Коммерциялық емес акционерлік қоғам

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электроника кафедрасы

АНАЛОГТЫ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ СҰЛБАТЕХНИКАСЫ МЕН ЭЛЕМЕНТТЕРІ

5В071600 – Приборлар жасау мамандығы студенттері үшін курстық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2014

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Жолшараева Т.М., Абдрешова С.Б. Аналогты құрылғылардың сұлбатехникасы мен элементтері. 5В071600 – Приборлар жасау мамандығы студенттері үшін курстық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар. – Алматы: АЭжБУ, 2013. – 33 б.

Әдістемелік нұсқаулықта электрондық аналогты құрылғыларды өндіру мәселелері қарастырылған, курстық жұмыстың міндеті мен мақсаттары қалыптастырылған, жобаланған тапсырмалар тізімі ұсынылған, курстық жұмысты орындау реті жайында деректер келтірілген, оның мазмұнына қойылатын талаптар, сұлбаларды есептеу мысалдары және тематикалық әдебиеттер тізімі көрсетілген. Қосымшаларда принципиалды сұлбаларды орындау мысалдары берілген.

Курстық жұмысты орындау бойынша әдістемелік нұсқаулық 5В071600 – Приборлар жасау мамандығы студенттеріне арналған.

Кесте - 1, ил. - 6, әдеб.көрсеткіші – 31 атау.

Пікір беруші: доц. Қалиева С.А.

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2013 жылғы жоспары бойынша басылды.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2014 ж.

Мазмұны

Кіріспе	4
1 Курстық жұмыстың мақсаты	4
2 Курстық жұмыстың мәні	4
3 Курстық жұмыстың тапсырмасы	4
4 Курстық жұмыстың көлемі мен мазмұны	4
5 Принципиалды электрлік сұлбаларды орындауға қойылатын талаптар	5
6 Электрорадиоэлементтерді (ЭРЭ) таңдау	6
7 Электрондық сұлбаларды есептеу мысалдары	8
А қосымшасы	22
Б қосымшасы	24
В қосымшасы	25
Г, Д қосымшасы	26
Әдебиеттер тізімі	27

Кіріспе

Берілген әдістемелік нұсқаулықтарда оқу жоспарында электрондық аналогты құрылғылар бойынша курстық жұмысты орындау қарастырылған, 5В071600 – Приборлар жасау мамандығының студенттеріне арналған.

Әдістемелік нұсқаулықтарда жинақты түрде, студенттің жұмысты ретімен орындауы және дұрыс безендірумен қорғау үшін барлық қажетті деректер келтірілген. Қосымша деректерді, сонымен қатар жұмыс барысында туындайтын бақылау сұрақтарына жауаптарды, студент кеңес беру уақытында ала алады. Жұмыстағы қосымша құжаттар келесідей бөлімдерден тұрады: номиналды кедергілер мен сыйымдылықтар қатары, принципиалды электрлік сұлбаның орындалу үлгісі.

1 Курстық жұмыстың мақсаты

Студенттердің өз бетімен арнайы техникалық және анықтамалық әдебиеттермен жұмыс істеуді, электрондық сұлбаларды талдай және синтездей білуді, электрондық аппаратураларды құрау және есептеуді үйренуі болып табылады.

Курстық жоба курсты оқудың аяқтаушы кезеңі болып табылады және студенттерге электрондық құрылғыларды өндіргенде туындайтын есептерді өз бетінше шешуге мүмкіндік туғызады.

2 Курстық жұмыстың мәні

Курстық жұмысты орындау студенттерге келесідей мүмкіндіктер береді:

– ғылыми-техникалық әдебиеттермен, мемлекеттік және фирмалақ стандарттар жүйесімен жұмыс істеуге дағдылануға;

– электрондық құрылғылар мен аппараттардың негізгі кезеңдерімен танысуға;

– электрондық құрылғыларды есептеу әдістерінің білімін нықтауға;

– электрондық құрылғылар элементтік базасын меңгеруге.

3 Курстық жұмыстың тапсырмасы

Студенттерге тапсырма қатаң жекелей Г және Д қосымшаларындағы кестелерде беріледі және тапсырмалар оқу пәнінің жұмыс бағдарламасына сәйкес келу қажет.

