

**Коммерциялық емес
акционерлік
қоғам**

**АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Электроника
кафедрасы

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ ӨЛШЕУ ТЕХНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
мамандығы студенттері үшін
курстық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2016

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: С.Б. Абрешова, Г.Н. Абрешова. Электрондық және өлшеу техникасының негіздері. 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығының студенттері үшін курстық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар. – Алматы: АЭЖБУ, 2016. – б.

Әдістемелік нұсқаулықтар курстық жұмыстарға жекеше тапсырмалардан, оларды орындауға нұсқаулардан, рәсімдеу мен мазмұнына қойылатын талаптардан, орындау үлгісі мен әдебиеттер тізімінен тұрады. Курстық жұмыс берілген алгоритм бойынша кіріс сигналдарды өңдеуді жүргізетін құрылғының функционалдық сұлбасын құрудан, функционалдық түйіндердің электрлік есептелуі мен таңдауын жүргізу, түйіндердің бірінің баспа тақтайшасын жасау, сұлбаның жұмысын бағдарламалық жабдықтардың бірі арқылы, мысалы Electronics Workbench тестілеуден тұрады.

Әдістемелік нұсқаулықтар 5B071900 мамандығының барлық оқу түрінің студенттеріне арналған.

Әдістемелік нұсқаулықтың мазмұны дипломдық жобалауды орындағанда радиотехника және байланыс факультетінің барлық мамандықтары үшін пайдалы бола алады.

Әдеб.көр. 6, кесте. 3, библиогр. – 5 атау.

Пікір жазған: КТ кафедрасының аға оқытушысы, т.ғ.к. Г.Д. Мусапирова

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2016 жылғы жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2016 ж.

Мазмұны

Кіріспе	4
1 Курстық жұмысқа тапсырма	4
2 Курстық жұмыстың мазмұны және оны рәсімдеуге қойылатын талаптар	5
3 Курстық жұмысты орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар	6
4 Курстық жұмыстың орындалу үлгісі	9
А қосымшасы	19
Б қосымшасы	20
В қосымшасы	21
Түсіндірме	22
Әдебиеттер тізімі	23

Кіріспе

«Электрондық және өлшеу техникасының негіздері» пәні бойынша курстық жұмыс 5B071900 мамандығы студенттерінің аналогтық электрондық сұлбатехника бойынша негізгі сұлбатехникалық дайындығын түйіндейді. Курстық жұмыстың мақсаты курсты оқығанда алған білімін тереңдету, техникалық және анықтамалық әдебиеттермен өз бетінше жұмыс істеп үйренуге дағдылану. Курстық жұмысқа тапсырмалар жеке дара және олардың орындалуы аналогтық және аналогты-цифрлық түйіндерді пайдаланып, берілген математикалық теңдеулер бойынша кіріс сигналдарды өңдеу үшін функционалды аяқталған құрылғыны жасаудан тұрады.

Әдістемелік нұсқаулықтарда жобалауға жеке тапсырмалар тізімі беріледі, рәсімдеуге талаптар қойылған, жұмысты орындау бойынша нұсқаулар келтірілген, құрылғыны жасау мысалы берілген және әдебиеттер тізімі келтірілген. Студенттің курстық жұмысты орындауда алған білімі дипломдық жобалауды орындағанда радиотехника және байланыс факультетінің барлық мамандықтары үшін пайдалы бола алады.

1 Курстық жұмысқа тапсырма

Тапсырма ретінде берілген математикалық өрнекке сәйкес шығыс сигналдың екі кіріс сигналға тәуелділігіне байланысты кіріс сигналдың өңделуін жүзеге асыратын аналогтық электрондық құрылғыны жобалау ұсынылады. Тәуелділік түрлері, сонымен қатар кіріс және шығыс сигналдардың пішіндері А және Б қосымшаларынан тапсырма нұсқасына сәйкес таңдалады. Мұндай текті сигналдарды өңдеуге арналған құрылғылар ғылым мен техниканың түрлі салаларында кең қолданысқа ие болған.

Кіріс сигналдар ретінде түрлі электрлік шамалар қолданылады: тұрақты және айнымалы кернеулер мен токтар, ауыспалы жиілігі бар ТТҚ деңгейлі импульстер түріндегі сигналдар, активті кедергісі ауыспалы түрдегі сигналдар. Құрылғы, берілген формула бойынша кіріс сигналдардың өңделген нәтижесі болып табылатын, сигнал беру қажет. Шығыс сигналдар тапсырма нұсқасына байланысты түрлі пішіндерге ие бола алады: ток, кернеу, ауыспалы жиілігі бар импульстер.

Құрылғыны жобалау келесідей бөлімдерді қамтиды:

- құрылғының функционалды сұлбасын құру;
- жеке функционалды түйіндердің сұлбаларын таңдау;
- сигналдардың деңгейлері бойынша түйіндерді бір бірімен келістіру;
- кіріс және шығыс кедергілері бойынша түйіндерді келістіру;
- келістіру шарттарын қамтамасыз ететін, жеке түйіндердің жұмыс режимдерін таңдау;
- құрылғының түйіндерінің электрлік есебі (есептелуі);

- құрылғының толық электрлік сұлбасын сызу;
- қолданылған компоненттердің (құраушылардың) спецификациясын (сипаттізімін) құру;
- құрылғыны арнайы бағдарламалық жабдықтардың көмегімен, мысалы Electronics Workbench тестілеу;
- құрылғының фрагменттерінің бірінің баспа платасын жасау.

2 Курстық жұмыстың мазмұны және рәсімдеуге қойылатын талаптар

2.1 Түсіндірме жазба мен сызба бөлімінің мазмұны

2.1.1 Курстық жұмыс, жалпы көлемі 20-25 парақ шамасында болатын қолмен жазылған немесе машиналық текстен және 2 бет А4, А3 форматты сызба материалынан құралатын есептеме-түсіндірме жазбасынан тұру қажет.

2.1.2 Есептеме-түсіндірме жазба: титулдық парақтан, техникалық тапсырмадан, мазмұнынан, кіріспеден, құрылғының функционалдық сұлбасын анық сипаттайтын негізгі бөлімнен, жұмыстары сипатталған жеке түйіндердің принципіалдық сұлбаларын таңдаудан; қолданылатын құраушылардың сипаттамалары мен анықтамалық деректерінен; есептеулерден, соның ішінде компьютерде жүргізілгендеріде; қорытындыдан; қолданылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұру қажет.

2.1.3 Сызба бөлімінің парақтарында: құрылғының функционалдық және принципіалдық сұлбасы, құрылғының және оның жеке блоктарының жұмысын түсіндіретін уақыттық диаграммалары келтіріледі.

2.2 Рәсімдеуге қойылатын талаптар

2.2.1 Түсіндірме жазба А4 форматты парақтарда орындалуы және түптелуі қажет. Текст тақырыптармен қамтылып, бөлімдерге бөлінеді және ГОСТ талаптарына сәйкес миллиметрлік қағазда орындалатын есептеуге қажетті сұлбалар мен сипаттамалармен суреттеледі. Сипаттама сілтемелермен сүйемелдену қажет, беттер екіншісінен бастап төменгі ширектің ортасында нүктесіз нөмірлену керек. Титулдық параққа бет нөмірі қойылмайды.

2.2.2 Сызба материалдары ЕСКД талаптарын сақтай отырып орындалады. Құраушылардың сипаттізімі А4 параққа рәсімделеді және есептеме-түсіндірме жазбада орналастырылады. Элементтердің шамаларын таңдаған кезде резисторлар мен конденсаторлардың номиналдарының шкалаларына ГОСТ қолдану қажет.

2.2.3 Есептеу формулалары, толықтай әріптік белгіленулері түсіндіріліп, мәлімет көздеріне сілтемелер жасалып келтірілуі қажет.

2.2.4 Бағдарламалық жабдықтардың көмегімен құрылғыны тестілеуде қолданылған сұлбаларды, қосымшаға шығару қажет.

2.2.5 Қорытынды бөлімінде жасалған құрылғының және оның негізгі түйіндерінің ерекшеліктерін көрсету қажет, берілген мәндермен жобаланған құрылғының шығыс сигналы көрсеткіштері шамаларының салыстырмалы талдау нәтижелерін келтіру қажет. Өндірілген (жасалған) құрылғының барлық мүмкін болатын қолдану аймақтарын көрсету керек.

