6) және кіріс және шығыс сигналдарының диаграммалары (14.7-сурет) сипатталған.

Кесте 14.5

D	Q_{t+1}
0	0
1	1

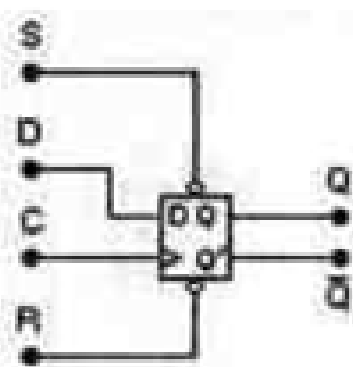
Кесте 14.6

Q_t	Q_{t+1}	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

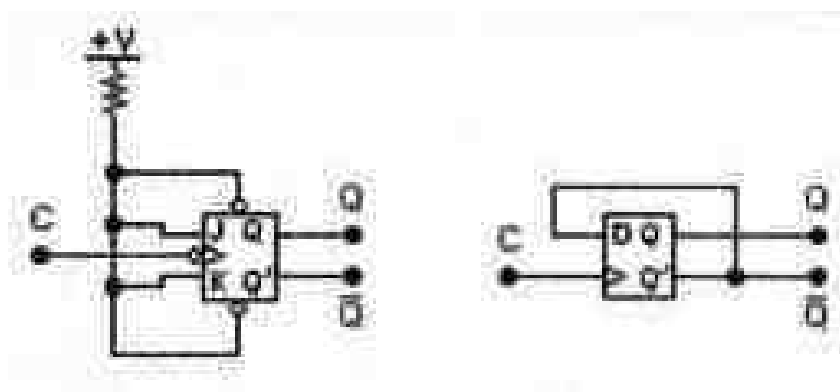


Сурет 14.7

D-флип-флоптың сипаттамалық теңдеуі: Q . (14.8-сурет)

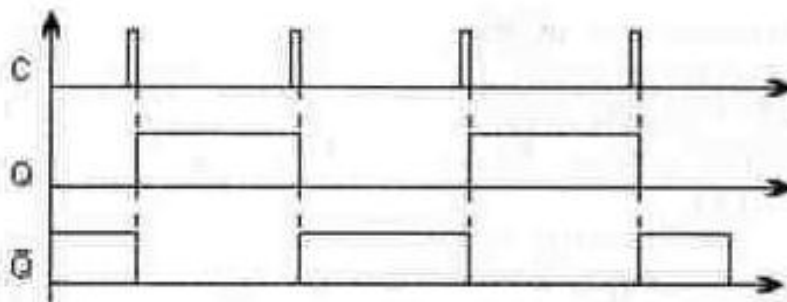


Сурет 14.8



Сурет 14.9

D-флип-флоптарының функционалды тізбегі J-флип-флоптық схемасынан (рис.14.5d) K кірісін КЖ-ға инвертор арқылы қосу арқылы алуға болады: $D = J = K$. 4. T-flip-flop (флип-флопты санау) JK-flip-flops және D-flip-flops негізінде санау режимін іске асыратын тізбектерді құруға болады. Мұндай схемалар T-триггерлер деп аталады немесе триггерлерді санайды және олар осы функциямен байланысады. Суретте. 14.9 схеманы көрсетеді



Сурет 14.10

JK және D-триггерлер негізіндегі T-trigger ұйымдары. Есептеу режимі суретті қараңыз. 14.10. Логикалық нөлдік қондырғының кірістері бар JK-флип-флопта санау режимі $J = K = 1$ және $R = S = 1$ және кіріс сигналы T-ге кіріс сигналын қолдану арқылы жүзеге асырылады. Әрбір теріс дифференциалға арналған жұмыс кестесіне сәйкес (14.3 және 14.4 кестелер) кіріс сигналының T күйі оның мәнін керісінше өзгертеді. D-флип-флоп санау режимінде кері байланыс арқылы жүзеге асырылады (D-дан кіріс кері кіріс сигналы болып табылады). Осылайша, D әрпінде сигналдың теңсіздігі және шығыс сигналында Q: егер $Q = 1$, $D = 0$ болса, онда әрқашан бар. Демек, D-флип-флоптың қағидасына сәйкес есептегіш кіруде әр позитивті сигналдың төмендеуімен шығу күйі кері қайтарылады. Осылайша, әрбір екі кіріс сигнал импульсінің үшін T-flip-flop шығыс сигналының Q кезеңінің бір кезеңін шығарады. Демек, флип-флоп 2:

$$f_Q = f_T / 2$$

мұнда f_Q - триггер шығысындағы импульстік қайталану жылдамдығы.

Эксперименттік процедура

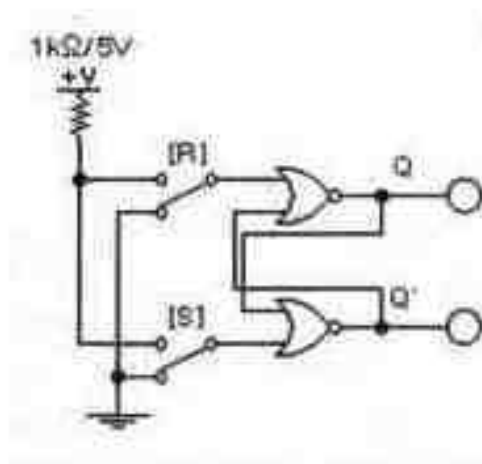
Эксперимент 1. RS флип-флопын зерттеу.

а) C14_01 файлын суретте көрсетілген диаграммамен ашыңыз. 14.11. Схеманы қосыңыз. Кездейсоқ, келесі сигналдарды тізбеге қолданыңыз: $S = 0$, $R = 1$; $S = 0$, $R = 0$; $S = 1$, $R = 0$; $S = 0$, $R = 0$.

Төмендегілерге көз жеткізіңіз: • $S = 0$, $R = 1$ болса, триггер күйге орнатылған $Q = 0$; • $S = 0$, $R = 0$ болса, триггер $Q = 0$ шығуының алдыңғы күйін сақтайды; • $S = 1$, $R = 0$ болса, триггер $Q = 1$ күйіне орнатылады; • $S = 0$, $R = 0$ болса, триггер $Q = 1$ шығуының алдыңғы күйін сақтайды.

б.) Әрбір өтпелі кезең үшін (күйді өзгерту немесе алдыңғы біреуін сақтау) «Эксперимент нәтижелері» бөлімінде суреттің түріне байланысты өтпелі графикті суреттеңіз. 14.3.

в). Эксперимент нәтижелеріне сәйкес сурет үшін қозғалыс функцияларының кестесін толтырыңыз. 14.11, «Эксперименттік нәтижелер» бөлімінде берілген (14.7-кесте).



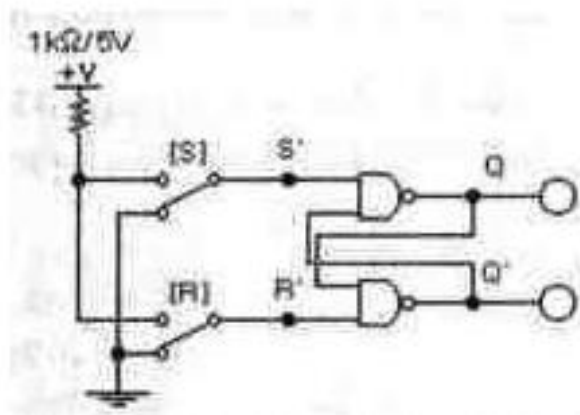
Сурет 14.11

Эксперимент 2. RS-триггерін зерттеу.

а) C14_02 файлын суретте көрсетілген диаграммамен ашыңыз. 14.12. Схеманы қосыңыз. Кездейсоқ, келесі сигналдарды тізбеге қолданыңыз: $S = 1, R = 0$; $S = 0, R = 0$; $S = 0, R = 1$; $S = 0, R = 0$. Тексеріңіз: • $S = 1, R = 0$ болса, триггер шығысы $Q = 0$ болатын күйге орнатылады; • $S = R = 1$ болған кезде триггер $Q = 0$ шығысының мәнін сақтайды; « $S = 0, R = 1$ болса, триггер $Q = 1$; • $S = 1, R = 1$ болса, алдыңғы шығу мәні $Q = 1$ сақталады.

б.) Әрбір өтпелі кезең үшін (күйді өзгерту немесе алдыңғы біреуін сақтау) «Эксперимент нәтижелері» бөлімінде суреттің түріне байланысты өтпелі графикті суреттеңіз. 14.3.

в). Эксперимент нәтижелеріне сәйкес сурет үшін қозғалыс функцияларының кестесін толтырыңыз. 14.12, «Эксперименттік нәтижелер» бөлімінде берілген (14.8-кесте).



Сурет 14.12

Эксперимент 3. JK-триггерін зерттеу.

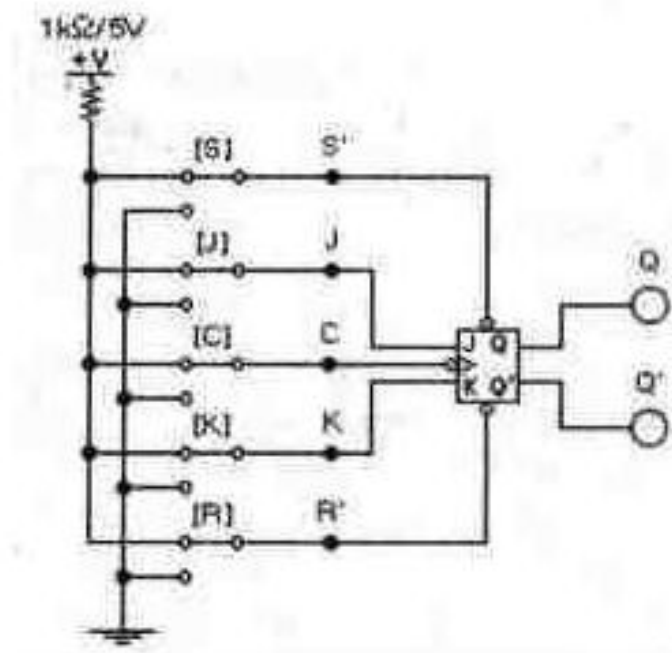
а) C14_03 файлын суретте көрсетілген диаграмма арқылы ашыңыз. 14.13. Схеманы қосыңыз. Көз жеткізіңіз: • $R = 1, S = 0$ болса, триггер басқа кірістердің күйіне қарамастан 1 ($Q = 1, Q' = 0$) • $R = 0, S = 1$ кезінде триггер басқа кірістердің күйіне қарамастан 0 ($Q = 0, Q' = 1$) күйіне орнатылады.

б.) $S' = R'1$ орнатыңыз, қозғау функциясының кестесінің жарамдылығын тексеріңіз (14.4-кесте), эксперимент нәтижелері бойынша «Эксперимент нәтижелері» бөлімінде 14.9 кестені толтырыңыз.



Ескерту: $Q_t = 1$ алу үшін қысқа сигнал $S' = 0$ және сигнал $R' = 0$ алу үшін триггердің бастапқы күйін орнатыңыз. Триггер $Q_t + 1$ күйіне ғана кіріс сигналының теріс жиегіне ауысады, кілт

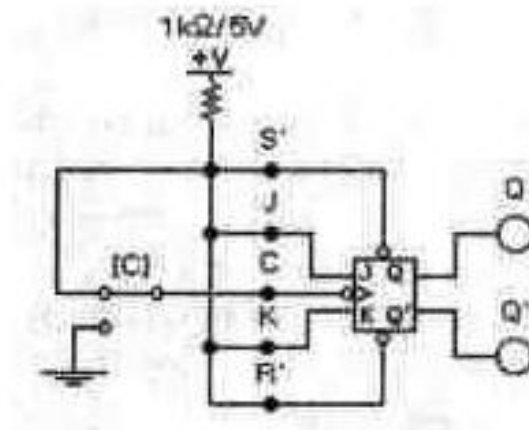
с.) Q_t, J_t, K_t барлық ықтимал комбинациялары үшін триггердің уақыт диаграммаларын жасап, оларды «Эксперимент нәтижелері» бөліміне шығарыңыз.



Сурет 14.13

Эксперимент 4. Есептеу режимінде JK-флип-флопын зерттеу (Т-флип-флоп).

а) Суретте көрсетілген схеманы жинаңыз. 14.14. Схеманы қосыңыз. Кірістің күйін тиісті кілтпен өзгерту «Эксперименттік нәтижелер» бөлімінде есептегіш режимде іске қосу әрекетін диаграммаға салу.

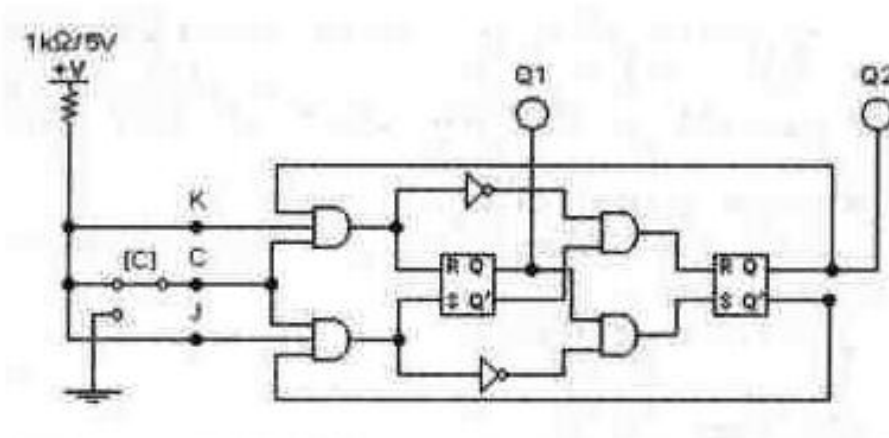


Сурет 14.14

Эксперимент 5. Логикалық элементтер мен RS-триггерлер негізіндегі JK-триггерін зерттеу.