4 Курстық жұмыстың көлемі мен мазмұны

Курстық жұмыс келесі бөлімдерден тұру қажет:

а) есептеме - түсіндірме жазбасының көлемі 25 – 35 бет;

б) сызба бөлімі А4 форматындағы беттерде.

4.1 Түсіндірме жазба

Түсіндірме жазба келесі бөлімдерден тұру қажет:

а) бірінші бет, титулды парақ;

ә) тапсырма;

б) мазмұны;

в) кіріспе;

г) берілген кластың электрондық құрылғыларына шолу, олардың артықшылықтарымен кемшіліктерінің талдауларымен - (10-15) бет;

ғ) принципиалды электрлік сұлбаны таңдауды негіздеу – (2-3) бет;

д) электрондық сұлбаның электрлік есептеуі – (10 - 15) бет;

е) қорытынды;

ж) әдебиеттер тізімі;

и) қосымшалар.

Қолданыста бар ұқсас электрондық құрылғыларға шолу отандық және шетелдік әдебиеттердің, авторлық куәліктердің, патенттермен басқада көздердің берілгендері бойынша жүргізіледі. Шолу қысқа әрі нұсқа, тапсырманың тек негізгі аспектілерін ескере отырып, жасалады.

Принципиалды электрлік сұлбаны таңдау, қолданыстағы сұлбалардың электрлік, конструктивті, технологиялық және басқада көрсеткіштері бойынша, салыстырмалы талдауының нәтижелеріне негізделуі қажет.

Принципиалды электрлік сұлбаны есептеуді екі кезеңде жүргізген тиімді: алдымен шамалас, келтірілген есептеу орындалады (каскадтар саны анықталады, каскадтардың жұмыс істеу режимдері таңдалады, олардың кіріс және шығыс көрсеткіштері жуықтап есептеледі). Егер оның нәтижелері курстық жұмыстың алғашқы берілгендерімен келісілген болса, онда сұлбаның элементтерінің бөлшекті, әрі ақырғы есептеуіне ауысады. Сонымен бірге элементтердің табылған номиналдарын, радиотехникалық бөлшектермен элементтерге қойылған техникалық шарттарға сәйкес таңдау қажет (А қосымшасы).

4.2 Графикалық бөлімі

Графикалық бөлім, элементтер қатары бар принципиалды электрлік сұлбадан (Б қосымшасы) немесе спецификациядан (В қосымшасы), тұруы қажет. Егер спецификация принципиалды сұлбаның негізгі сызбасына кірмесе, онда оны бөлек А4 форматты парақта орындауға болады.

5 Принципиалды электрлік сұлбаларды орындауға қойылатын талаптар

Принципиалды электрлік сұлбаларды орындау және тұрғызу ережелері ЕСКД (ГОСТ 2.701 – 76, 2.705 – 75) стандарттарымен орнатылған.

Электрондық құрылғының барлық элементтері сұлбада, ЕСКД стандарттарында орнатылған, шартты графикалық белгілер түрінде бейнеленеді.

Курстық жұмыстар үшін әдеттегі масштабтар: кішірейту 1:2, үлкейту 2:1.

Элементтердің шартты белгіленулері мен байланыс сызықтары тік және көлденең бойынша біркелкі түзетілген болу керек.

Элементтердің графикалық белгіленулерін, байланыс сызықтарының қалыңдығы сияқты, сызықтармен орындаған жөн.

ГОСТ 2.751–73 сәйкес электрлік байланыс түйіндерінде, нүктелерді қарайтылған домалақ түрінде көрсету керек.

Кірістері және шығыстары бар сұлбаларды орындау кезінде, әдеттегідей, кірістерін сол жақтан, ал шығыстарын оң жақтан жайғастырады.

6 Электрорадиоэлементтерді (ЭРЭ) таңдау

Жобалау кезінде аса кең үлгілерден ЭРЭ таңдау мәселесі туындайды. Төменде ЭРЭ негізгі типтерін таңдау бойынша ұсыныстар берілген. Мысалы, стандартты ЭРЭ дұрыс таңдалған делік, егер оның көрсеткіштерінің номиналды мәндері, бұл көрсеткіштердің есептелген мәндерімен, рұқсат етілген қатынастарда (тең, үлкен, кіші) жатса.