3 Курстық жұмысты орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

3.1 Тапсырма нұсқасын таңдау

Шығыс сигналдың Y кіріс сигналдарға X_1 және X_2 тәуелділігінің өрнегі, шығыс сигналдың пішіні, сонымен қатар құрылғының шығысына қосылған жүктеме кедергісі A қосымшасындағы кестеден таңдалады. Кіріс және шығыс сигналдарының пішіндері, олардың мәндерінің аумақтары, бөгеттердің түрі мен жиіліктік аумағы, сонымен қатар сигналдың ақпараттық көрсеткішінің жиіліктік спектрі B қосымшасындағы кестеден таңдалады.

3.1.1 Тапсырманың барлық нұсқаларында X_1 кіріс сигналымен бірге аддитивті бөгет жүреді, сондықтан сигналды жиіліктік сүзгілеуден өткізу қажет. Сигналдың фиксирленген жиілігі болған жағдайда, тар жолақты таңдаулы сүзгіні қолданған дұрыс. Егер сигнал белгілі бір жиілік жолағын алып отырса, онда сигналдың жолағына қатысты бөгет жолағының орналасуына байланысты не төменгі жиілік сүзгісін (ТЖС), не жоғары жиілік сүзгісін (ЖЖС), немесе жолақты сүзгіні (ЖС) қолданған дұрыс. ТЖС, ЖЖС және ЖС текті сүзгілер үшінші реттік болуы қажет. Барлық сүзгілердің сигнал үшін беріліс коэффициенті 1 тең.

3.2 Құрылғының функционалдық сұлбасын өңдеу

3.2.1 Функционалдық сұлбаны өңдеу – жұмыстың жауапты әрі шығармашылық бөлімі. Бастапқыда берілген өрнек бойынша шығыс сигналдың екі кіріс сигналға тәуелділігін айқындап, кіріс сигналдармен қандай математикалық амалдар жасалу керектігін білу қажет. Содан соң әдебиет қорлары бойынша қажетті математикалық амалдарды жүзеге асыратын (қосындылауыштар, азайтқыштар, көбейткіштер, бөлгіштер, логарифмдеуіштер, интегралдауыштар, дифференциалдауыштар ж.т.б.) электрондық сұлбалардың жұмыс істеу принциптерімен танысу. Сипаттамаларына қарай сәйкес келетін сұлбаларды шығарып алу. Сұлбаларды таңдау және негіздеу кезінде, негізінен интегралдық микросұлба негізінде (базасында) жасалған құрылғыларды алған жөн.

3.2.2 Функционалдық сұлбаны өндіруді (жасауды) сол немесе басқа бір математикалық амалды орындайтын, сол немесе басқа сигналды тікелей түйіннің кірісіне беруге болатынын тексеру үшін, кіріс сигналдардың уақыттық диаграммаларын тұрғызудан бастаған жөн. Кіріс сигналдар бірполярлы кернеу түрінде ғана болмайды, олар бірполярлы ток түрінде,

айнымалы кернеулер мен токтар, активті кедергі, ақпараттық көрсеткіші оның қайталау жиілігі болып табылатын, тізбектелген импульстер түрінде де бола алады. Берілген текті сигналдарды алдымен сәйкес сұлбалардың көмегімен: прецизионды түзеткіштер, тоқты кернеуге түрлендіргіштер (ТКТ), жиілікті кернеуге түрлендіргіштер (ЖКТ), кедергіні кернеуге түрлендіргіштер (ККТ), бірполярлы кернеу түріне (пішініне) түрлендіру қажет екендігі анық.

Шығыс сигналдарда тек кернеу түрінде берілмеуі мүмкін, сонымен қатар ток түрінде немесе ауыспалы қайталау жиілігі бар импульстер түрінде де болуы мүмкін. Мұндай жағдайларда құрылғының шығыс каскадтары ретінде сәйкесінше тоқтық шықпасы бар күшейткіш және жиілікті кернеуге түрлендіргіш (ЖКТ) қолданылуы қажет.

Құрылғының шығыс каскадын жүктемемен келістіру қажет, сонымен қоса операциялық күшейткіштердің (ОК) ықшам сұлбалары шығыс сигналдың максимал шамасын бере алады: 1,5...2 кОм-нан кем емес активті жүктеме кедергіде $\pm 10\text{В}$ дейін, яғни жүктемеге 5...7 мА-ден көп емес максимал ток бере алады. Егерде тапсырма бойынша жүктемеде үлкен кернеу немесе үлкен ток күшін қамтамасыз етуді талап етсе, онда ОК шығысы мен жүктеменің арасында буферлік транзисторлық каскадты қолдану қажет.

3.3 Принципиалдық сұлба

Функционалдық сұлба құрылғаннан кейін құрылғының принципиалдық электрлік сұлбасы өндіріледі. Функционалдық түйіндердің әрқайсысы, саны есептеуге келмейтін, түрлі сұлбалардың көпшілігінің көмегімен іске асырылуы мүмкін. Тапсырмада құрылғының дәлдігіне талап қойылмағандықтан, түйіндердің сұлбаларын таңдау кезінде жұмысын жеңіл талдауға болатын қарапайым сұлбаларға тоқталған дұрыс. Сұлбаларды таңдау және есептеу кезінде негізінен мына әдебиет көздеріне жүгінген дұрыс [1,2,3,4,5]. Сонымен қатар библиографияда көрсетілген басқада әдебиет көздері пайдалы бола алады.

3.3.1 Әдебиеттер мен анықтамалық материалдардан алынған деректер негізінде жеке түйіндердің схемотехникалық шешімдеріне салыстырмалы талдаулар жүргізу қажет және солардың ішінен тапсырма талаптарына толықтай жауап беретінін, сонымен қатар берілген шамаларды қанағаттандыратынын таңдау қажет. Жеке блоктардың шығыс сигналдарының оларға қосылған түйіндердің кірісімен келістіруді қамтамасыз ету қажет, ол кезде ОК шығысындағы сигналдардың мәндері максимал құжаттық шамалардан аспауы керек.

Құрылғының шығыс сигналының полярлығы берілген мәнге сәйкес болу үшін, түйіндердің кіріс және шығыс сигналдарының арасындағы фазалық қатынастың да сақталуын назардан тыс қалтырмау қажет.

3.3.2 Жеке блоктардың бір бірімен кіріс және шығыс кернеулерінің деңгейлерін келістіру кезінде, олардың шығыс сигналдары сызықты аймақта пайда болатын, ОК сондай жұмыс режимін қамтамасыз ету қажет. Есептеулерді қысқарту мақсатында деңгейлерді келістіру кезінде кіріс сигналдардың барлық масштабтық коэффициенттерін 1 тең етіп қабылдаймыз. Осыдан шығатыны, кіріс сигналдардың бірполярлы кернеу пішініне кез келген түрленуінде X_1 және X_2 кіріс сигналдарының арасында 1:1 қатынасы сақталуы керек. Айтылған тұжырымды мысалмен түсіндірейік. X_1 сигналы ток пішінінде берілген, оны тұрақты кернеуге түрлендіреміз. Максимал кіріс токқа сәйкес келелін, токты кернеуге түрлендіргіштің (ТКТ) максимал кернеуінің шамасын, біз мысалға 1В-қа тең деп таңдадық. X_2 сигналы транзисторлы-транзисторлы қисын (ТТҚ) деңгейлі импульстер түрінде берілген, сигналдың ақпараты жиілікте импульстердің пайда болуымен бекітіледі. X_2 сигналын жиілікті кернеуге түрлендіргіштің (ЖКТ) көмегімен бірполярлы кернеуге түрлендіреміз, ізінше, біз ЖКТ шығысында кернеудің максимал мәнін орнатуымыз керек, яғни дәл сол шама - 1В-ты.

ОК-тің сызықты режимде жұмыс істеуі үшін сигналдардың мәндері үлкен болған жағдайларда, оларды кернеу бөлгіштердің көмегімен азайту қажет, бірақ басқада сигналды дәл сол пропорцияда азайтуды ұмытпау керек.