С14_04 файлын суретте көрсетілген диаграмма арқылы ашыңыз. 14.15. Схеманы қосыңыз. С кірісіндегі сигнал деңгейін өзгерту, RS флип-флоптарының Q_1 және Q_2 шығуындағы сигналдардың уақыт диаграммаларын жасап, оларды «Эксперимент нәтижелерінде» бөліміне сүйреп апарыңыз.

Триггер режимін көрсетіңіз. Сигналдың өзгеру сәттеріне қатысты Q1 және Q2 сигналдарының өзгеру сәттерін анықтаңыз. RS-флип-флоптардың коммутация уақытын диаграммаларда көрсету.



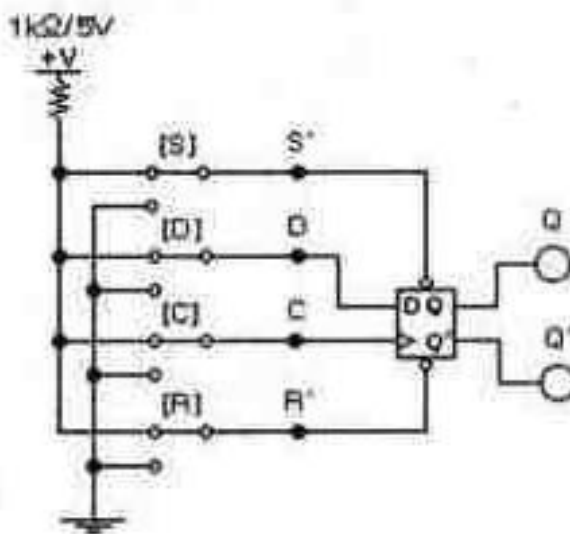
Сурет 14.15

Эксперимент 6. D-триггерін зерттеу.

а) C14_05 файлын суретте көрсетілген диаграммамен ашыңыз. 14.16. Схеманы қосыңыз. Көз жеткізіңіз: • R = 1, S = 0 болса, триггер басқа кірістердің күйіне қарамастан 1 ($Q = 1, Q' = 0$) деп орнатылғанда; • R = 0, S = 1 болса, триггер басқа кірістердің күйіне қарамастан 0 ($Q = 0, Q' = 1$) күйіне орнатылады.

б). S' = R' = 1 орнатыңыз, эксперимент нәтижелеріне сәйкес «Эксперименттік нәтижелер» бөлімінде 14.10 кестені толтырыңыз, қозғау функциясы кестесінің шынайылығын тексеріңіз (кесте 14.6).

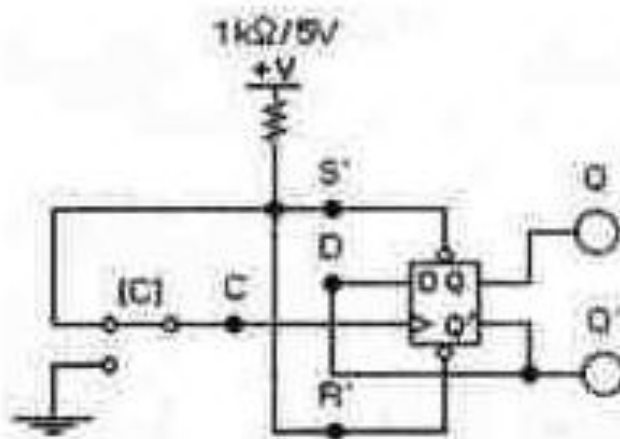
в). Q_t , D_t барлық ықтимал комбинациялары үшін триггердің уақыт диаграммаларын жасап, оларды «Эксперимент нәтижелері» тарауына шығарыңыз.



Сурет 14.16

Эксперимент 7. Есептеу режимінде D-trigger операциясын зерттеу.

Суретте көрсетілген схеманы жинаңыз. 14.17. Сағаттық импульстарды санды [C] пернесін пайдаланып санауыш енгізуді қолданып, зондтарды пайдаланып триггер шығуының күйін анықтау, есептегіш режимде іске қосу әрекетінің уақыт диаграммаларын жасап, оларды «Эксперименттік нәтижелер» бөліміне енгізіңіз.



Сурет 14.17

Эксперименттік нәтижелер

Эксперимент 1. RS-триггерін зерттеу. б). Өтпелі графиктер.

Состояние входов	Граф перехода
S=0, R=1	
при переходе к S=R=0	
при R=1, S=0	
при переходе к S=R=0	

в). Қозғау функцияларының кестесі.

14.7-кесте

Q	Qt+1	R	S
0		0	0
0		1	0
0		0	1
1		1	0
1		0	0
1		0	1

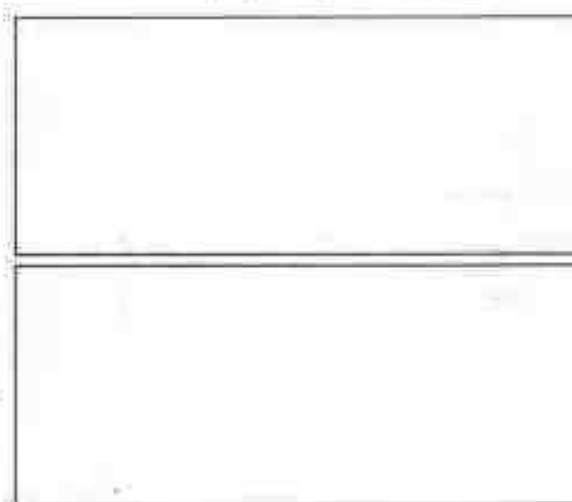
Эксперимент 2. RS-триггерін зерттеу. б). Өтпелі графиктер.

Состояние входов

Граф перехода

S=1, R=0

при переходе к S=R=1



в). Қозғау функцияларының кестесі. Кесте 14.8

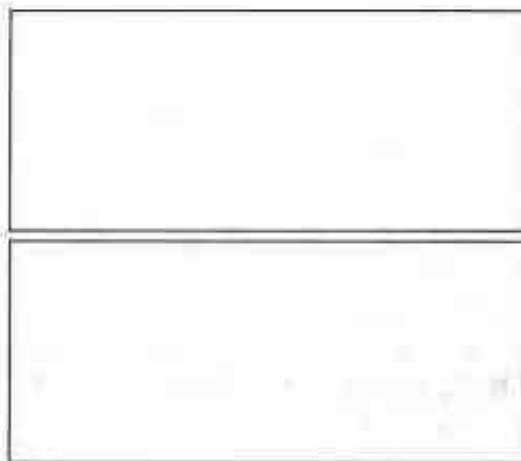
Q	Qt+1	R	S
0		0	0
0		1	0
0		0	1
1		1	0
1		0	0
1		0	1

Состояние входов

Граф перехода

при $R=0, S=1$

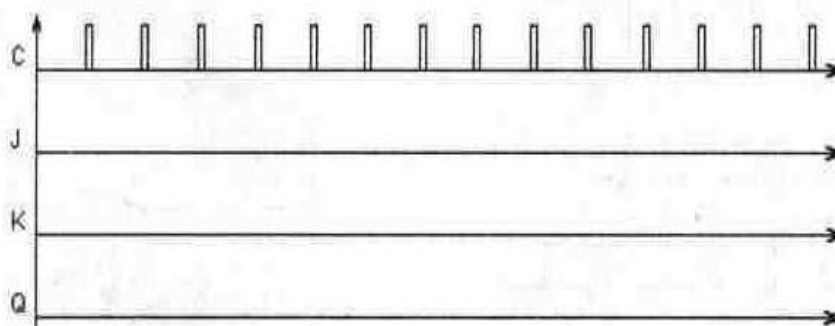
при переходе к $S=R=1$



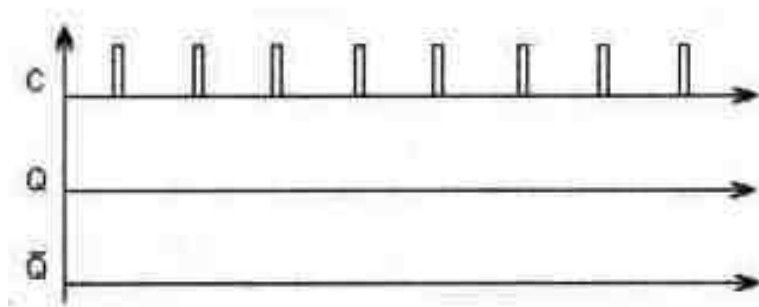
Эксперимент 3. Дж.К. зерттеуі. б). Қозғау функцияларының кестесі.
Кесте 14.9

Q_t	Q_{t+1}	J	k
0		0	0
0		0	1
0		1	0
0		1	1
1		0	0
1		0	1
1		1	0
1		1	1

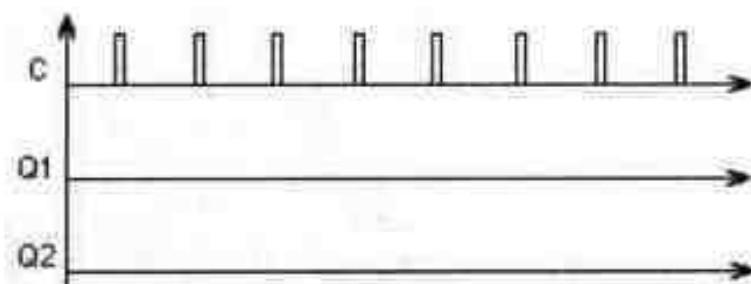
в). Триггер диаграммасы.



Эксперимент 4. Есептеу режимінде ЖК-флип-флопын зерттеу (Т-флип-флоп). Триггер диаграммасы.



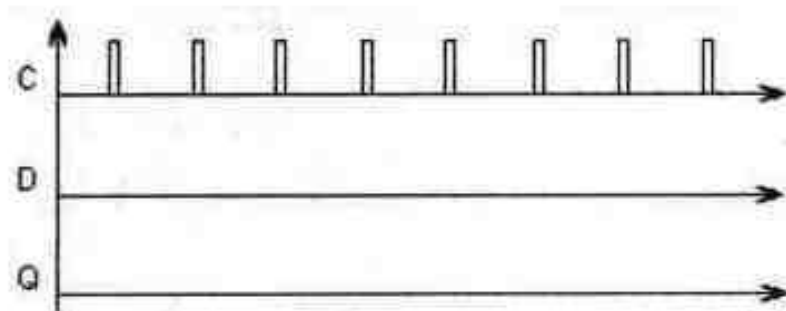
Эксперимент 5. Логикалық элементтер мен RS-триггерлер негізіндегі JK-триггерін зерттеу. Триггер диаграммасы.



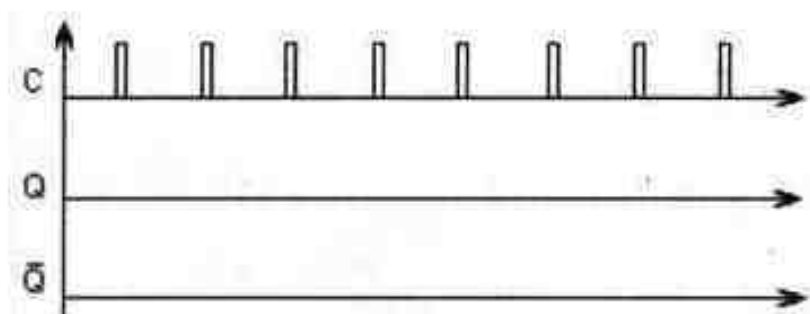
Эксперимент 6. D-Trigger Study. б). Қозғау функцияларының кестесі, 14.10-кесте.

Q	Q _{t+1}	J	k
0		0	0
0		0	1
0		1	0
0		1	1
1		0	0
1		0	1
1		1	0
1		1	1

в). Триггер диаграммасы.



Эксперимент 7. Есептеу режимінде D-trigger операциясын зерттеу. Триггер диаграммасы.



Сұрақтар

1. Үстел шамы жады элементін ауыстырады ма?
2. Егер сіз бұрынғы сұрақты жалғастырсаңыз, қалай сипаттауға болады:
 - а) батырманың ауыстырғышы (бір рет басқанда - шам жанып тұрса, екінші рет басылғанда - шам өшіп қалды);
 - б) рокер қосқышы: бір иық басылған - шам жанып тұрған немесе әлі де жанып тұрған; басқа иығында басылған - шығып кетті. Триггерлердің қандай түрлеріне ұқсас?
3. RS флип-флоптарының тікелей кіруімен жұмыс істеуі RS флип-флоптарының кері кері байланыспен жұмысынан қалай ерекшеленеді?
4. Неліктен RS-флип-флоптың «тыйым салынған» деп аталатын сигналдарының комбинациясы 11?
5. Триггер өтпелі үстелінің және қозғау функциясының кестесі арасындағы айырмашылық қандай?
6. Жаттығу сипаты триггерлердің тән теңдеулерінде қалай көрінеді?
7. Синхронды және асинхронды триггерлердің жұмысының негізгі айырмашылығы қандай?
8. Синхронды триггерлердегі ақпарат пен қондырғы кірісінің басымдылығы қандай?

9. $J = K = 1$ осцилляторға айналмаған кезде JK-триггері не үшін керек?
10. Неліктен Т-триггер есепшоттың атын алды? Ол қандай импульстарды есептей алады?
11. Егер $D = \text{тырнақша}$ $D = Q$ қалай жұмыс істейді?

3. Тұрақтандыру жүйелерін модельдеу

3.1 Резонантты тізбектер. Ең қарапайым тізбектердің жиіліктік сипаттамалары

Мақсат.