Транзисторлар

Төменгі жиілікті электрондық құрылғыларда жоғары жиілікті транзисторларды қолдану тиімсіз, өйткені олар қымбат, екіншілік тесілудің өсуіне және өздік қозу процесіне жақын келеді, сонымен қатар пайдалану қорлары аз.

Аз қуатты транзисторлар қолдануға болатын жерде, қуатты транзисторларды қолдану қажет емес.

Егер германилік транзисторды қолдануға ерекше себеп қажет болмаса, кремнилік транзистор қолданған жақсы.

Егер германилік транзисторды қолдану аса қажет болмаса, онда кремнилік транзисторды қолданған дұрыс.

Жартылай өткізгіш диодтар

Диодтарды анықтамада көрсетілген тағайындалуы бойынша қолдану қажет.

Диодтағы кері кернеумен оның бойынан ағатын тогы, максималды рұқсат етілген мәннен 70 – 80 % аспауы керек.

Жұмыс жиілігі анықтамада көрсетілген шектік мәннен аспауы қажет.

Резисторлар

Курстық жұмыста тұрақты тағайындалған МЛТ типті резисторлар қолдану ұсынылады.

Тұрақты арнайы резисторлар (прецизионды, жоғары омды және басқалары), бұларды, ортақ тағайындалудағы резисторлардың сәйкес көрсеткіштерінің мәндері жеткіліксіз болған кезде қолданған жөн.

Айнымалы резисторларды тек тағайындалуы бойынша қолданған жөн.

Конденсаторлар

Конденсатордың типін, оның номиналды сыйымдылығымен жұмыс кернеуінің мәндерінің жиынтығы бойынша таңдайды.

Жұмыс кернеуінен шамалы артық болатын, номиналды кернеуі бар конденсаторды мүмкіндігінше қолданбаған жөн, өйткені бұйымның салмақты-өлшемдік және құндық көрсеткіштері нашарлайды.

Оксидті конденсаторлар екі типті болып дайындалады: полярлы және полярсыз. Полярлы конденсаторларды тек, конденсатордағы кернеудің тұрақты құраушылары, айнымалы құраушылар амплитудасынан үлкен болған тізбектерде орнатуға болады.

Микросұлбалар

Микросұлбаларды қолданудың басты шарты, таңдалған микросұлбаға техникалық шарттарында ұсынылған жұмыс режимдерін қатаң сақтау болып табылады. Бұл, бірінші кезекте қоректену кернеуінің шамасына, жүктеме кедергісіне және температура аумағына қатысты.

Аналогтық микросұлбаларды қолдану бойынша ұсыныстар анықтамаларда келтіріледі. Ал төменгі жиілік күшейткіштерінің толықтай талаптарын қанағаттандыратын микросұлбалардың топтамалары келесілер: 140, 153, 157, 544, 553, 574, 1040, 1053, 1401, 1417, 1418, 1420, 1424, 1435, 1450.

Интегралдық сұлбалардың (ИС), монтаждау мен пайдалану кезінде ескеру қажет болатын кейбір ерекшеліктерін атап өтейік.

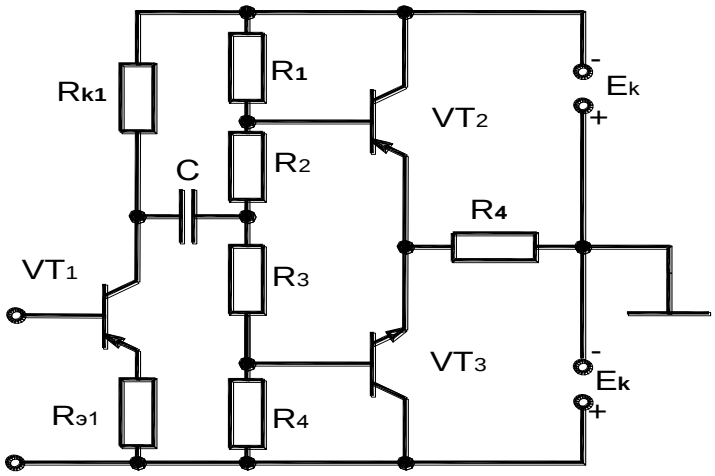
Микросұлба таңдаған кезде әртүрлі топтамалардан алынған ИС қолданудан алшақтау қажет. Егер бұл мүмкін болмаса, онда бірдей қоректену кернеуі бар микросұлбаларды қолданған дұрыс. Олардың шиналарындағы әр операциялық (амалдық) күшейткіштің (ОК) жанындағы, қоректену тізбектері бойынша паразиттік генерацияны жою үшін, сыйымдылығы (0.01 – 0.05) мкФ болатын конденсаторлар орнату ұсынылады. ОК кіріс көздерінің арасындағы өтпелі үрдістер кезінде, дифференциалдық сигналдың әсерінен қорғану үшін, қарама қарсы параллель диодтарды қосуға болады.