Қоректендіру көздерін есептеу курстық жұмысқа кірмейді, сұлбада қолданылатын қоректенетін кернеулердің әрқайсысы бойынша тұтынылатын токтардың қосындыларын есептеу жеткілікті.

3.4 Сұлбаның электрлік есептеуі

3.4.1 Берілген жүктемеде шығыс сигналдың тапсырмамен талап етілетін көрсеткіштерін алу мақсатында, элементтік базаны таңдауда, пассивті элементтердің номиналдық мәндерін анықтау үшін электрлік есептеу жүргізіледі. Элементтік базаны таңдау үшін ресей анықтамаларымен қатар алыс шет ел әдебиеттеріменде қолдануға болады. Кез келген жағдайда түсіндірме парақшасында (жазбашасында) таңдалған элементтердің негізгі көрсеткіштері жайлы мәліметтер келтіру керек.

Түсіндірме парақшасында түйіндердің әр сұлбасының жұмыс істеу принципін уақыттық диаграммалары түрінде түсіндіру қажет. Электрлік сұлбада ОК түзету тізбектерінде жіберілмеу керек. Құрылғының толық электрлік сұлбасы стандарт бойынша А3 форматты парақта сызылуы қажет. ОК электрлік сұлбаларын сызып қажет емес.

3.4.2 Жұмысты орындауға тапсырмалар жеке дара, бірақ барлық нұсқаларға ортақ келесі ұсыныстарды ұстанған жөн. Шығыс сигналдың кіріс сигналға тәуелділік өрнегіне сәйкес, шығыс сигналдың шектік мәндері кіріс сигналдың шектік мәндерімен қалай байланысқанын анықтау қажет. Әдетте максимал Y шығыс сигналы максимал X_1 кіріс сигналының максимал X_2 сигналымен үйлескен кезінде орын алады, Y минимал деңгейі - X_1 мен X_2 минимал кезде. Ақырғы түйіннің кірісіндегі сигналдың шамасының өзгеру

аумағы қандай шығыс сигналдың шекті шығыс мәндеріне сәйкес болатынын, содан соң анықтау керек. Шығыстан бағыт бойынша кіріске жылжи келе, әр түйінде кіріс және шығыс сигналдардың арасындағы, математикалық амалдарды өндіретін, талап етілген қатынастарды есептеу керек. Бұл әр түйіннің кірістеріндегі сигналдардың абсолюттік мәндерін анықтауға немесе таңдауға мүмкіндік береді. Сигналдардың деңгейлерін келістіру кезінде, ОК шығыс сигналдары максимал төлқұжаттық шамалардан аспауы керек екенін ұмытпау қажет.

3.4.3 Электрлік сұлбаны есептегеннен кейін құрылғыны мысалға, Electronics Workbench бағдарламалық жабдығының көмегімен сынақтан өткізу керек. Тестілеу кезінде блоктардың кірістеріне кіріс сигналдарының шекті мәндерін түрлі құрамалауда бере отырып: 1)X1min, X2min, 2)X1min, X2max, 3)X1max, X2min, 4)X1max, X2max шығыс сигналдарының мәндерінің өзгерісін бақылау керек. Құрылғының шығыс сигналы берілген жұмыс формуласына сәйкес өзгеру керек және тапсырмада көрсетілген шекті мәндерін алу керек.

3.5 Баспа платасын (тақтайшасын) өңдеу

3.5.1 Баспа тақтайшасы оқытушының келісімі бойынша сұлбаның бір бөлігі үшін өңделеді. Баспа тақтайшасының сызбасы А4 форматында ГОСТ талаптарын сақтай отырып сызылу керек.

Қазіргі кезде, баспа тақтайшасында қоректендіру көздерімен, жүктемемен, басқару құрылғыларымен және стандартты ағытпа арқылы басқада блоктармен сұлбаларды қосу қарастырылатын, аппаратураның функционалды-модульді принципінің құрылуы қолданылады. Баспа сұлбасы (тақтайшасы) студенттің таңдауы бойынша бір қабатты немесе екі қабатты бола алады.

4 Курстық жұмыстың орындалу үлгісі

Құрылғыны өңдеу ретін мысал ретінде қарастырайық.

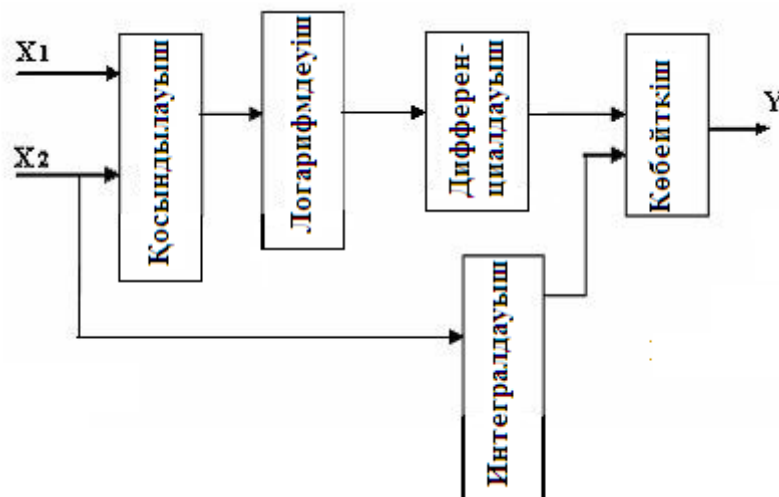
4.1 Құрылғының функционалдық сұлбасын құру

Шығыс Y сигналының кіріс $X1$ және $X2$ сигналдарына тәуелділік өрнегі берілген

$$Y = \frac{d \ln(X1 + X2)}{dt} \int X2 dt \quad (1)$$

$X1$ сигналы жиілігі 10 кГц және 0-ден бастап 1 мА-ге дейін өзгертін амплитудасымен айнымалы ток пішінінде берілген. $X2$ сигналы ұзақтығы 10 мксек және 3,4 В-тен 5 В-қа дейінгі аумақта өзгертін тұрақты амплитудасымен, пайда болу жиілігі 0 мен 5 кГц шегінде ТТҚ деңгейлі импульстер түрінде берілген. Кіріс сигналдардың информативтік

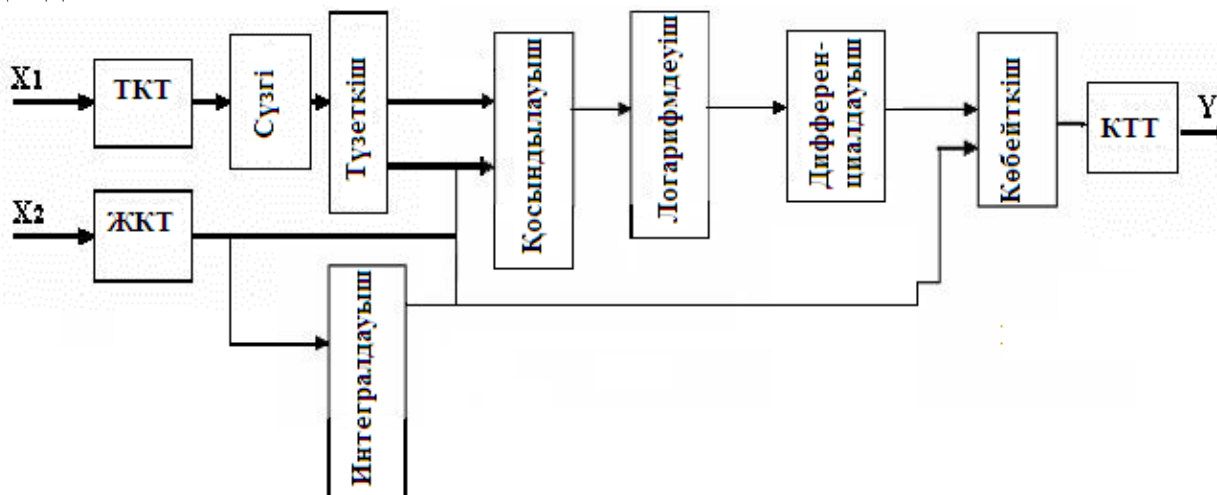
көрсеткіштерінің жиіліктік спектрлері 10 Гц-тен 100 Гц дейінгі жолақты алып жатыр. Құрылғының шығысындағы сигнал 1000 Ом жүктемеде 0-ден + 20 мА-ге дейінгі аралықта бірполярлы ток пішінінде болуы керек. (1) өрнекке сәйкес құрылғыда қосу, логарифмдеу, дифференциалдау, көбейту және интегралдау амалдары орындалады. Берілген өрнек негізінде құрылғының жалпы түрдегі функционалдық сұлбасын құрамыз, 1 сурет. X_1 және X_2 кіріс сигналдары бірполярлы кернеу пішінінде берілмегендіктен, оларды тікелей не қосындылауышқа, не интегралдауышқа тікелей беруге болмайды.