1. Сериялық тербеліс тізбегінің элементтерінің амплитудалық-жиілік сипаттамаларын зерттеу (кернеу резонансы).
2. Сериялық тербеліс тізбегінің элементтерінің фазалық-жиілік сипаттамаларын зерттеу (кернеу резонансы).
3. Параллельді осцилляторлық тізбектердің элементтерінің амплитудалық-жиілік сипаттамаларын зерттеу (ағымдағы резонанс).
4. Параллельді ауытқу тізбегінің элементтерінің фазалық-жиілік сипаттамаларын зерттеу (ағымдағы резонанс).

Амперметры

Вольтметры

Осциллограф

Бode-плоттер

Источники гармонической ЭДС

Источники гармонического тока

Резисторы

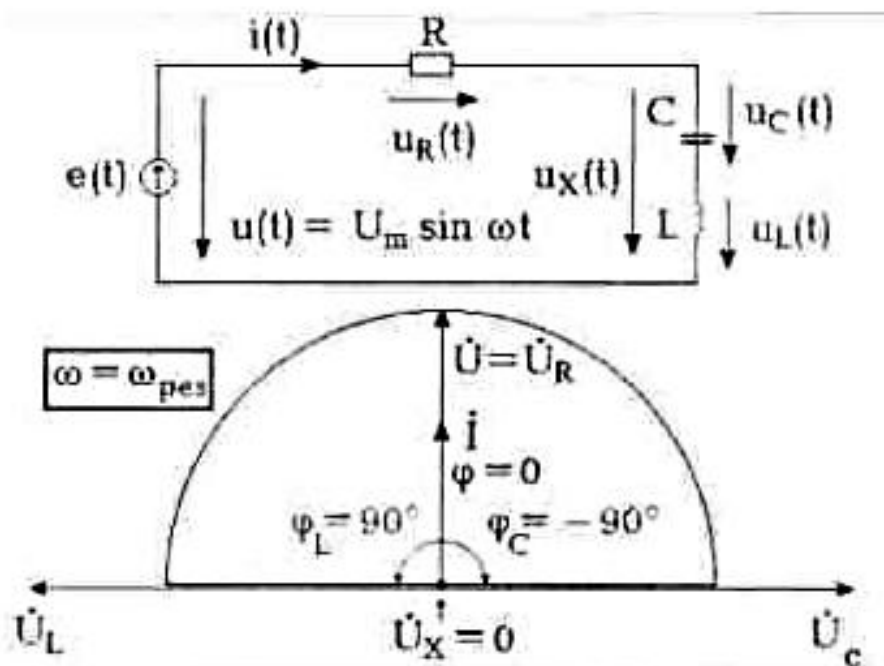
Конденсаторы

Катушки индуктивности



Теориядан қысқаша ақпарат

1. Тербеліс тізбегіндегі резонанс (кернеу резонансы). Резонанс режимі үшін дәйекті осцилляторлық тізбектің диаграммасы және векторлық схема ұсынылған. 5.1



Сурет 5.1

Контур келесі параметрлермен сипатталады:
Толқын кедергісі

$$\rho = x_{\text{Cрез}} = x_{\text{Lрез}} = \frac{L}{C};$$

резонанстық жиілік

$$F_{\text{рез}} = \frac{1}{2\pi LC}$$

контурдың сапа факторы

$$Q = \frac{U_{\text{Cрез}}}{U_{\text{Rрез}}} = \frac{U_{\text{Lрез}}}{U_{\text{Rрез}}} = \frac{\rho}{R}$$

онда $U_{\text{Cрез}}$, $U_{\text{Lрез}}$, $U_{\text{Rрез}}$ - резонанстық резонанс бойынша резонанстық, индуктивтілік және қарсылық сәйкесінше $x_{\text{Cрез}}$, $x_{\text{Lрез}}$ - резонанстық жиілікте конденсатордың және индуктивтіліктің реакциясы.

2. Суретпен ($x > x_{\text{рез}}$) векторлық диаграммалар - жиіліктің көбеюі бар векторлық схемалар (сурет 5.2 (аралық жиіліктің диаграммасы сол жақта, оң жақта - шектік жағдайда көрсетіледі) жиіліктің ұлғаюына байланысты сыйымдылық азаяды және индуктивтілік артады, ал жалпы реактивтіліктің жоғарылауы (5.2 сурет) Ауыстыру бұрышы (ток және кернеу арасындағы) Абсолютті мәннің жоғарылауы, қалған позитивтер Индуктордағы жиіліктегі кернеу қарсыласудың жоғарылауына байланысты көбеюде, содан кейін

тізбектегі ток төмендеуіне байланысты азаяды. сипаттамалық жиілікте қол жеткізілді

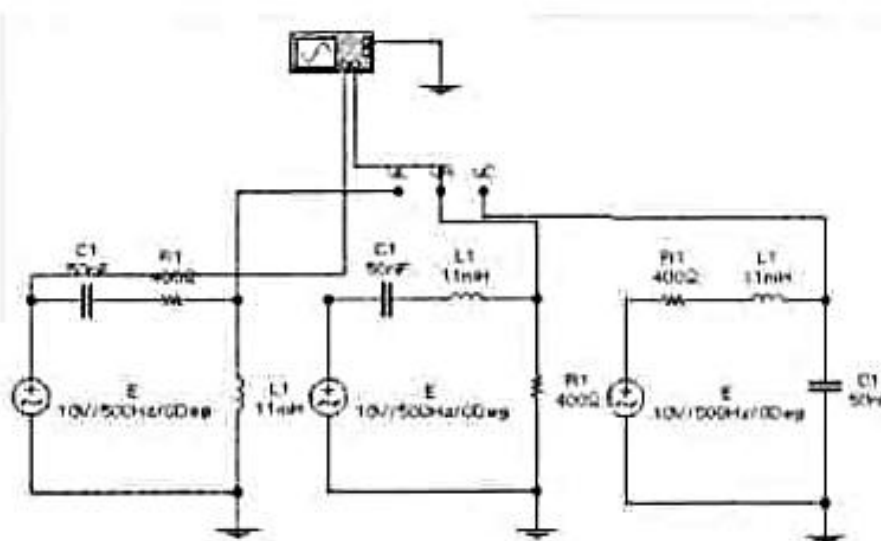
$$F_L = F_{\text{рез}} \frac{1}{1 - R^2/2\rho^2}$$

Тәжірибелердің тәртібі

Эксперимент 1. Осциллографты пайдалана отырып тізбекті тербеліс тізбегінің жиілік сипаттамаларын өлшеу.

а) резонанстық жиіліктегі элементтерге тиімді мәндер мен кернеулердің фазаларын өлшеу. Индуктивтілік катушкалардағы ең жоғарғы кернеу жиілігін есептеңіз (OLN жиілігінің АҚШ-тың конденсаторындағы максималды кернеу жиілігі) 5. 5-кестедегі «Эксперименттік нәтижелер» бөлімінде есептеу нәтижелерін енгізіңіз (5.7-сурет). Эксперимент нәтижелерінің бөлімінде жоғары қарсыласу, UQ конденсаторы және UL индуктивтіндегі кернеулердің осциллограммалар бөліміндегі осциллографтар экраны Осциллографты пайдалана отырып, $\Gamma = D_{\text{ream}}$ үшін тиімді мәнді және E, Жоғары, Uс және UL фазаларын есептеңіз және өлшеңіз. осы жиіліктер үшін кешенді жазықтықта, әр диаграммадағы ток ағынын нақты оське бағыттайды

б) $F = 0.5F_c$ жиілігінде элементтерге арналған тиімді кернеулер мен фазалардың өлшемін өлшеу. «Эксперименттік нәтижелер» бөліміндегі осциллографты экранға шығыңыз және UR резисторы бойынша кернеулер осциллограммы, конденсатордың U_p және индуктивтілік U_i кезінде $F = 0.5F_c$. Effective value және E, id, id және UL фазаларын осциллографтар көмегімен есептеу және өлшеу. Осы жиіліктегі кешенді жазықтықтағы векторлық диаграммаларды құрастырыңыз, әр диаграммадағы ток ағынын нақты оське бағыттаңыз.



Сурет 5.7

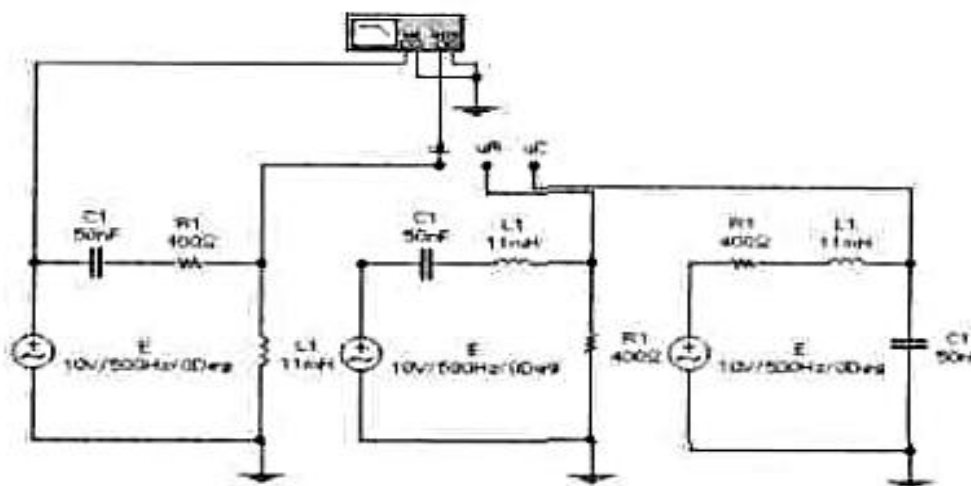
в) жиілікте элементтерге арналған тиімді кернеулер мен фазалардың фазаларын өлшеу $F = 2F \wedge$. «Эксперименттік нәтижелер» бөліміндегі осциллографтар экранында U_R , U_c конденсаторы және индуктивтілік U_L кедергілеріндегі осциллограммтар, резисторадағы жоғары кернеулер, U_c конденсаторы және индуктивтілік U_L үшін $F = 2Fi$. , U_R , U_c және U_L осциллоскопты қолданыңыз. Осы жиіліктегі кешенді жазықтықтағы векторлық диаграммаларды құрастырыңыз, әр диаграммадағы ток ағынын нақты оське бағыттаңыз.

Эксперимент 2. Сериялық тербеліс тізбегінің жиіліктік сипаттамалары (Бод-Плоттер арқылы зерттеу). Файлды c5_02.ca4 ашыңыз (сурет 5.8). Бод-Плоттердің шығуын әртүрлі контур элементтеріне қосу (5-суреттегі U_L , U_R , U_c нүктелері), 0, $B_c / 4$, ($O_p / 2$, Y_{ur} , (o) жиіліктерінде амплитудалық-жиілік және фазалық жиілік сипаттамаларының мәндерін анықтаңыз. 0, $Ш_c / 4$, ($O_p / 2$, $Ю_p$, (o)o-(0c) / 2, $C0_o$, ((Oь-й1o) / 2, 0)ц $2o > L$, $4oiL$. «Тәжірибелік нәтижелер» бөлімінде көрсетілген «Бодет» плоттерінің экрандарындағы жиілік сипаттамаларын сызыңыз. Бод-Плоттер және осциллоскопты пайдалану.

U_r резистор арқылы кернеу үшін амплитудалық-жиілік және фазалық-жиілік сипаттамаларын есептеңіз, U_c конденсаторы және индуктивті U_L жиілігі үшін

$$0, \quad \omega_c/4, \quad \omega_c, \quad (\omega_0 - \omega_c)/2, \\ \omega_0, \quad (\omega_t - \omega_0)/2, \quad \omega_t, \quad 4\omega_t$$

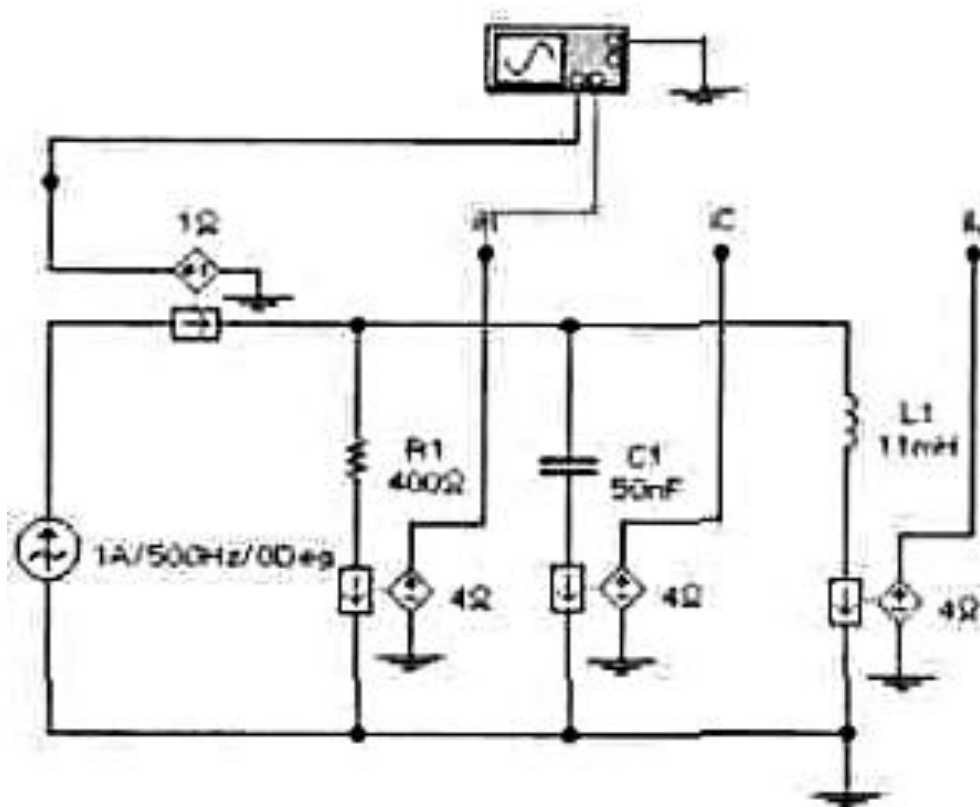
Есептеу нәтижелеріне сәйкес, эксперименттік нәтижелерге эксперименталдық кестелерде қарсылық, индуктивтілік катушкалары мен конденсатор бойынша кернеулер үшін жиілікке жауап беру және фазалық реакция нүктелерін қолданыңыз. Осы жиіліктер үшін кешенді жазықтықтағы векторлық диаграммаларды құрастырыңыз, әр диаграммадағы ток ағынын нақты ось бойынша бағыттаңыз.