Егер ОК-тің шығысында қысқа тұйықталудан ішкі қорғанысы болмаса, онда шығыс қысқыштарына тізбектей 200 Ом кедергілі резистор қосу қажет,

ал кері байланыс тізбегі резистордың басқа шықпасына жалғанады. Мұндай қосылыс ОК шығыс кедергісін әдетте ұлғайтпайды.

7 Электрондық сұлбаларды есептеу мысалдары

7.1 суретте көрсетілген, екі тактілі трансформаторсыз қуат күшейткішін есептеңіз, егер оның келесідей көрсеткіштері берілген болса: жүктемедегі қуаты $P_ж$ =2 Вт және жүктемедегі кедергісі $R_ж$ =10 Ом. Күшейткіш сигналдар көзінен қоректеніп, келесі көрсеткіштерге ие: $E_г$=600 мВ және $R_г$=10 Ом.



7.1 сурет

Шешуі:

а) каскадтың екі иығындағы транзисторлардан бөлінетін қуатты аз ғана қормен (запаспен) анықтаймыз

$P = 1{,}1P_ж = 2{,}2$ Вт;

ә) қажетті коллекторлық токтың максимал мәні

$$I_{km} = \sqrt{\frac{2P}{R_н}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2{,}2}{10}} = 0{,}66A;$$

б) коллектор – эмиттер тізбегіндегі максимал кернеуді транзисторлардың шығыс сипаттамалары бойынша анықтаймыз. Қалдық кернеу $U_{қалд.}$ сипаттаманың сызықсыз бөлігін қиып өту керек. $U_{қалд.} \approx 1$В деп алайық.

в) жүктемедегі қажетті кернеудің амплитудасын $U_{шығ.}$ келесі формуладан табамыз

$$U_{km} = \frac{2P}{I_{km}} = \frac{2 \cdot 2{,}2}{0{,}66} = 6{,}6B;$$

г) қоректендіру көзінің қажетті кернеуі $E_к \geq U_{қалд.} + U_{km}$ = 6,6+1 = = 7,6 В. $E_к$ = 8 В деп запаспен алайық.

ғ) VT_1 және VT_3 қуатты транзисторларын беретін қуатының P мәні және коллектордағы максимал кернеуі бойынша таңдаймыз. Өткізгіштігі қарама-

қарсы типті (комплементарлы жұп) сәйкес келетін транзисторлар болып, КТ814А және КТ815А типті транзисторлары табылады. Ток бойынша күшейту коэффициентінің орташа мәні β =25 деп, алайық.

Онда, $I_{бm} = I_{km} / \beta = 0,6 / 25 = 0,015$ А = 15мА;

д) $R_1 \div R_4$ базалық бөлгіш тізбегін есептейміз. Тыныштық күйдегі VT_2 транзисторының база потенциалын, VT_2 және VT_3 транзисторларынан аққан қажетті бастапқы ток мәнінен және кіріс сипаттамалар түріне қарай таңдаймыз. $I_{к.баст.}$ = 10мА болса, онда $I_{б.баст.}$ = 0,4мА. Кіріс сипаттамалардан $U_{бэ.баст.}$ = 0,45 В табамыз. Бөлгіш тогын $I_{бөл.}$ 0,8 мА тең деп қабылдаймыз, онда