1 сурет

Сондықтан, X_1 кіріс сигналына жүктелген бөгеттерді басу қажеттілігінен және кіріс және шығыс сигналдарының пішіндерін түрлендіру мақсатында функционалдық сұлбаның бастапқы нұсқасын толықтыру қажет.

X_1 сигналы тұрақты жиілікті айнымалы ток, оның информативтік көрсеткіші болып амплитуда табылады. Алдымен ток айнымалы кернеу сигналына түрленуі керек, содан соң бөгеттерден сүзгіленуі қажет, содан кейін ғана оны қосындылауышқа беру үшін бірполярлы кернеуге түрлендіруге болады. Ол үшін тоқты кернеуге түрлендіргіш (ТКТ) сұлбасын, жиіліктік сүзгіні және өте дәлді (прецизионный) амплитудалық түзеткішті қолданамыз



2 сурет

X2 сигналы ГТҚ деңгейлі тікбұрышты импульстер пішінді және оның информативтік көрсеткіші болып импульстердің пайда болу жиілігі табылады. Жиіліктік сигналды бірполярлы кернеуге түрлендіру үшін жиілікті кернеуге түрлендіргіш (ЖКТ) сұлбасын қолданамыз. Құрылғының шығыс сигналы бірполярлы ток түрінде болуы қажет, ол үшін көбейткіштің шығысына жүктемеде талап етілген токтың мәнін қамтамасыз ететін, кернеуді токқа түрлендіргіш (КТТ) сұлбасын қосамыз. Өңделген құрылымдық сұлба 2 суретте көрсетілген түрге өзгертіледі.

4.2 Принципиалдық электрлік сұлбаны таңдау және есептеу

4.2.1 Функционалдық сұлбаны таңдау және сигналдарының деңгейлерін келістіру

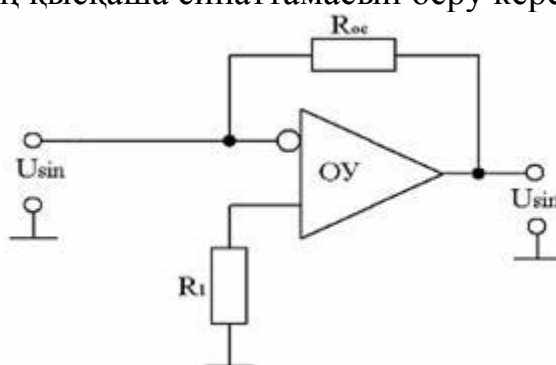
Құрылғының функционалдық сұлбасында амплитудалы-жиіліктік сипаттамасы (АЖС) біркелкі емес екі құрылғы бар, олар дифференциалдаушы және интегралдаушы. Сигналдың информативтік көрсеткішінің жиіліктік спектрінің ені 1 декаданы құрайтындықтан, дифференциалдаушының беріліс коэффициенті спектрдің төменгі жиілігі 10 Гц үшін 0 дБ-ге, ал спектрдің жоғарғы жиілігі үшін 20 дБ-ге тең болуы керек, ол салыстырмалы бірліктерде 1 және 10 сәйкес болады. Интегралдаушы үшін керісінше, пайдалы хабарламаның спектрінің төменгі жиілігі үшін беріліс коэффициенті 20 дБ-ді, ал спектрдің жоғарғы жиілігі үшін 0 дБ-ді құрау қажет. Сонымен қатар кез келген түйіннің шығысындағы максимал кернеу ОК-тің сызықты жұмыс режимінің шегінен шықпау керек және ОК-дің көпшілігі үшін шығыс сигналының аумағы $\pm 10\text{В}$ -ты құрайды. Дифференциалдаушы мен интегралдаушының шығыстарында кернеудің өзгеру шектерін -10В -тан $+10\text{В}$ -қа дейін деп қабылдаймыз. Интегралдаушының кірісіне ЖКТ-тің шығысынан сигнал келіп түседі, ізінше ЖКТ-тің шығысындағы кернеудің максимал деңгейі, 5 кГц-ке тең болатын X2 сигналының максимал жиілігінде, 1В-ты құру керек. X2 сигналының нөлдік жиілігінде ЖКТ-тің шығысындағы кернеу сәйкесінше 0В-қа тең болады.

Ондай болса X1 сигналының 0 мА-ден 1 мА-ге дейінгі аралықтағы өзгерісіне сәйкес, түзеткіштің шығыс кернеуіде 0 В-тан 1 В-қа дейінгі шекте өзгеруі керек. Түзеткіштің және жиіліктік сүзгінің беріліс коэффициенттерін 1-ге тең деп таңдаймыз, онда ТКТ шығыс кернеуі 0 В-тан 1 В-қа дейінгі аралықта өзгеруі қажет.

ЖКТ ретінде дайын интегралдық сұлбаларды (ИС), мысалы КР1108ПП1 қолданған ыңғайлы. Бұл ИС-ның шығыс кернеуі тек оң болады, сондықтан түзеткіштің шығысында біз оң полярлы кернеу алуымыз керек. Интегралдаушы кіріс сигналға қарама қарсы полярлы шығыс сигналды береді, сондықтан интегралдаушының шығысында 0В-тан -10В -қа дейінгі

аралықтағы теріс кернеу болады. Бір жағынан, дифференциалдаушы мен логарифмдеушіде кіріс сигналдарды терістейді және олар қосындылауыштың шығысына бір бірімен тізбектей қосылған, сондықтан дифференциалдауыштың шығыс кернеуінің полярлығы қосындылауыштың шығысындағы полярлықты қайталайды. Интегралдаушы мен дифференциалдаушының шығыс кернеулерінің полярлығы бірдей болуы үшін, қосындылаушының шығыс кернеуінің полярлығы теріс болуы керек. Осыдан шығатыны, қосындылаушы терістегіш болу қажет.

4.2.2 ТКТ сұлбасы. Х1 кіріс тоқтық сигналын кернеуге түрлендіру үшін ОК негізіндегі ТКТ сұлбасын қолданамыз. Аз мәнді кіріс тогы бар ОК-ті таңдаймыз [2, 3, 5]. Мұндай сұлбада (3-ші суретті қараңыз) іс жүзінде барлық кіріс ток кері байланыс кедергісі арқылы ағады және шығыс кернеу келесі мәнге тең болады $U_{шығ} = - I_{кір} \times R_{кб}$. Бұл жерде студент таңдалған ТКТ сұлбасының жұмысының қысқаша сипаттамасын беру керек.