Сурет 5.8

Эксперимент 3. Осциллографты пайдалана отырып параллельді осцилляторлық тізбектің жиілік сипаттамаларын өлшеу.

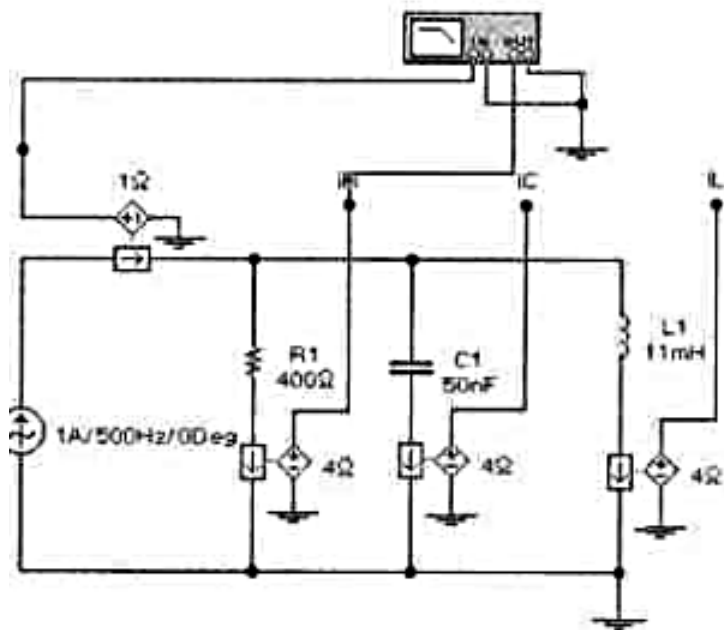
а) резонанстық жиіліктегі элементтер арқылы токтардың тиімді мәндері мен фазаларын өлшеу. Резонанстық жиілікті, конденсатор арқылы индуктор арқылы максималды ток жиілігін есептеңіз. Есептеу нәтижелері 5-кестеде келтірілген. 2-бөлім «Тәжірибелердің нәтижелері. C5_03» файлын ашыңыз. са4 (сурет 5.9). «Эксперименттік нәтижелер» бөліміндегі осциллографтар экранында ағымдағы осциллограммаларды резистор IR, конденсатор IC және индуктивтілік IL арқылы алыңыз және сызыңыз. Осциллографты пайдалана отырып, $F = F$ ажырату үшін J, IR, IC және IL-тың тиімді мәнін және фазасын есептеңіз және өлшеңіз. Осы жиіліктер үшін күрделі жазықтықта векторлық диаграммаларды құрастырыңыз, әр диаграммада нақты ось бойынша кернеуді бағыттаңыз.



Сурет 5.9

б) $F = 0$ жиілігінде элементтің көмегімен тиімді ток мәндері мен фазаларын өлшеу. 5 FL, «Эксперименттік нәтижелер» бөліміндегі осциллографтар экранында ағымдағы осциллограммаларды iR резисторы, конденсаторлық индуктивтілік және $F = 0, 5FL$ индуктивтілігі арқылы алыңыз. $F = F_{рез}$ үшін осциллографты пайдалана отырып, нақты мәнді және J , IR , iC және IL фазаларын есептеңіз және өлшеңіз. Осы жиіліктер үшін күрделі жазықтықта векторлық диаграммаларды құрастырыңыз, әр диаграммада нақты ось бойынша кернеуді бағыттаңыз.

в) элементтер арқылы ағымдардың тиімді мәндері мен фазаларын өлшеу. $F = 2F_c$ жиілігінде. Резонанстық жиілікті, индуктордағы ең жоғарғы кернеу жиілігін және конденсатордағы максималды кернеу жиілігін есептеңіз. Эксперименттік нәтижелер бөліміндегі ағымдағы осциллограммалардағы осциллографтар экранына түсіп, $F = 2F_c$ отырып, резистор IR , конденсатор IC және индуктивтілік IL арқылы алыңыз. Осциллографты пайдалана отырып, $F = F_r$ үшін тиімді мәнді және J , IK , IC және IL фазаларын есептеңіз және өлшеңіз. Осы жиіліктер үшін күрделі жазықтықта векторлық диаграммаларды құрастырыңыз, әр диаграммада нақты ось бойынша кернеуді бағыттаңыз.

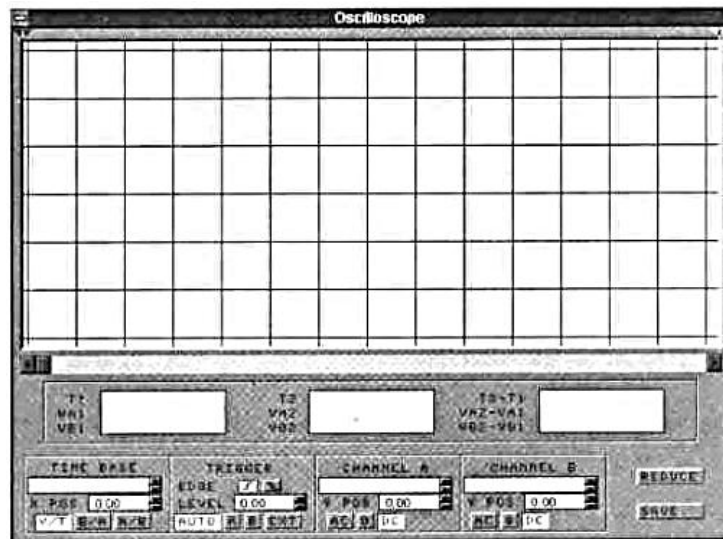


Сурет 5.10

Эксперимент 4. Параллельді осцилляторлық тізбектің жиіліктік сипаттамалары (Бодіе плоттерінің көмегімен зерттеу). C5_04 файлын ашыңыз. 4-суретте көрсетілген (5-сурет). Бодіе-Плоттер жүйесінің шығуын әртүрлі контур элементтеріне қосу (5,8-суреттегі IL, IR, IX нүктелері) жиіліктер үшін амплитудалық-жиілік және фазалық жиілік сипаттамаларының мәндерін анықтайды. Эксперимент нәтижесі бөлімінде көрсетілген Бодіе-Плоттер экрандарындағы жиілік сипаттамаларын сызыңыз. Алынған нәтижелерді салыстыру және осциллоскоппен салыстыру. Ин(ю) кедергісінің, конденсатордың ис(со) және индуктивтілік қатынасы $u_i(\omega)$ арасындағы жиіліктер үшін амплитудалық-жиілік және фазалық жиілік сипаттамаларын есептеңіз. Есептеу нәтижелеріне сәйкес, эксперименттік нәтижелерге эксперименталдық кестелерге қарсылық пен индуктивтілік катушкалар мен конденсатор арқылы токтар үшін жиілікке жауап беру және фазалық жауап беру нүктелерін қолданыңыз.

Эксперименттік нәтижелер

Эксперимент 1. Осциллографты пайдалана отырып тізбекті тербеліс тізбегінің жиілік сипаттамаларын өлшеу. а) резонанстық жиіліктегі элементтерге тиімді мәндер мен кернеулердің фазаларын өлшеу.



Қарсылықты есептеу

$X_C =$ Расчет _____
 $X_L =$ Расчет _____

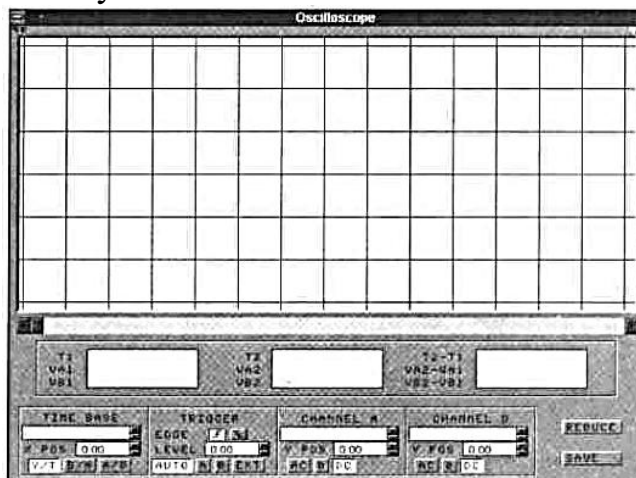
Тиімді кернеулер

Напряжение на R	Расчет _____	Измерение _____
Напряжение на C	Расчет _____	Измерение _____
Напряжение на L	Расчет _____	Измерение _____

Өлшеу нәтижелеріне сәйкес кернеулердің фазаларын есептеу

Период T		Измерение _____
Фаза напряжения на R	Теоретическое значение _____	Измерение _____
ΔT для напряжения на C		Измерение _____
Фаза напряжения на C	Теоретическое значение _____	Расчет по результатам измерений _____
ΔT для напряжения на L		Измерение _____
Фаза напряжения на L	Теоретическое значение _____	Расчет по результатам измерений _____

б) $F = 0.5F_c$ жиілігінде элементтерге арналған тиімді кернеулер мен фазалардың фазаларын өлшеу.



Қарсылықты есептеу

$X_C =$ Расчет $X_L =$ Расчет

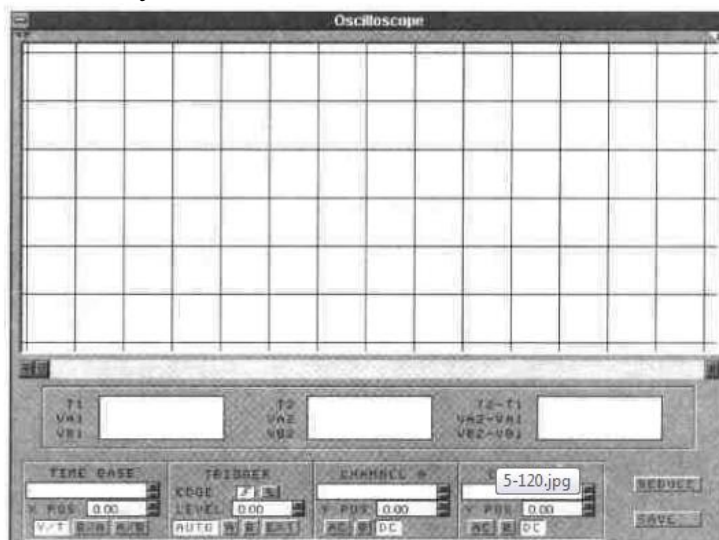
Тиімді кернеулер

Напряжение на R	<u>Расчет</u>	<u>Измерение</u>
Напряжение на C	<u>Расчет</u>	<u>Измерение</u>
Напряжение на L	<u>Расчет</u>	<u>Измерение</u> 5-118.jpg

Өлшеу нәтижелерінің негізінде кернеу фазаларын есептеу

Период T		<u>Измерение</u>
Фаза напряжения на R	<u>Теоретическое значение</u>	<u>Измерение</u>
ΔT для напряжения на C		<u>Измерение</u>
Фаза напряжения на C	<u>Теоретическое значение</u>	<u>Расчет по результатам измерений</u>
ΔT для напряжения на L		<u>Измерение</u>
Фаза напряжения на L	<u>Теоретическое значение</u>	<u>Расчет по результатам измерений</u>

в) $F = 2FL$ жиілігінде элементтерге арналған тиімді кернеулер мен фазалардың фазаларын өлшеу.



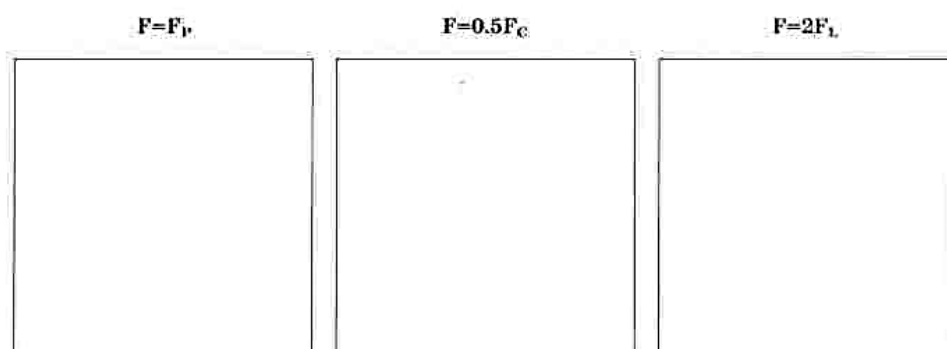
Қарсылықты есептеу

$X_C =$	Расчет	$X_L =$	Расчет
Действующие значения напряжений			
Напряжение на R	Расчет	Измерение	Измерение
Напряжение на C	Расчет	Измерение	Измерение
Напряжение на L	Расчет	Измерение	Измерение

Өлшеу нәтижелерінің негізінде кернеу фазаларын есептеу

Период T		Измерение	Измерение
Фаза напряжения на R	Теоретическое значение	Измерение	Измерение
ΔT для напряжения на C	5-122.jpg	Измерение	Измерение
Фаза напряжения на C	Теоретическое значение	Расчет по результатам измерений	Расчет по результатам измерений
ΔT для напряжения на L		Измерение	Измерение
Фаза напряжения на L	Теоретическое значение	Расчет по результатам измерений	Расчет по результатам измерений

Векторлық диаграммалар



Эксперимент 2. Сериялық тербеліс тізбегінің жиіліктік сипаттамалары (Bode плоттері арқылы зерттеу). 5-кесте. 1

Параметры		Значения параметров									
		Частота, Гц									
		о,	$\frac{F_c}{4}$	$\frac{F_c}{20}$	Ус.	$\frac{(F_0 - F_c)}{2}$	FO.	$\frac{(F_b - F_0)}{2}$	FL,	2Рь,	4F,,
		Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц
F, Гц	расч.										
I. А	расч.										
	эксп.										
UR, В	расч.										
	эксп.										
UL,В	расч.										
	эксп.										
Ус. В	расч.										
	эксп.										
ф, град	расч.										
	эксп.										
Фь,град	расч.										
	эксп.										
фс-, град	расч.										
	эксп.										