$$R_1 = R_4 = \frac{E_k - U_{бэ.баст.}}{I_б + I_{б.баст.}} = \frac{8 - 0,45}{0,8 + 0,4} = 6,3 \quad кОм;$$

$$R_2 = R_3 = \frac{U_{бэ.баст.}}{I_б} = \frac{0,45}{0,8} = 0,56 \quad кОм;$$

е) VT_1 транзисторындағы алдын ала күшейту каскадын есептейміз. VT_1 транзисторындағы каскадтың күшейту коэффициенті келесі теңдеу арқылы анықталады:

$$K_{U1} = \frac{\beta_1 R_{k1} \parallel R_{кір2}}{R_Г + R_{кір1}} \approx \frac{R_{к1} \parallel (\beta_2 R_ж + R_2)}{R_Г / \beta_1 + r_{э1} + R_{э1}},$$

мұндағы $R_{кір1} = r_{б1} + (r_{э1} + R_{э1})(1+\beta_1)$, $R_{кір2} \approx \beta_2 R_ж + R_2$, егер R_1 және R_4 жеткілікті жоғары омды резисторлары болса және VT_2 мен VT_3 транзисторларының базасының ток беру коэффициенті β_2= 25 болса. Бір шетінен, VT_1 транзисторындағы каскад келесі күшейтуді қамтамасыз ету қажет: $K_{U1} = u_{km} / E_Г = 6,6 / 0,6 = 11$. Мұндай күшейтуді VT_1 транзисторының тыныштық тогын 5 мА тең етіп орнатып алуымызға болады. $R_{к1}$ = 2 кОм таңдап, $U_{кэ1}$ = 5 В режимдік мәнін қамтамасыз етеміз. Формуладан $r_{э1}$ = 5 Ом және β_1 = 50 кезінде K_{U1} үшін, VT_1. транзисторындағы каскадтың күшейтуін реттейтін $R_{э1}$ эмиттерлік резистордың кедергісін табамыз. $R_{э1}$=47 Ом кедергісі VT_1 транзисторындағы алдын ала күшейту каскадының қажетті күшейту коэффициентін қамтамасыз етеді;

ж) VT_1 транзисторының кіріс тогының амплитудасы

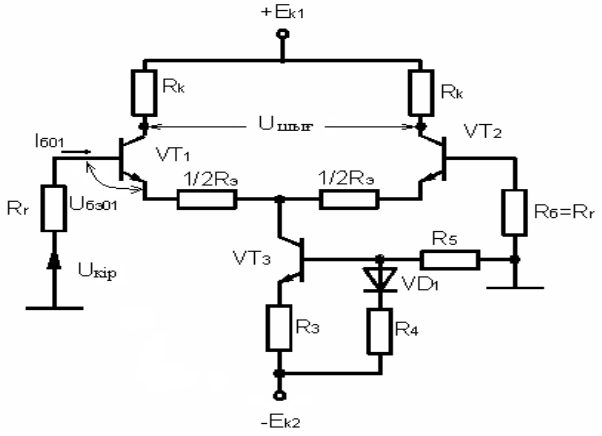
$$I_{кірm} = \frac{U_{кірm}}{R_Г + R_{кір1}} \approx \frac{E_Г}{\beta_1 (r_{э1} + R_{э1})} = \frac{0,6}{50(5+47)} \approx 0,23 \cdot 10^{-3} A = 0,23 \quad мА;$$

к) есептеп отырған күшейткіштің қуат бойынша күшейту коэффициенті

$$K_P \frac{P_ж}{P_{кір}} = \frac{2P_ж}{U_{кір.m} I_{кір.m}} = \frac{2 \cdot 2,2}{0,6 \cdot 2,3 \cdot 10^{-4}} = 3,2 \cdot 10^4.$$

Симметриясыз кірісі және тұрақты ток генераторы (ТТГ) бар биполярлық транзистор негізіндегі дифференциалдық күшейткішті (ДК) есептеу. Кіріс сигналдың ЭҚК $E_г$ =10 мВ, кедергісі $R_г$ =0,1 кОм. Талап етілген күшейту коэффициенті $K_{Uд}$ =20, кедергісі $R_{кір}$ >=5 кОм. Қоректендіру

көздерінің кернеулерінің мәндерін таңдап, сұлбаның элементтерін есептеп, $K_{кб.сф}$ шамасын, сонымен қатар, егер транзистордың кернеулері мен токтарының температуралық өсімшелерінің абсолюттік мәндері 5% ажыратылса, күшейткіштің келтірілген дрейфін бағалау қажет.