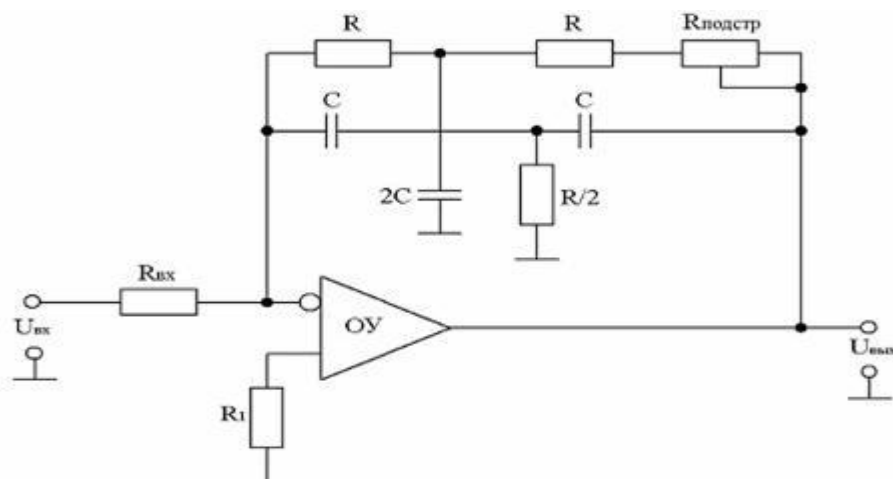


3 сурет

ТКТ сұлбасының КБ тізбегіндегі кедергіні табамыз $R_{кб} = U_{шығ} / I_{кір} = 1/10^{-3} = 1\text{кОм}$. Анықтамалық кітаптардан және басқа да ақпарат көздерінен, мысалы [1], аз шамалы кіріс тогы бар К140УД14 текті ОК таңдаймыз, дәл сол жерде оның қосылу сұлбасы мен негізгі көрсеткіштері келтірілген:

күшейту коэффициенті К, мың.	50,
қоректендіру кернеуі $\pm U_K$, В	5...20,
тұтыну тогы $I_{тұт}$, мА	1,
орташа кіріс ток $I_{кір}$, нА	5,
жиілік жолағы f1, МГц	0,5,
шығыс сигнал $\pm U_{шығ}$, В	12,
минимал жүктеме $R_{ж}$, кОм	1,
шет елдік аналогы	LM108.

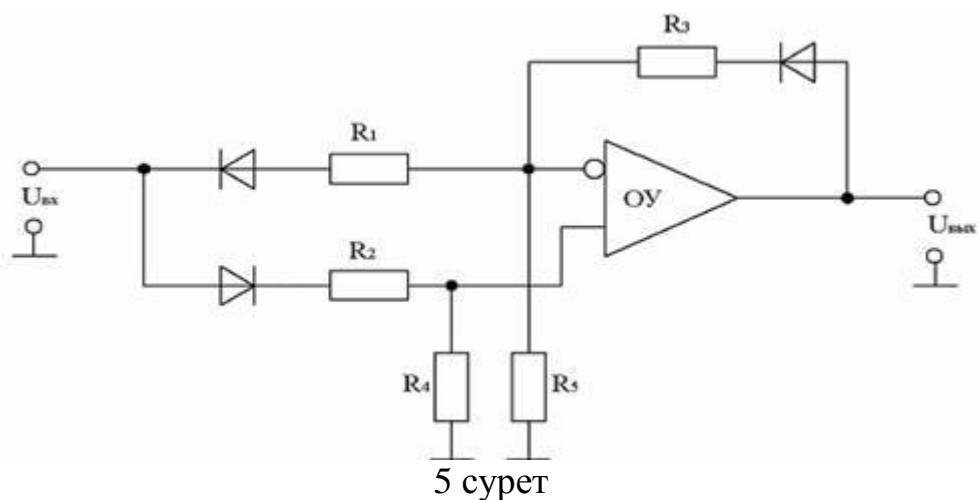
4.2.3 Сүзгі сұлбасы. Айнымалы кернеумен қатар ТКТ шығысында Х1 сигналына жүктелген кең жолақты бөгет әсер етеді.



4 сурет

Сигналда фиксирленген жиілік болғандықтан, бөгетті басу үшін теріс кері байланыс (ТКБ) тізбегінде тар жолақты таңдаулы сүзгіні, мысалы екілік Т-түрдегі көпірді, қолдануға болады, (4-ші суретті қараңыз). Студент сұлбаның жұмысын қысқаша сипаттау керек және оның АЖС-ның түрін беру керек [2]. Бұл квазирезонанстық сұлбамен бөгетті басу дәрежесі көпірді сигнал жиілігіне баптау (реттеу) дәлдігімен анықталады. Сүзгінің өткізу жиілігі келесі формуламен анықталады $f = 1/2\pi RC$. Көпірдің иықтарындағы сыйымдылықтарының мәндері бойынша, мысалы $C = 0,047$ мкФ, көпірдің иықтарындағы резисторлардың шамаларын табамыз $R = 338$ Ом. Жақын стандарттық номиналды 330 Ом деп қабылдаймыз. Кедергілер мен сыйымдылықтардың $\pm 5\%$ зауыттық шашырауларын ескере отырып, иықтардың резисторларының біріне тізбектей 50 Ом айнымалы кедергіні қосамыз, ол арқылы сұлбаны баптаған кезде сүзгінің өткізу жиілігін реттеуді жүргізеді. Көпірдің «аяқшаларының» бөлшектерінің номиналдарын сәйкесінше $0,1$ мкФ және 160 Ом-ға тең етіп қабылдаймыз. Сигнал жиілігі үшін сүзгінің кернеу бойынша күшейуін 1 -ге тең деп қабылдаймыз, $X1$ сигналының масштабтық коэффициентінің мәнін сақтау үшін. f_0 өткізу жиілігінде сүзгінің күшейту коэффициентін $K_u = 2R/R_{к\text{ір}}$ формуласынан анықтаймыз, осыдан $R_{к\text{ір}} = 680$ Ом кедергісін табамыз.

4.2.4 Түзеткіштің сұлбасы. Бөгеттерден сүзгіленген айнымалы кернеу сигналын ОК негізіндегі прецизионды амплитудалық түзеткіштің сұлбасының көмегімен тұрақты кернеуге түрлендіреміз (5 суретті қараңыз).



5 сурет

Бұл жерде студент формулаларды және уақыттық диаграммаларды, мысалы [2], қатыстырып, сұлбаның жұмысының қысқаша түсіндірмесін береді. Түзеткіштің шығыс кернеуі оң және кіріс кернеу амплитудасына тең болады. Сүзгінің және түзеткіштің сұлбаларында элементтік базасын унификациялау мақсатында К140УД14 текті ОК қолданамыз.

4.2.5 ЖКТ сұлбасы. Х2 сигналының ақпараттық көрсеткіші – импульстердің пайда болу жиілігін КР1108ПП1 текті дайын ИС түрінде, ЖКТ-тің көмегімен бірполярлы кернеуге түрлендіреміз. Бұл ИС ЖКТ және ЖКТ режимдерінде жұмыс істей алады. Бұл жерде студент КР1108ПП1 ИС блок-сұлбасына сипаттама беру керек, мысалы [4]. ЖКТ режимінде ИС жұмыс істеуі үшін қосалқы элементтерді есептеу интегралдаушы РС-тізбектің $R_{инт}$ кедергісінің анықталуына, $U_{тір}$ тіректі кернеудің және C_t уақытты белгілейтін сыйымдылық шамасын таңдауға әкеліп соғады. ЖКТ шығыс кернеуі келесі формуламен анықталады

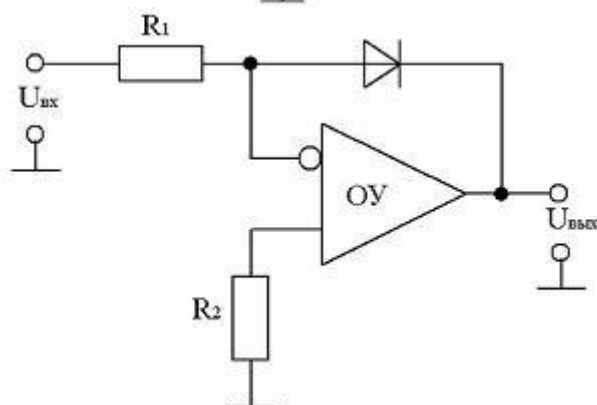
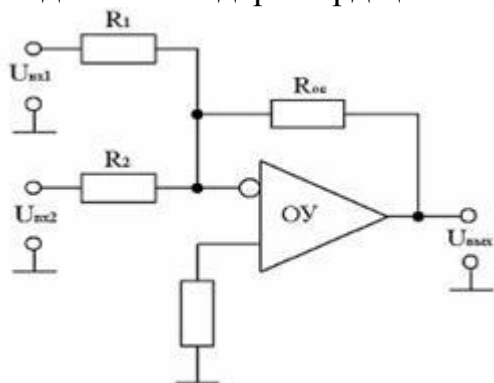
$$U_{шығ} = U_{тір} \times R_{инт} \times C_t \times f,$$

мұндағы f – ЖКТ кіріс сигналының максимал жиілігі.