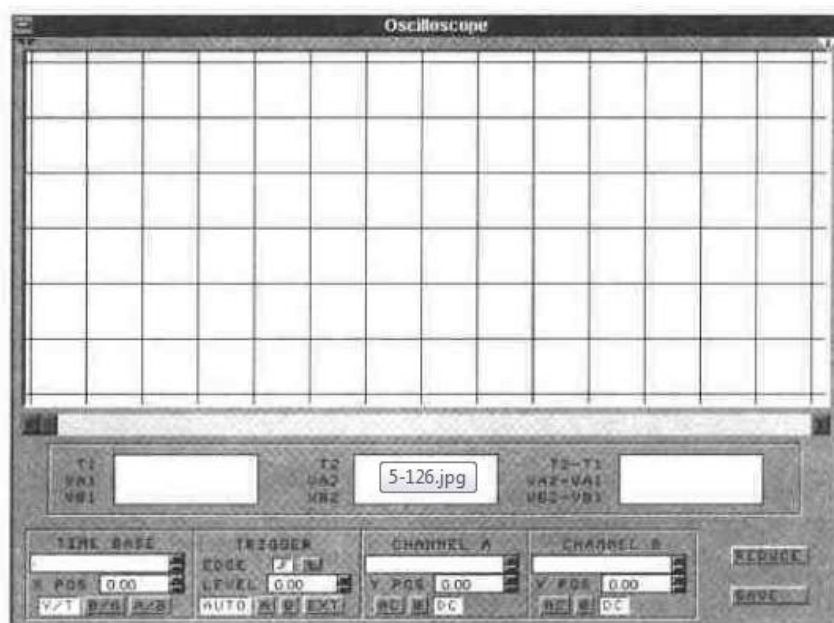
Амплитудалық-жиілік сипаттамалары



Фазалық жиілік сипаттамалары



Эксперимент 3. Осциллографты пайдалана отырып, үш жиіліктегі параллельді осцилляторлық тізбектің жиілік сипаттамаларын өлшеу. а) Резонанстық жиілікте элементтер арқылы ағымдардың тиімді мәндері мен фазаларын өлшеу.



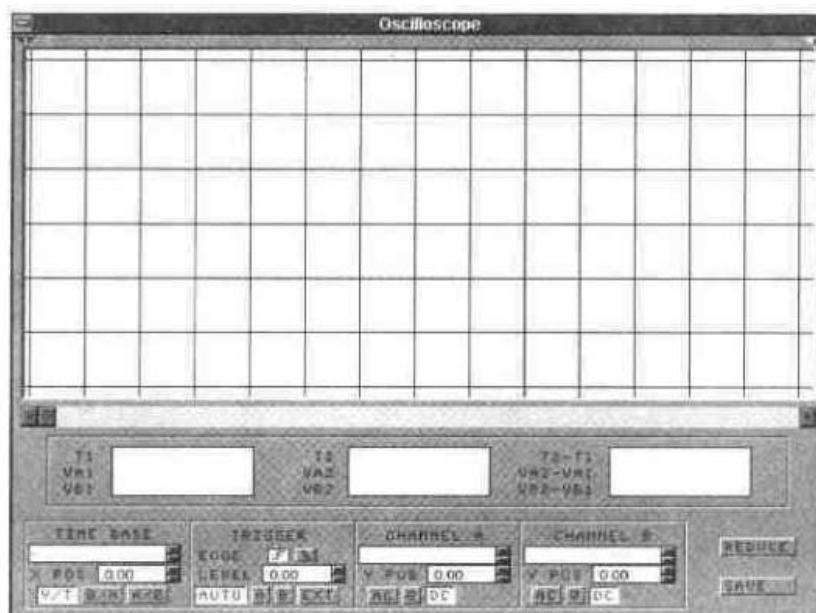
Өткізу есебін жүргізу

$Y_c =$	<i>Расчет</i>	$Y_L =$	<i>Расчет</i>
Действующие значения токов			
Ток через R	<i>Расчет</i>	<i>Измерение</i>	
Ток через C	<i>Расчет</i>	<i>Измерение</i>	
Ток через L	<i>Расчет</i>	<i>Измерение</i>	

Өлшеу нәтижелеріне сәйкес фазалық ток есептеу

Период T		<i>Измерение</i>
Фаза тока через R	<i>Теоретическое значение</i>	<i>Измерение</i>
ΔT для тока через C	5-128.jpg	<i>Измерение</i>
Фаза тока через C	<i>Теоретическое значение</i>	<i>Расчет по результатам измерений</i>
ΔT для тока через L		<i>Измерение</i>
Фаза тока через L	<i>Теоретическое значение</i>	<i>Расчет по результатам измерений</i>

б) элементтердің көмегімен токтың тиімді мәндері мен фазаларын $F = 0,5F$ жиілігінде өлшеу,



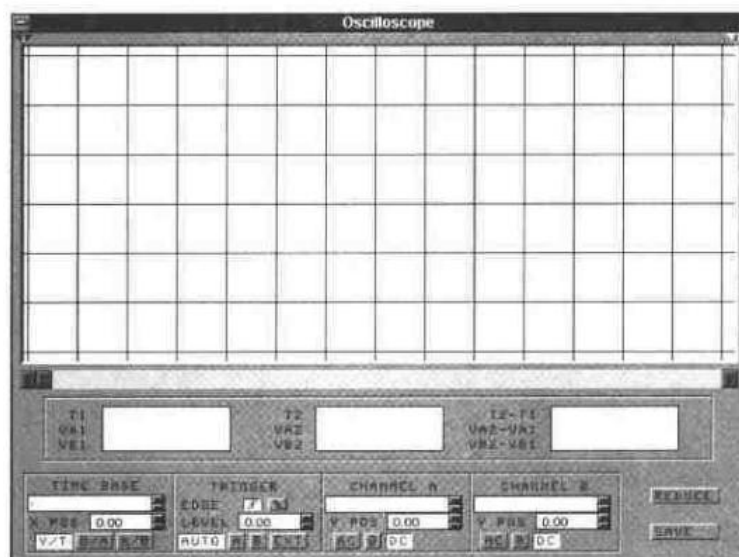
Өткізу есебін жүргізу

$Y_c =$	<i>Расчет</i>		$Y_L =$	<i>Расчет</i>	
Действующие значения токов					
Ток через R	<i>Расчет</i>		<i>Измерение</i>		
Ток через C	<i>Расчет</i>		<i>Измерение</i>		
Ток через L	<i>Расчет</i>		<i>Измерение</i>		

Өлшеу нәтижелеріне сәйкес фазалық ток есептеу

Период T		<i>Измерение</i>	
Фаза тока через R	<i>Теоретическое значение</i>	<i>Измерение</i>	
ΔT для тока через C		<i>Измерение</i>	
Фаза тока через C	<i>Теоретическое значение</i>	<i>Расчет по результатам измерений</i>	
ΔT для тока через L		<i>Измерение</i>	
Фаза тока через L	<i>Теоретическое значение</i>	<i>Расчет по результатам измерений</i>	

в) жиілікте $F = 2F_c$ жиіліктеріндегі жасушалар арқылы ағымдардың тиімді мәндері мен фазаларын өлшеу.



Өткізу есебін жүргізу

$Y_c =$  $Y_{L_1} =$ 

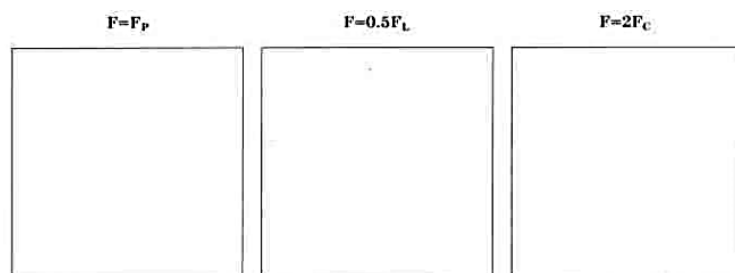
Тоқтардағы тиімді мәндер

Ток через R	 $Y_c =$	 $Y_m =$
Ток через C	 $Y_c =$	 $Y_m =$
Ток через L	 $Y_c =$	 $Y_m =$

Өлшеу нәтижелеріне сәйкес фазалық ток есептеу

Период T		 $Y_m =$
Фаза тока через R	 $Y_c =$	 $Y_m =$
ΔT для тока через C		 $Y_m =$
Фаза тока через C	 $Y_c =$	 $Y_c =$  $Y_m =$
ΔT для тока через L		 $Y_m =$
Фаза тока через L	 $Y_c =$	 $Y_c =$  $Y_m =$

Векторлық диаграммалар



Эксперимент 4. Параллельді осцилляторлық тізбектің жиіліктік сипаттамалары. 5.2-кесте

Параметры		Значения параметров									
		Частота, Гц									
		0,	$\frac{F_c}{4}$	$\frac{F_c}{20}$	F_c	$\frac{(F_0 - F_c)}{2}$	F_0 ,	$\frac{F_L - F_0}{2}$	F_L ,	$2F_L$,	$4F_L$,
		Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц
F, Гц	расч.										
I, А	расч.										
	эксп.										
U _R , В	расч.										
	эксп.										
U _L , В	расч.										
	эксп.										
U _c , В	расч.										
	эксп.										
Ф _R град	расч.										
	эксп.										
Ф _L град	расч.										
	эксп.										
Ф _c град	расч.										
	эксп.										

Амплитудалық-жиілік сипаттамалары



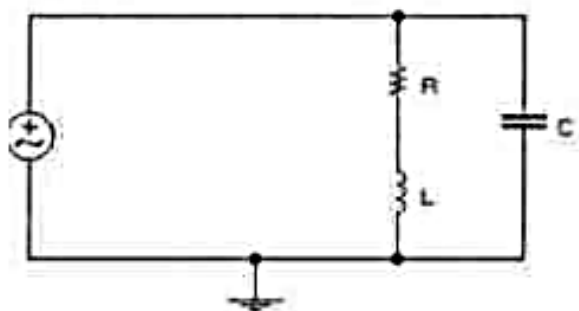
Фазалық жиілік сипаттамалары



3.2 Кешенді тізбектердегі резонанс

Нұсқаулықтар бұл бөлімде резонанстық күйде тұрған тізбектер бойынша электроникалық шеберханаларда оның нәтижелерін есептеу және эксперименталды тексеру бойынша жаттығулар қарастырылған. Тапсырмаларды есептеу бөлімі 2-қосымшада сипатталған Comcal комплексі санының калькуляторы арқылы орындалуы керек. Электрондық Workbench есептеу нәтижелерін тиісті өлшемдер арқылы тексеруге мүмкіндік береді. Барлық тапсырмаларда резонанс кезінде процестерді жақсы түсіну үшін векторлық топографиялық диаграммаларды құру ұсынылады. Әрбір тапсырма үшін резонанстық жағдайын тексеру Боде-плоттер (осы өлшемдердің әдісі 1-қосымшада келтірілген) арқылы күрделі кіріс кедергісін өлшеу арқылы осциллографты (ток және ток кернеуі сәйкес келуі керек) пайдалана отырып немесе вольтметрлер мен Амперметрлер векторлық схемасын құрастырғаннан кейін жүргізілуі мүмкін. 1 тапсырма. Кешенді тізбектегі резонанс.

Берілген: схема 5.11 сурет элементінің мынадай параметрлері бар: $E = 120$ В, $F = 2$ кГц; $R = 20$ Ом, $L = 2$ мН. Резонанс пайда болатын сыйымдылық C шамасын анықтаңыз. Электрондық Workbench арқылы эксперименттік шешім тексеруін орындаңыз. Файл c5_05.



Сурет 5.11

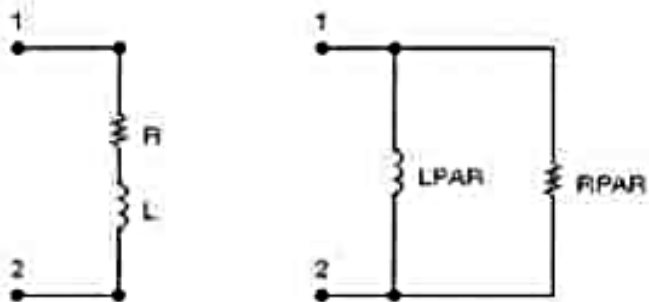
Есептеу рәсімі

1-қадам. Белсенді индуктивті саланың күрделі төзімділігін есептеңіз.

2-қадам. Бұл саланың күрделі өткізгіштігі анықталды.

3-қадам. Комплексті өткізгіштігінің белсенді және реактивті компоненттері таңдалады және RPAR және LPAR параллель қосылыстары бар баламалы екі терминал желісінің параметрлері есептеледі (5.13-диаграмма).