C_t мен $R_{инт}$ ұсынылған мәндерін [4] (4.1 кестені қара.) аламыз. Сигналдың 10 кГц дейінгі жиіліктері үшін олар келесідей мәндерді құрайды: $C_t = 3,3$ нФ және $R_{инт} = 40$ кОм. ЖКТ максимал шығыс кернеуі, Х1 және Х2 сигналдарының арасындағы қатынас өзгеріссіз сақталуы үшін, түзеткіштің шығысындағы кернеу сияқты 1В тең болуы керек. Осы жерден тіректі кернеудің мәнін табамыз $U_{тір} = 1,52$ В. Тіректі кернеудің қажетті мәні, КР1108ПП1 микросұлбасының +15 В қоректендіру көзіне қосылған, R1 және R2 резисторлары негізіндегі кернеу бөлгіштен алынады (сол жерді қараңыз). Бөлгіштің резисторларының кедергілерін есептеу керек.

4.2.6 Қосындылауыш сұлбасы. Түзеткіш пен ЖКТ шығыс кернеулерін қосу үшін, [1, 2, 3, 5] жазылған терістейтін қосындылауыштың сұлбасын қолданамыз. Бұл жерде студент қосындылауыштың жұмысына анықтама беру керек. Қосындылау қосылғыштардың масштабтық коэффициенттерінің өзгеруінсіз жүргізілуі керек. Бұл жағдайда қосындылауыштың шығысындағы кернеу 0 ден -2 В шектерінде өзгереді. ОК негізінде сол К140УД14

пайдаланамыз. Сұлбаны есептеу (6 суретті кара.) ешқандай қиындық туғызбайды және кедергілердің шамаларының анықталуымен сай келеді.



6 сурет

7 сурет

4.2.7 Логарифмдеуші сұлбасы. Сигналды логарифмдеу, 7 суретте көрсетілгендей, кері байланыс (КБ) тізбегінде $p-n$ ауысу қосылған (диод немесе транзистор), ОК сұлбасы арқылы жүзеге асырылады. Логарифмдеушінің жұмысын қысқаша сипаттау керек, мысалы [1,2] көрсетілгендей. Анықтамалық кітаптан [8] аз ғана кері тоғы бар диодты таңдаймыз. КД520А текті диодтың келесідей көрсеткіштері бар:

- | | |
|-------------------------------------|----|
| тұрақты тура кернеуі $U_{тура}$, В | 1, |
| тұрақты кері тоғы $I_{до}$, мкА | 1. |

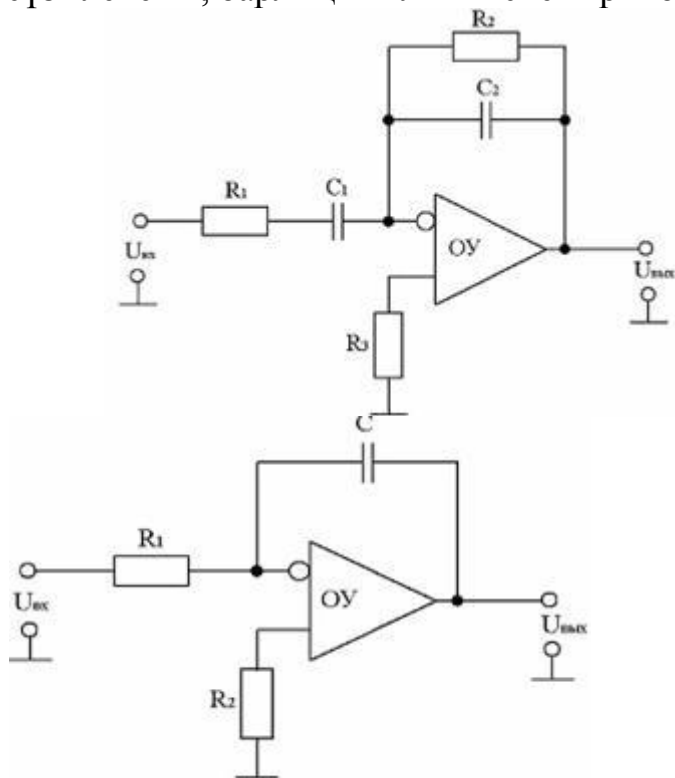
КБ тізбегіндегі диодтың максимал тоғы $I_{д\max}$, оның әсерінен меншікті кедергісін елемеуге болатын, $0,5\text{ мА}$ құрайды. $R1$ резисторының кедергісін $U_{кір\max} / R1 = I_{д\max}$ формуласынан анықтаймыз, бұл жерден $R1 = U_{кір\max} / I_{д\max} = 2 / 0,5 \times 10^{-3} = 4\text{ кОм}$ табамыз. Жуық стандарттық номинал $3,9\text{ кОм}$. Логарифмдеушінің максимал шығыс кернеуі $U_{шығ\max} = U_T [\ln(U_{кір\max} / R) - \ln I_{до}]$,

мұндағы U_T – температуралық потенциал, ол $t = 20^\circ\text{C}$ болғанда 26 мВ тең болады, онда

$$U_{шығ\max} = 26 \times 10^{-3} [\ln(2 / 3,9 \times 10^3) - \ln 10^{-6}] = 0,162\text{ В}.$$

Сондықтан, сызықты режимде дифференциалдаушының жұмысы кепілдендірілген, логарифмдеушінің шығысына қосылған оның кірісіндегі кернеуінің мәні 1 В аз болады. Логарифмдеушінің ОК кірістерін симметриялау үшін $R1$ және $R2$ кедергілері бірдей болуы керек, сондықтан $R2$ -де 20 кОм тең етіп қабылдаймыз.

4.2.8 Дифференциалдаушы сұлбасы. Логарифмдеушінің шығыс кернеуі дифференциалданған болуы керек. Бұл операция [1, 2, 3, 5, 6] дерек көздерінде көрсетілген, ОК негізіндегі сұлбамен іске асырылады. Бұл жерде дифференциалдаушы сұлбасы жұмысының түсіндірме жазбасына тоқталу керек (8 суретті қара.), жиіліктік сипаттамаларын және уақыттық диаграммаларын келтіру керек, мысалы [2]-ден. Дифференциалдаушының жиіліктік аумағы оның кіріс сигналының, 10Гц-тен 100 Гц-ке дейін сүзгіленетін, барлық жиіліктік спектрін өзіне араластыру керек.



8 сурет

9 сурет

Дифференциалдаушының жұмыс аумағының шекаралық жиіліктері сұлбаның элементтерімен байланысқан: кедергілермен және конденсаторлармен $f_m = 1/2\pi R_2 C_1$, $f_{ж} = 1/2\pi R_1 C_1$. Қыйып өту жиілігін, пайдалы хабарламаның спектрінің жоғарғы жиілігіне тең деп қабылдаймыз, яғни 100 Гц және конденсатордың сыйымдылығын $C_1 = 1,0$ мкФ бере отырып, R_1 және R_2 резисторларының кедергілерін табамыз.

$R_1 = 1/2\pi \times 100 \times 1 \times 10^{-6} = 1,6$ кОм және $R_2 = 1/2\pi \times 100 \times 1 \times 10^{-6} = 16$ кОм. C_2 конденсаторының сыйымдылығын $f_{\phi} = 1/2\pi R_2 C_2$ өрнегінен анықтаймыз, $C_2 = 1/2\pi \times 100 \times 16 \times 10^3 = 99$ нФ. R_3 кедергісі ОК кіріс тізбегін симметриялау үшін қызмет атқарады және ОК терістейтін кірісімен жалғанған активті кедергімен тең болу керек, R_3 номиналында 16 кОм тең деп етіп қабылдаймыз. C_2 сыйымдылығын 100 нФ тең деп қабылдаймыз.