4-қадам. Ыдыстық және индуктивті кедергілер модульдерінің теңдігі негізінде қажетті конденсаторлық сыйымдылық анықталады. Есептеу әдісі Электрондық Workbench арқылы оның дұрыстығын кезең-кезеңмен тексеруді жүргізуге мүмкіндік береді.



Сурет 5.12

1, 2 және 3-қадамдар

Нәтижелерімен интеграцияланған калькулятордың бағдарламасынан мәтін

! Кешенді тізбектегі резонанс.

! Бастапқы деректер $E = 120$ FREZ = 2000 R = 20 L = 0.002

! Резонанс пайда болатын сыйымдылық C шамасын анықтаңыз. !

1-қадам. RL-тізбектің $OREZ = \text{FREZ} * 2 * p$ ZRL = R + j * OREZ * L

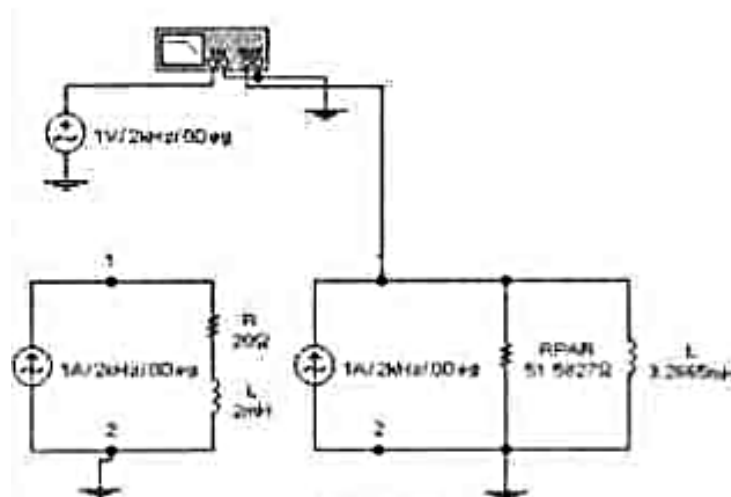
! 2-қадам. Кешенді өткізгіштігін және оның компоненттерін анықтау $YRL = 1 / ZRL$ BRL = (YRL - & YRL) * j / 2 GRL = (YRL + & YRL) / 2

! 3-қадам . Баламалы RL тізбегінде элементтердің параметрлерін анықтау $RPAR = 1 / GRL$ XPAR = 1 / BRL LPAR-XPAN / OREZ

Операция	Real	Imag	Abs	Arg, rp
YRL-1/ZRL	0.0194	0.0244	0.0311	-51°29'
$BRL = (YBL - \&YRL) * j/2$	0.0244	0	0.0244	0
$GRL = (YRL + \&YRL)/2$	0.0194	0	0.0194	0
$RPAR = 1/GRL$	51.183	0	51.183	0
$XPAR = 1/BRL$	41.048	0	41.048	0
$LPAR = XPAR/OREZ$	0.003266	0	0.003266	0

Есептеу нәтижелерін эксперименттік тексеру

Есептеулердің дұрыстығын эксперименталды түрде тексеру үшін боде-плоттер көмегімен түпнұсқа және баламалы екі терминал желілерінің күрделі импеданстарын өлшеңіз. Өлшемдер 5.13 суретіндегі схемасында жүзеге асырылады. 5.13.



Сурет 5.13

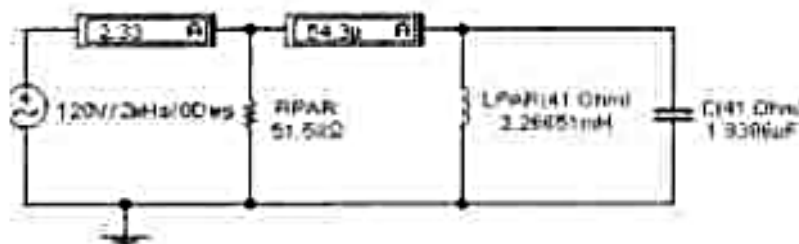
4-қадам

4-қадам. Конденсатордың сыйымдылығын $C = 1 / (OREZ * XPAR)$

Операция	Real	Imag	AOS	Arg,rp
$LPAR = XPAR/OREZ$	1.9386-10-6	0	1.9386-10-6	0

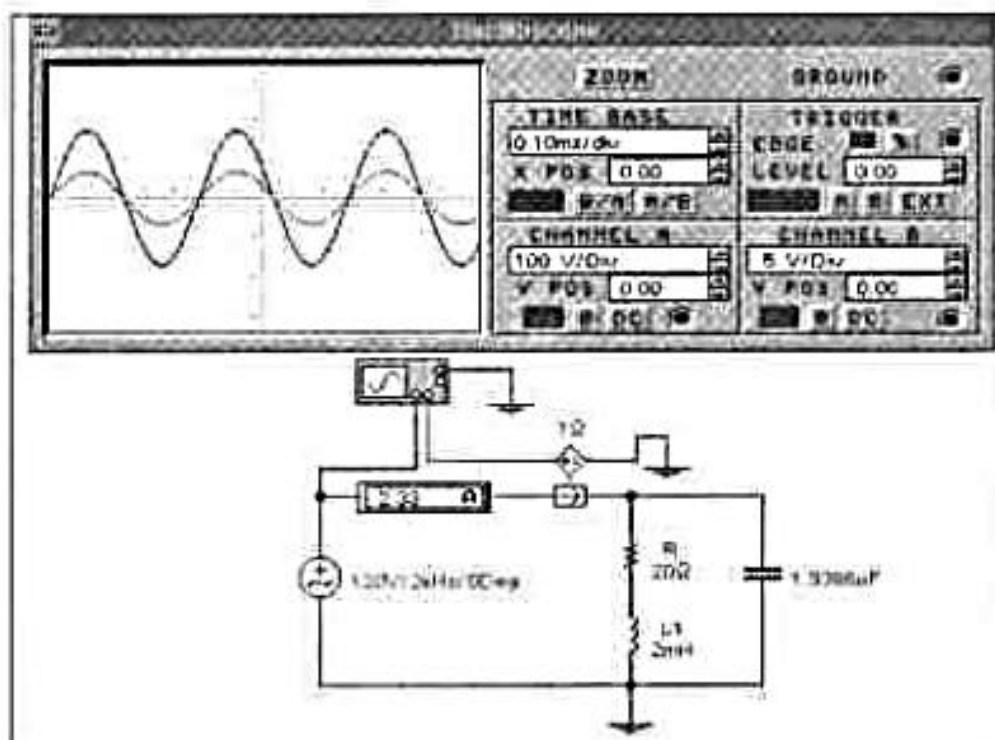
Есептеу нәтижелерін эксперименттік тексеру

Есептеулердің дұрыстығын эксперименталды түрде тексеру үшін резонанстық жағдайды алдымен эквиваленттік схема үшін, ал содан кейін түпнұсқа үшін тексеру керек. Баламалы схема қуат беру тізбегіне қосылатын амперметрлермен және параллельді осцилляциялық тізбектің электр сұлбасын қолданумен резонанстық жағдайды тексеруге мүмкіндік береді (5.14-сурет). Тақырыпта токтың тармақталған ток тең 0 тең болуы керек. 5.14, ол шын мәнінде 0-ге жақын және 2.33 А қуат көзінің тоқында 54.3 мкА (0.0023%).



Сурет 5.14

Күрделі резонансқа ие түпнұсқалық тізбектегі резонанстың дәл осылай анықталатын тармағын табу мүмкін емес. Сондықтан әмбебап әдіске сүйену керек: кез келген тізбектегі резонанстың жалпы күйі болып табылатын қоректену кернеуінің фазасының сәйкестігін тексеріңіз. Ең анық, бұл сынақ фиг-схемадағы осциллографты пайдалана отырып жүргізілуі мүмкін. 5.15.



Сурет 5.15

Дербес зерттеуге арналған тапсырмалар

1 тапсырма.

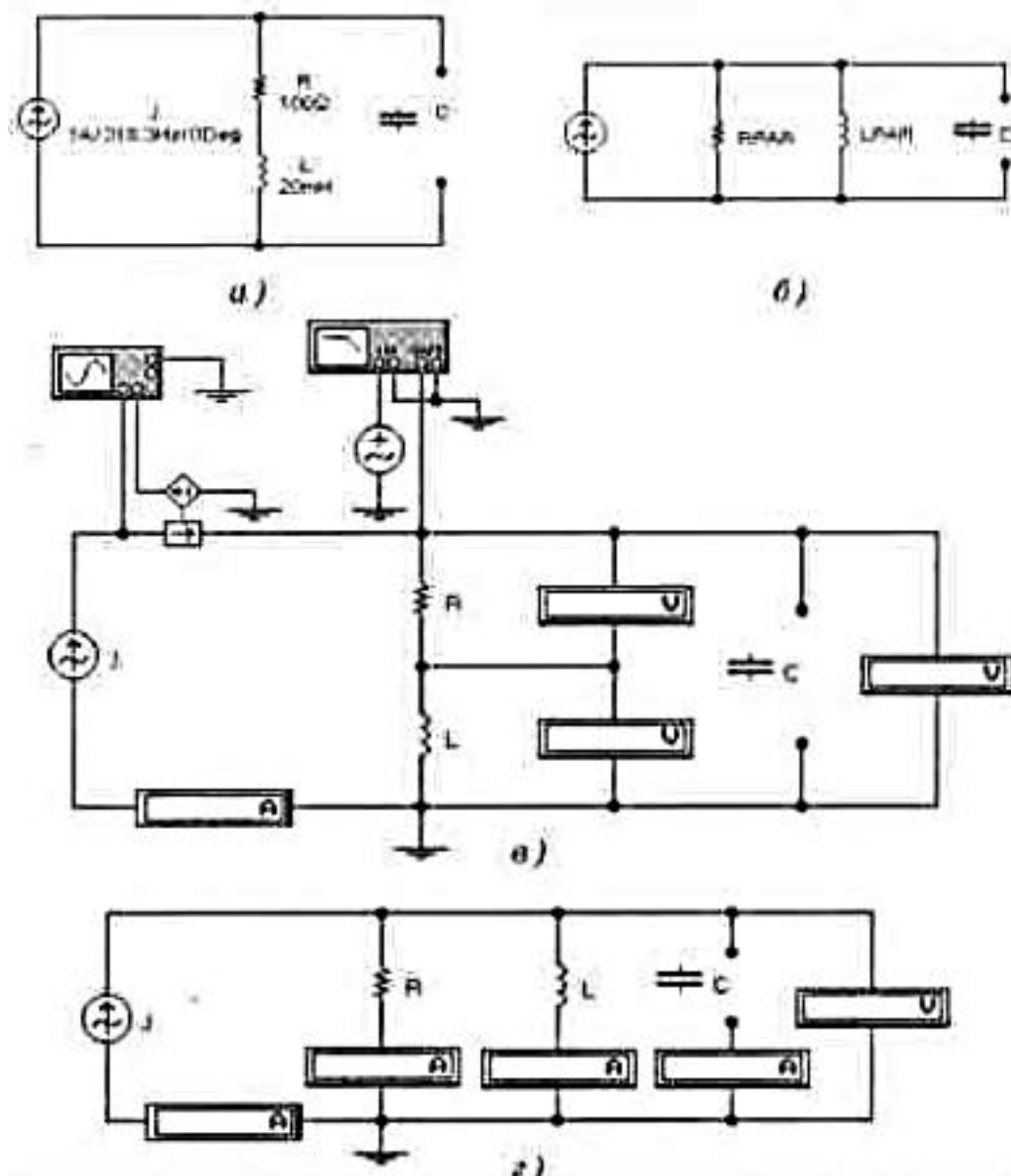
а) конденсаторда резонанс орнатылатын сыйымдылық сыйымдылығын есептеу. Есептеулер келесі ретпен жүзеге асырылады.

1. LPAR және RPAR шамаларын элементтерді параллель қосылысымен (схема б) баламалы екі порттық желіде есептеңіз.

2. Вольтметрлер мен амперттерді қосу арқылы тізбектің эквиваленттігін тексеріңіз. Қандай құрылғыларда кіріс және кернеудің белсенді және реактивті компоненттері көрсетіледі?

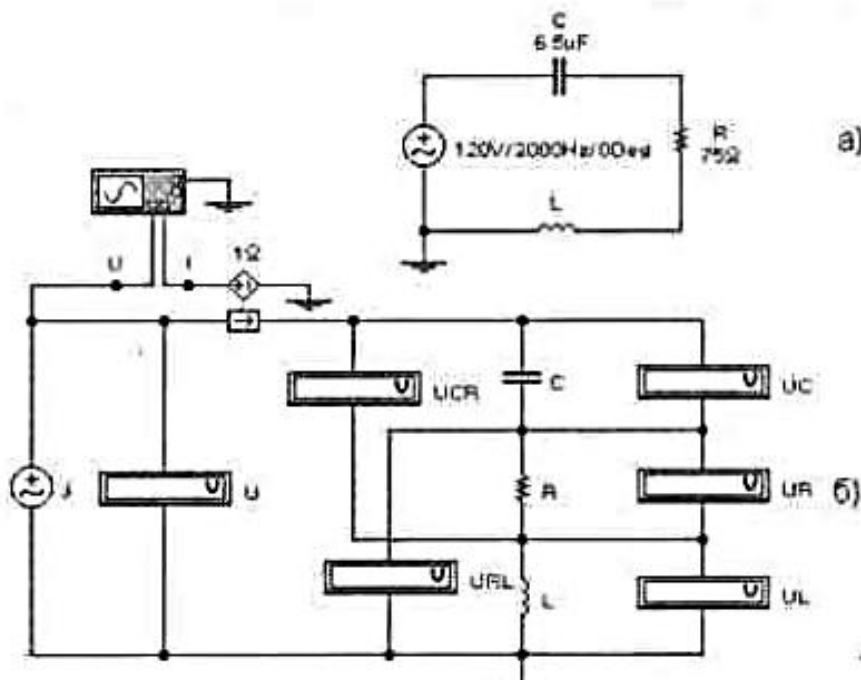
3. Параллельді схемаға (схема г) қосылатын конденсатордың сыйымдылығын резонанстық мәнге жету үшін есептеңіз. Есептеуді амперметр арқылы конденсаторды қосу арқылы тексеріңіз.

4. Осциллографты пайдалана отырып резонанстық жағдайды тексеріңіз, содан кейін Бode-плоттерді қолданыңыз.



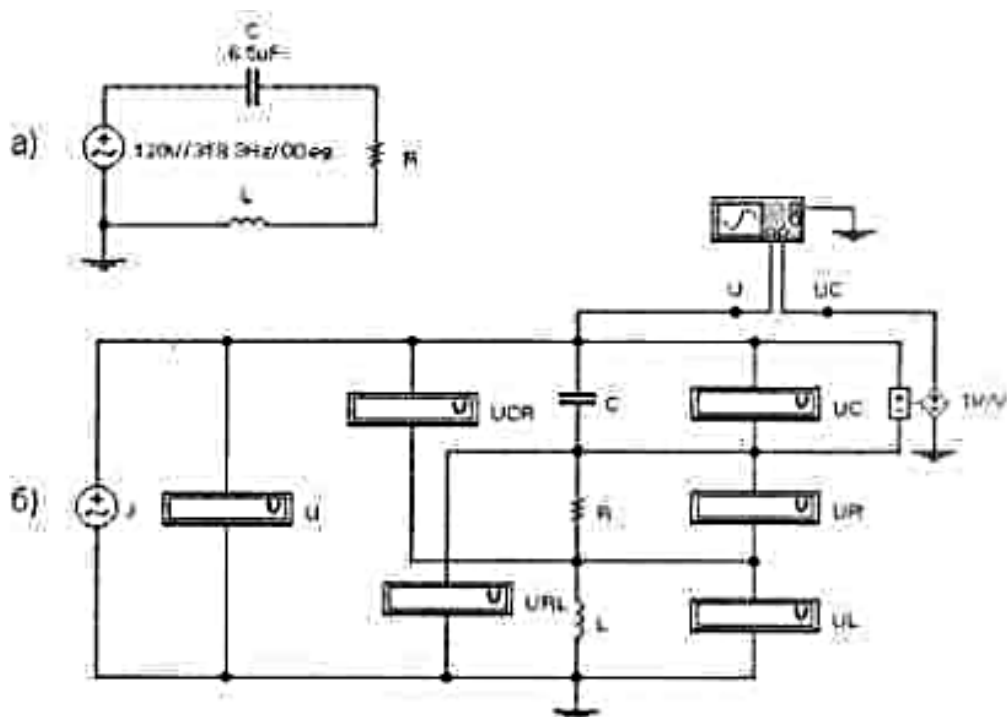
2 тапсырма.

Резонанстағы индуктивтіліктің мәнін есептеңіз. Электрондық стендтегі есептеуді осциллографты пайдалана отырып тексеріңіз. Схемаларда $\omega = 1000$ Гц жиіліктегі құрылғылардың көрсеткіштерін анықтаңыз. Боде-плоттер көмегімен контурдың өткізу қабілетін анықтаңыз.



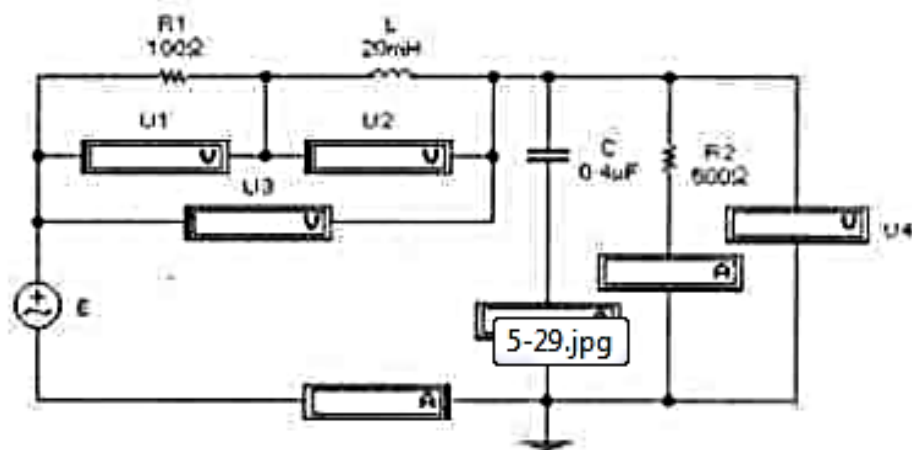
3 тапсырма.

Суреттегі схема резонанстық болып табылады. R және индуктивтілік L қарсылығын $Q = 3$ схемасымен есептеңіз. Резонанстың жиілігін қосқанда, тізбектегі барлық құрылғылардың көрсеткіштерін анықтаңыз және эксперименталды түрде тексеріңіз. Осциллоскопты пайдалану арқылы осы жиіліктегі қуат көзінің кернеуіне қатысты конденсатордағы кернеу бұрышын анықтаңыз.



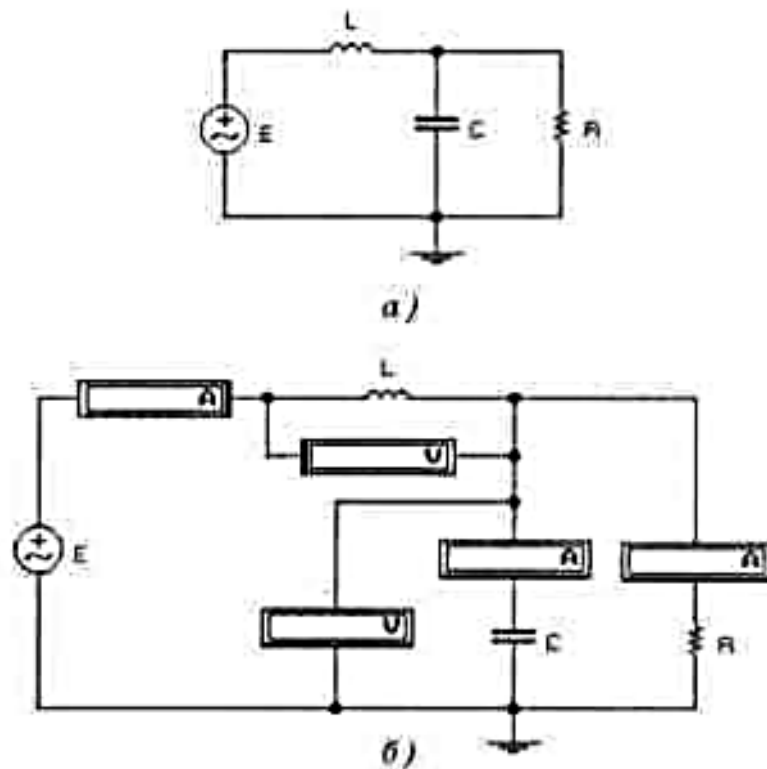
4 тапсырма

Суретте көрсетілген схема үшін резонанстық жиілікті $f_{рез}$ мәнін есептеңіз. Электрондық жұмыс үстеліндегі есептеуді осциллографты және Бode-плоттермен көмегімен тексеріңіз. Электр тізбегіндегі барлық құрылғылардың эксперименталды көрсеткіштерін есептеу және тексеру.



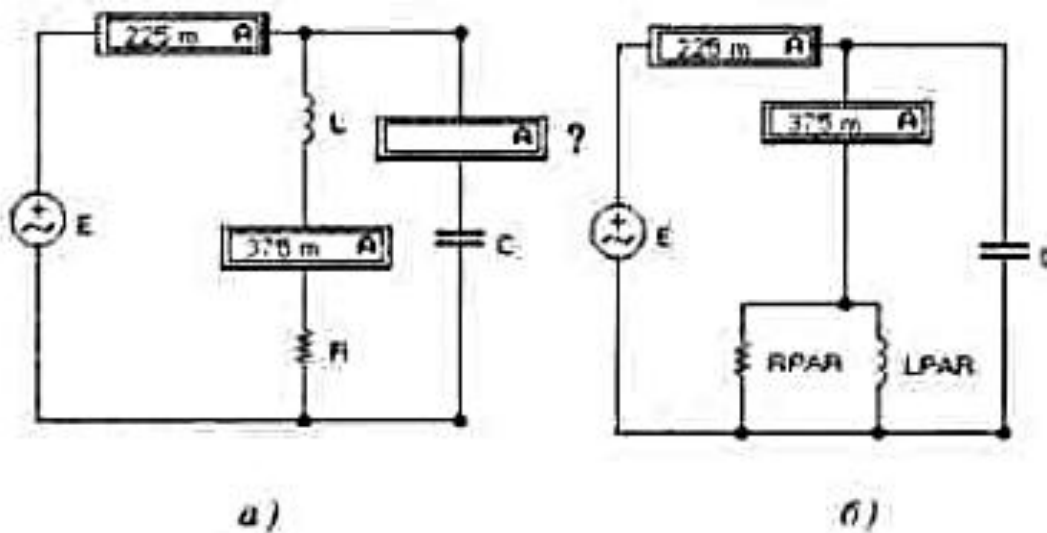
5 тапсырма.

Суретте келтірілген схемада. а) 50 Гц жиілігінде резонанс бар.. Тұрақты ток тізбегінің кіру кедергісі - 5 ом. Резонанстағы кіру импеданс модулі - 2,5 ом. R, X_c, X_L мәндерін есептеңіз. C және L резонанстарда. Электр тізбегіндегі барлық құрылғылардың эксперименталды көрсеткіштерін есептеу және тексеру.



6 тапсырма.

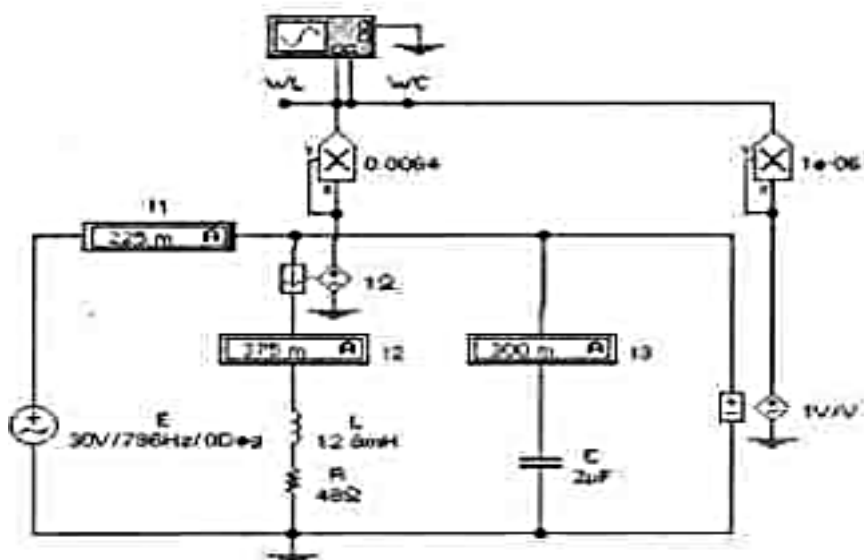
а) тармағында көрсетілген диаграмма резонанс жағдайында. Құралдың көрсеткіштері бірдей суретте көрсетілген. Резонанста C , L , R параметрлерін есептеңіз. Резонанстық жиілікте баламалы R , L тармағын б) суретте көрсетілгендей L_{PAR} , R_{PAR} екі терминалы арқылы ауыстырыңыз. Ампертердің көрсеткіштері қандай, схемада көрсетілмеген а)?



7 тапсырма.

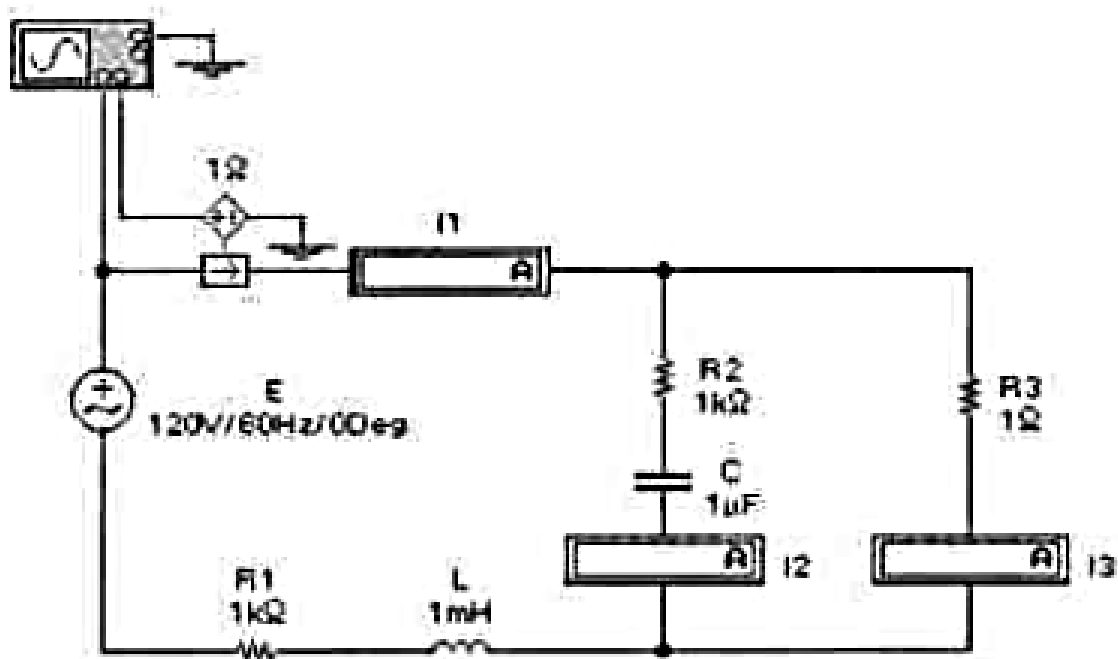
Схема үшін резонанстық жиілікті есептеңіз. Проверьте результат расчета с помощью Боде-плоттер көмегімен есептің нәтижесін тексеріңіз. Резонанс кезінде тізбектегі аспаптық көрсеткіштерді эксперименталды түрде есептеп,

тексеріңіз. Конденсатордағы және индуктивтіліктегі энергия өзгеруінің уақыт диаграммасынан көп және аз резонансты сызыңыз (сапалы). Энергия ерітіндісін ток, кернеу және мультипликаторлар арқылы тексеріңіз. Катушокта және конденсатордағы энергияны өлшеу әдісі 1-қосымшада сипатталған.