4.2.9 Интегралдаушының сұлбасы. 9 суреттегі сұлбаның шығысындағы кернеу, кіріс сигналдың кернеуінің интегралы болып табылады. Берілген сұлба терістейтін күшейткіш болып табылады, теріс кері байланыс (ТКБ)

тізбегіне конденсатор қосылған. Бұл жерде студент [1, 2, 3, 5] сұлбалардың жұмысын суреттейді. Интегралдаушыға, сигналдың барлық тоғы R резисторы мен C конденсаторы арқылы ағып өтуі үшін, өте аз кіріс тоғы бар ОК таңдау керек, одан басқа ОК үлкен меншікті күшейту коэффициенті болуы K_{uo} болуы керек. Мұндай шарттарды K140УД14 [1] текті ОК қанағаттандырады. ОК белгілі көрсеткіштерінен басқа, интегралдаушының сұлбасы үшін келесідей көрсеткіштерде маңызды:

ығысу кернеуі $\pm e_{бгз}$, мВ	5,
кіріс токтардың айырмасы Di_{kip} , нА	1,
уақыт тұрақтысы t_{OK} , с	16×10^{-3} .

Таңдап алған ОК уақыт тұрақтысы анықтамалық кітапта келтірілмеген жағдай болса, оны мына формуладан анықтауға болады $2p f l = (K_{uo} + 1) / t_{OK}$. Интегралдаушының АЖС -20дб/дек иілуі бар және бірегей күшейту жиілігі, сигналдың жиілік спектрінің жоғарғы шекарасына, яғни 100Гц сәйкес болуы керек, ал төменгі жиілігіне 10Гц шамасы 10 тең күшейту коэффициенті сәйкес болу қажет.

Бірегей күшейту жиіліктері үшін теңдеулерді пайдаланып, $w_{жс} = 1 / R1C$ және жиіліктердің жұмыс істеу аумағының төменгі жиіліктері үшін $w_m = 1 / R1C(K_{uo}+1)$, интегралдаушы сұлбасының R1 және C шамаларын анықтаймыз. ОК тура кірісі, ОК ығысу кернеуімен туындайтын интегралдау қателігін азайту үшін, R1 тең, R2 кедергісі арқылы жерленуі қажет. Ол үшін кедергілер келесі шарттан таңдалады $R1 = R2 \gg e_{бгз} / Di_{kip}$. Осыдан R1 табамыз

$R1 = R2 = 5 \times 10^{-3} / 1 \times 10^{-9} = 5 \times 10^6$ Ом, 5,1 мОм номиналын қабылдаймыз.

Сыйымдылықты $C = 1 / w_{жс} \times R1 = 1 / 2p f_{жс} \times R1 = 0,031 \times 10^{-9}$ Ф, 330 пФ номиналын қабылдаймыз. Жиіліктердің жұмыс істеу аумағының төменгі жиілігін анықтаймыз $f_m = 1 / 2p R1C(K_{uo}+1) = 1 / 2p 5,1 \times 10^6 330 \times 10^{-12} (50000+1) = 0,0019$ Гц.

Сондықтан сұлба, X2 сигналының информативтік көрсеткіштерінде жиіліктің барлық аумағында интегралдаушы сияқты жұмыс істейді, тіпті қормен.

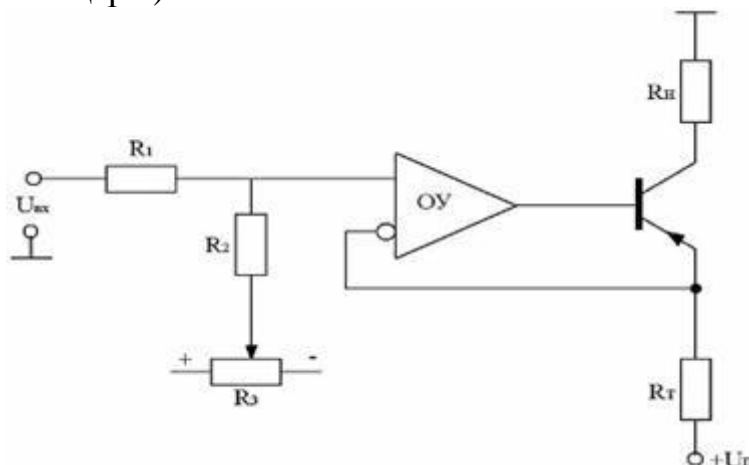
4.2.10 Қайталап көбейту сұлбасы. Екі сигналдың қайталап көбейтілуін, мысалы, сигналдарды логарифмдеуші, қосындылаушы және потенциалдаушы сұлбаларының көмегімен іске асыруға болады. Сонымен қатар дайын ИС болады (K525ПС1 және K525ПС2) параллель-симметриялық транзисторлық каскадтары бар төртквadratты қайталап көбейткіштер [2, 3, 5]. Бұл жерде студент K525ПС2 қайталап көбейткішінің жұмысына [5] бойынша қысқаша сипаттама беру керек, оның блок-сұлбасы мен негізгі көрсеткіштерін келтіру қажет.

K525ПС2 қайталап көбейткіш ИС шығыс кернеуі келесі тәуелділікпен беріледі $U_{шығ} = (U1 \times U2 / 10) В$. ИС кіріс сигналдары $\pm 10,5$ В шектерінде өзгере алады, көбейту қателігі – 1 % көп емес.

X1 және X2 сигналдары өзара тәуелсіз және кездейсоқ болғандықтан, қайталап көбейткіштің кірістерінде екі сигналда бір уақытта максимал болып

қалуы мүмкін, яғни дифференциалдаушының шығысында $\pm 1,62$ В және интегралдаушының шығысында -10 В болады. Нәтижесінде қайталап көбейткіштің шығысында кернеу $-1,61$ В тан $+1,61$ В дейінгі шектерде өзгереді.

4.2.11 Кернеуді токқа түрлендіргіш (КТТ) сұлбасы. КТТ шығыс сигналы болып, ток табылады, оның күші жүктемеде кіріс кернеудің шамасымен анықталады [1, 2, 5]. КТТ сұлбасында ОК ток бойынша теріс КБ қамтылған (10 суретті қара.).



10 сурет

Студент сұлбаның жұмысының түсіндірмесін беру керек. [1, 331 бет] оқулығында КТТ есептеудің нақтылы әдісі келтірілген. Тапсырма бойынша шығыс токтың таңбасы оң мәнді $0 \dots +20$ мА, сол аралықта КТТ кіріс сигналы екі полярлы (екі таңбалы) бола алады $\pm 1,61$ В. КТТ жүктеме тоғы үшін теңдеу $I_{ж} = (iU_{пi} - U_{вх}) / R_{г}$,

бұл жерден шығатыны: КТТ кірісінде минимал сигнал болу үшін $-1,62$ В тең, шығыстағы ток 0 мА болғанда, $iU_{пi} - U_{кiр} + U_{ығ} = 0$ шарты орындалуы үшін, кірісіне тұрақты ығысу кернеуін $U_{ығ}$ беру керек. ОК негізіндегі тұрақты ығысуды беретін әдістер [7] келтірілген, қарапайым ығыстыру сұлбасы 10 суретте көрсетілген және $U_{ығ}$ кернеуі алынатын $R3$ айнымалы резисторынан және $R2$ резисторы арқылы ОК кірісіне берілетін, элементтерден тұрады. $R2$ резисторының номиналы $R2 \gg 10R1$ қатынасынан таңдалады.

Түсіндірмеде қолданылған сұлбалар, ОК түзету тізбектерінсіз, ОК қоректендіру шықпаларынсыз ж.т.б. суреттелген. Жалпы электрлік сұлбада осы барлық элементтер анық көрсетілуі қажет.