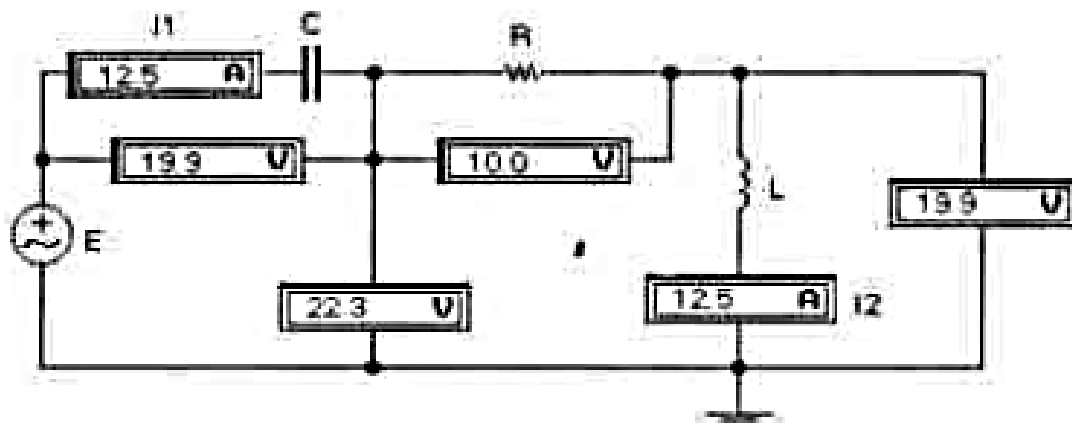
8 тапсырма

Суретте көрсетілген схема үшін R3 мәнін есептеңіз, онда резонанс схемада пайда болады. Резонанстық жағдайды осциллографпен тексеріңіз. Электр тізбегіндегі аспаптық көрсеткіштерді эксперименталды түрде есептеп, тексеріңіз.



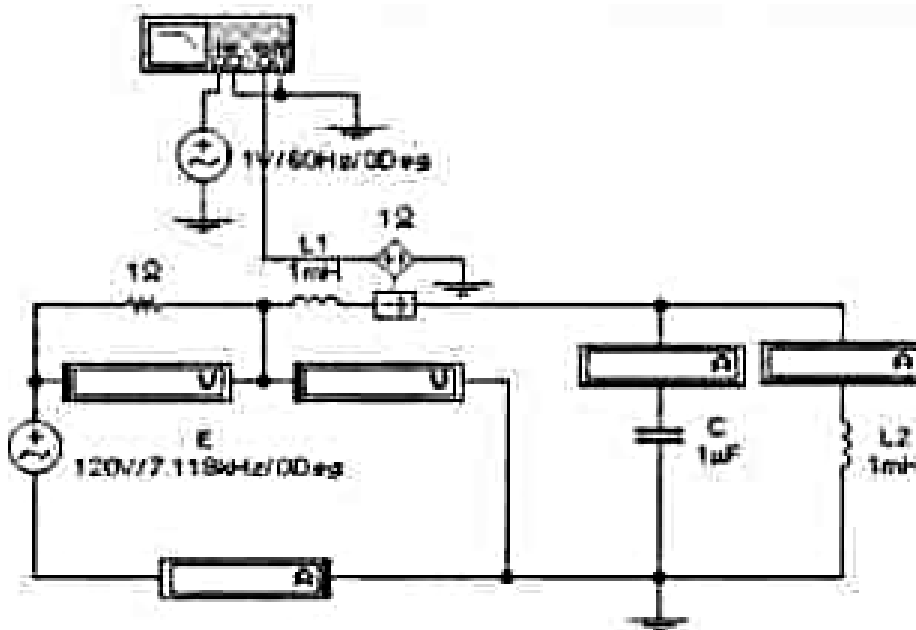
9 тапсырма

Суретте көрсетілген схемада 1200 Гц жиілікте резонанс байқалады. Резонанс кезінде аспапты оқып шығу диаграммада көрсетілген. Егер $R = 4 \text{ Ом}$ болса C және L анықтау. Эксперименттік есептеуді тексеріңіз.



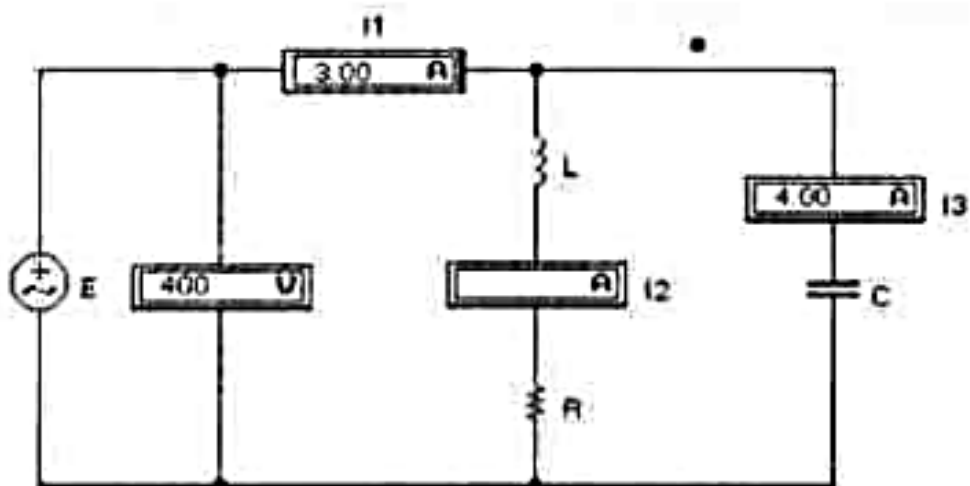
10 тапсырма

Суретте көрсетілген схема үшін тізбектің барлық буындарында резонанстық жиіліктер мен токтар анықтаңыз. Алынған нәтижелерді осы тармақтардағы тәуелді көздерге негізделген Бode-плоттер және ағымдағы сенсорлар арқылы тексеріңіз.



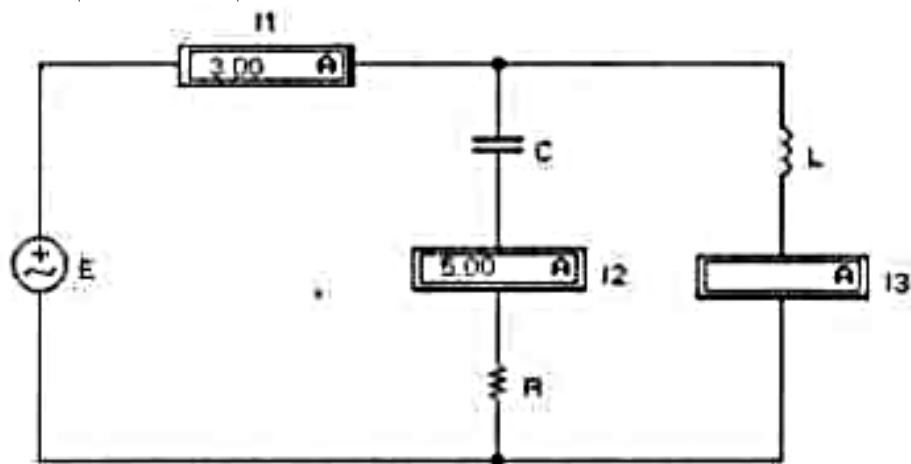
11 тапсырма

Суретте көрсетілген схема 796 Гц жиілікте резонанс күйінде, ал контур арқылы тұтынылатын қуат $P = 1200 \text{ Вт}$. Құралдың көрсеткіштері суретте көрсетілген. Ағымдағы 12 және R , C , L мәндерін есептеңіз. Тәжірибелік сынақты өткізіңіз.



12 тапсырма

Электр тізбегі 796 Гц жиілікте резонанстық күйде, ал электр тізбегі тұтынылатын қуат P 1200 Вт. Құралдың көрсеткіштері суретте көрсетілген. Векторлық схеманы құрыңыз. Ағымдағы 13 және R , C , L мәндерін есептеңіз. Тәжірибелік сынақты өткізіңіз.



Сұрақтар

1. Гармоникалық сигналдың негізгі сипаттамалары қандай?
2. Гармоникалық сигналдар үшін фазалық ығысу және бастапқы фаза ұғымдары неде?
3. Гармоникалық сигналдың қолданыстағы, орташа және амплитудалық мәндері арасындағы байланыс қандай?
4. Қандай айнымалы сигналдар үшін (жылдам, әрекет ететін, орташа, амплитудалық) Кирхгоф заңдары әділетті?
5. F жиілігі, t кезеңі және бұрыштық жиілігі арасындағы байланыс қандай?

6. Вектордың көмегімен гармоникалық тербеліс қалай бейнеленеді? Векторлық диаграмма, кернеудің топографиялық диаграммасы дегеніміз не?
7. Резистор, конденсатор және индуктивтілік катушкалары үшін ток және кернеу векторлары бір - біріне қатысты қалай жылжиды?
8. Символдық есептеу әдісі идеясы неде?
9. Кешенді түрдегі гармоникалық Токтар мен кернеулер қалай бейнеленеді (алгебралық және көрсеткіш формасы)?
10. Кешенді жазықтықтағы гармоникалық Токтар мен кернеулер қалай ұсынылады?
11. Тізбектерді символдық әдіспен есептеу үшін Тұрақты ток тізбектерін есептеудің барлық әдістерін қолдануға бола ма?
12. Конденсатордың және индуктивтілік катушкасының кешенді кедергісі дегеніміз не, оны алгебралық және көрсеткіш түрінде қалай жазу керек?
13. Пассивті екіұштықтың кешенді кедергісін қалай өлшеуге болады?
14. Гармоникалық сигналдың кешенді бейнесі бойынша түпнұсқаны қалай анықтауға болады?
15. Гармоникалық әсер кезінде тізбектер қандай қуаттармен сипатталады? Олардың анықтамалары қандай?
16. Пассивті екіұштық үшін жедел қуат осциллограммасын қалай алуға болады? Жылдам қуат тербелісінің жиілігі қандай?
17. Жылдам қуат графигі бойынша пассивті екіұштықтың толық, активті және реактивті қуатын қалай анықтауға болады?
18. Ток пен кернеу кешендері арқылы тізбектің толық кешенді қуаты қалай жазылады?
19. Белсенді және реактивті қуаттармен толық кешенді қуат қалай байланысты?
20. Толық, белсенді және реактивті қуатты қандай формулалар бойынша есептеуге болады?
21. Eitctronics Workbench бағдарламасының белсенді қуатын қалай өлшеуге болады?
22. Екі сигнал арасындағы фазалық ығысуды Боде-плоттер арқылы қалай өлшеуге болады?
23. Боде-Плоттер көмегімен схеманың кез келген нүктесінің кешенді әлеуетін қалай анықтауға болады?

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

1. Бондарь И.М. Электротехника и электроника. – М.: МарТ ИЦ, 2005.
2. Галкин В.И. Промышленная электроника и микроэлектроника: Учебник для ССУЗ/ В.И. Галкин, Е.В. Пелевин. – Мн.: Беларусь, 2000.
3. Костеневич С.О. Радиоэлектроника: Учебное пособие.– В 2-х ч. – Мн. 2000.
4. Прянишников В. А. Электроника. Полный курс лекций. 5-е издание. – Учебник для высших и средних учебных заведений – М.: Корона-принт, 2003
5. Файл справка Electronics workbench 5.0C.
6. Internet: <http://www.intsyseurope.fr/ElectronicsWorkbench/facts.html>.
7. И.И. Алиев. "Виртуальная электротехника. Компьютерные технологии в электротехнике и электронике". М.: Радиософт, 2003, 112 с.
8. М.Ф. Бабаков, А.В. Попов, М.И. Луханин "Математические модели электронных аппаратов и систем". Учебное пособие. Харьков: Харьковский авиационный институт, 2003, 109 с.
9. Федорашко И.Н., Дайч Л.И., Федорашко Ю.И. и др. Применение программы схемотехнического моделирования Electronics WorkBench в процессе обучения электротехническим

- специальностям. Часть 1: Учебное пособие. – Караганда, 2003. – 40с.
- 10.Кардашев, Генрих Арутюнович Цифровая электроника на персональном компьютере. Electronics Workbench и Micro-Cap. Выпуск 1263 / Кардашев Генрих Арутюнович. - М.: Горячая линия - Телеком, 2012. - 706 с.
 - 11.Карлащук, В. И. Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на Electronics Workbench и VisSim по элементам телекоммуникационных систем / В.И. Карлащук. - М.: Солон-Пресс, 2010. - 684 с.
 - 12.Моделирование электрических фильтров в САПР. Electronics Workbench / Коллектив авторов. - М.: КноРус, 1989. - 702 с. 4.