А қосымшасы

1 кесте – Құрылғыны жобалауға берілген тапсырмалар нұсқалары

Сынақ кітапшасының соңғы саны	Ү шығыс сигналының кіріс $X1$ және $X2$ сигналдарынан тәуелділік өрнегі	Шығыс сигнал	Жүктеменің кедергісі, $R_{ж}$
0	$Y = \ln(X1^2) + \partial X2 dt$	Ітұр 0...20 мА	1 кОм
1	$Y = (dX1/dt) \times (X1 + \ln X2)$	ТТҚ импульстері 0...10 кГц	5 кОм
2	$Y = X1^2 + \ln(\partial X2 dt)$	Үтұр 0...30 В	500 Ом
3	$Y = (\ln X1) \times (dX2/dt) + X2$	Ітұр -10...+10 мА	2 кОм
4	$Y = (\ln X1) \times [d(X1+X2)/dt]$	ТТҚ импульстері 0...40 кГц	3 кОм
5	$Y = \ln(X1^2) + \partial X2 dt$	Үтұр -20...+20 В	1 кОм
6	$Y = \ln(X1^2) + dX2/dt$	Ітұр 0...10 мА	3 кОм
7	$Y = (\partial X2 dt) \times \ln(X1+X2)$	ТТҚ импульстері 0...4 кГц	5 кОм
8	$Y = \ln(X1 X2) + d X2/ dt$	Үтұр 0...20 В	1 кОм
9	$Y = (\ln X1) + \partial (X1 X2) dt$	Ітұр 0...30 мА	2 кОм

Б қосымшасы

2 кесте – Кіріс сигналдардың көрсеткіштері, бөгеттер және жүктемелер

Сынақ кітапшасының соңғысының алдындағы саны	X1 сигналы	X2 сигналы	X1 сигналындағы аддитивті бөгет	Сигналдардың информативтік көрсеткіштерінің жиіліктік спектрі
0	$I_{sin} = 0...5 \text{ мА}$ $f = 1 \text{ кГц}$	ТТЛ импульстері $f = 0...2 \text{ кГц}$	Кеңжолақты	1...10 Гц
1	$U_{sin} = 0...5 \text{ мВ}$ $f = 5 \text{ кГц}$	Активті кедергі 100...200 Ом	Кеңжолақты	4...40 Гц
2	$I_{тұр} = 0...5 \text{ мА}$	$U_{sin} = 0...10 \text{ мВ}$ $f = 2 \text{ кГц}$	Жоғары жиілікті 150 Гц тен бастап	10...100 Гц
3	$U_{тұр} = 0...1 \text{ мВ}$	$I_{sin} = 0...5 \text{ мА}$ $f = 4 \text{ кГц}$	Жоғары жиілікті 250 Гц тен бастап	20...200 Гц
4	ТТЛ импульстері $f = 0...5 \text{ кГц}$	$I_{тұр} = 0...10 \text{ мА}$	Жоғары жиілікті 400 Гц тен бастап	30...300 Гц
5	$I_{sin} = 0...1 \text{ мА}$ $f = 10 \text{ кГц}$	$U_{тұр} = 0...5 \text{ мВ}$	Кеңжолақты	15...150 Гц
6	$U_{sin} = 0...10 \text{ мВ}$ $f = 20 \text{ кГц}$	Импульсы ТТЛ $f = 0...20 \text{ кГц}$	Кеңжолақты	50...500 Гц
7	$I_{тұр} = 0...1 \text{ мА}$	$U_{sin} = 0...2 \text{ мВ}$ $f = 2 \text{ кГц}$	Жоғары жиілікті 300 Гц тен бастап	20...200 Гц
8	$U_{тұр} = 0...5 \text{ мВ}$	Активті кедергі 400...1000 Ом	Жоғары жиілікті 40 Гц тен бастап	3...30 Гц
9	ТТЛ импульстері $f = 0...2 \text{ кГц}$	$I_{тұр} = 0...3 \text{ мА}$	Жоғары жиілікті 200 Гц тен бастап	10...100 Гц

В қосымшасы

Кедергілер мен сыйымдылықтардың номинал мәндерінің шкаласы

Ряд	Номинал мәндері (Ом, пФ)																								
E24	1,0	1,1	1,0	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1	
E12	1,0		1,0		1,5		1,8		2,2		2,7		3,3		3,9		4,7		5,6		6,8		8,2		
E6	1,0				1,5				2,2				3,3				4,7							6,8	

Түсіндірме

Резисторлардың кедергілерінің және конденсаторлардың сыйымдылықтарының номиналды мәндері стандартталған. Тұрақты резисторлар үшін ГОСТ 2825 – 67 сәйкес 6 қатар бекітілген: E6, E12, E24, E48, E96, E192, ал айнымалы резисторлар үшін ГОСТ 10318 – 80 сәйкес E6 қатар бекітілген. E әріпінен кейінгі цифр, әр ондық интервалдарда номинал мәндердің санын көрсетеді. Әдеттегі тәжірибеде E6, E12, E24 қатарларын қолданады.

Кедергілер мен сыйымдылықтардың номиналды мәндері әр ондық интервалда кестеде көрсетілген сандарға сәйкес келеді, сонымен қатар 10^n көбейтіндісімен алынған мәндерге сай болады, мұндағы n – бүтін оң сан.

Кедергілер мен сыйымдылықтардың шындық мәндері номиналдықтардан жасалу қателіктерінің салдарынан ғана ерекшелене алады. Номиналдық пен шындық мәндердің арасындағы айырмашылық, номиналға қатысы бойынша % берілген, рұқсат ауытқудың шегінде болады (жіберу). ГОСТ 9664 – 74 сәйкес кестеде келтірілген E6, E12, E24 қатарлары үшін, сәйкесінше келесідей рұқсаттарды құрайды: 20%, 10%, 5%.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника: Учеб.пособие – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 704 с.
 - 2 Павлов В.Н., Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств. – М.: Радио и связь, 2005. – 320 с.
 - 3 Нефедов А.В. Транзисторы для бытовой, промышленной и специальной аппаратуры: Справочное пособие. – М.: Солон-Пресс, 2006. – 600 с.
 - 4 Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника. Учебник для ВУЗов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002.
 - 5 Нестеренко Б.К. Интегральные операционные усилители: справочное пособие по применению. – М.: Энергоатомиздат, 1982.
 - 6 Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС. – М.: Мир, 1985.
 - 7 Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. – М.: Радио и связь, 1990.
 - 8 Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
 - 9 Шило В.Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. – М.: Советское радио, 1979.
 - 10 Алексенко А.Г., Коломбет Е.А., Стародуб Г.И. Применение прецизионных аналоговых микросхем. – М.: Радио и связь, 1985.
 - 11 Баяков А.В. и др. Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
 - 12 Аналоговые интегральные микросхемы: Справочник под ред. Кудряшова В.Д. и др. – М.: Радио и связь, 1991.
- Пайдалы қосымша әдебиеттер
- 13 Щербаков В.И., Грездов Г.И. Электронные схемы на операционных усилителях: Справочник. – Киев.: Техника, 1983.
 - 14 Кофлин У., Дрискол У. Операционные усилители и линейные интегральные схемы. – М.: Мир, 1980.
 - 15 Современные линейные интегральные микросхемы и их применение: Пер. с англ. / Под ред. М.В. Гальперина. – М.: Энергия, 1980.

Самал Бексултановна Абдрешова
Гульмира Нурланкызы Абдрешова

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ ӨЛШЕУ ТЕХНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ
5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
мамандығы студенттері үшін
курстық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Ж.Н. Изтелеуова
Стандарттау бойынша маман Н.Қ. Молдабекова

Басуға __. __. __. кол қойылды
Таралымы 100 дана.
Көлемі 1,5 есептік-баспа табақ

Пішіні 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз № 1
Тапсырыс ____. Бағасы 750 тг.

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі-көбейткіш бюросы
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТИ

Электроника кафедрасы

БЕКІТЕМІН
Оқу-әдістемелік жұмыстар
бойынша
проректоры
_____ С.В. Коньшин
« ____ » _____ 2016 ж.

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ ӨЛШЕУ ТЕХНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
мамандығы студенттері үшін
курстық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

КЕЛІСІЛДІ
ОӘБ бастығы

_____ Р.Р. Мухамеджанова

« ____ » _____ 2016 ж.

Әдістемемен қамтамасыз ету және
сараптау бойынша ЖУОӘК
төрағасы

_____ Б.К. Курпенов

« ____ » _____ 2016 ж.

Редактор

« ____ » _____ 2016 ж.

Стандарт бойынша маман

_____ Н.К. Молдабекова

« ____ » _____ 2016 ж.

Электроника кафедрасының
отырысында қарастырылып,
мақұлданды
№ 7 хаттама «_9_»_02_2016ж.
Кафедра менгер.

_____ А.А.Копесбаева
(Аты-жөні, қолы)

Құрастырушылар:

Абрешова С.Б. _____

Абрешова Г.Н. _____

Алматы 2016