7.2 сурет

Шешуі.

ДК аз дрейфін қамтамасыз ету үшін, өте аз жылулық тогы және айтарлықтай жоғары күшейту коэффициенті β бар КТ312А транзисторын таңдаймыз. Шектік кернеуі $U_{кэ.max} \leq 15В$. Сәйкесінше, $E_{к1}=E_{к2}\leq 7,5$ В. Шығыс кернеуінің амплитудасы $U_{шыг.} = K_{Uд}E_г = 20*10 = 200$ мВ, егер $E_{к1} = E_{к2} = 6,3В$ болса, қамтамасыз етіледі. $E_к$ аз мәндері ТТГ тұрғызуды қиындатады.

7.2 сурет бойынша ДК сұлбасында $\pm E_{к1,2}$ екі қоректену көздерін қолданған кезде VT_1, VT_2 транзисторларының эмиттерлерінің потенциалдарын тыныштық режимінде нольге тең деп есептеуге болады. Бұл, VT_1, VT_2 транзисторларының базалар тізбегіндегі құлау кернеуі $I_{б01}R_г$ тыныштық тогынан және өте аз кішкене кіріс токтарының шамаларына байланысты, сонымен қатар, транзистордың базасы тұрақты ток бойынша жерленген болып есептеледі. Сонда, эмиттер потенциалы жер потенциалынан кремнилік транзисторлар үшін $U_{бэ01,2}= 0,5\div 0,7$ В шамасына ерекшеленеді. Сондықтан бірінші жуықтауда ($-E_{к2}$) төменгі қоректену көзінің кернеуі ТТГ-на, ал жоғарғы қоректену көзінің кернеуі ($+E_{к1}$) - VT_1 (VT_2) және $R_к$ резисторына, түсірілген деп есептеуге болады.

VT_1 және VT_2 транзисторлары үшін $U_{кэ0} = 3В$, $I_{к0}=1мА$, $U_{бэ0} =0,45$ В дан жұмыс нүктесін таңдаймыз. Онда $R_к$ резисторының номиналы келесі мәнді құрайды:

$$R_K = \frac{E_{k1} - U_{кэ0}}{I_{к0}} = \frac{6,3-3}{1} = 3,3 \ \ кОм.$$

Таңдалған режимде $h_{11э}$=2кОм, β=35, онда

$$I_{б0} = \frac{I_{к0}}{\beta} = \frac{1}{35} = 0,029 \ \ мА.$$

$R_{кір}$ шамасын үлкейту және VT_1 мен VT_2 транзисторларының токтарын теңестіру үшін, транзисторлардың ток бойынша жергілікті ТКБ беретін $R_э$ резисторын енгіземіз. Әдетте $R_э$ шамасын ондаған немесе жүздеген Ом қатарында таңдайды.

$R_э$ =40 Ом деп есептейік, онда

$$R_{KIP.Д} = 2\left[h_{11э} + \frac{R_э}{2}(\beta+1)\right] = 2\left[2\cdot 10^3 + 20(35+1)\right] = 5{,}44 \quad кОм,$$

яғни $R_{кір}$ >5 кОм.

ДК қателігінің токтық құраушысын азайту үшін, VT_2 транзисторының базалық тізбегіне $R_б$=$R_г$ резисторын қосамыз. ДК, $K_{Uд}$ қажетті мәнін қамтамасыз ете алама, соны тексереміз. Симметриясыз шығысы және $R_ж$ = ∞ болған кезде.

$$K_{Uд} = \frac{1}{2}\cdot\frac{\beta R_к}{R_г + R_{вх.пл}} = \frac{1}{2}\cdot\frac{35\cdot 3{,}3}{0{,}1+2{,}77} = 20{,}4,$$

қажетті шамадан аз ғана артық болады.

ТТГ есептейміз, ол үшін бастапқыда VT_3 транзисторының ортақ шинаға қатысты коллекторының потенциалын анықтаймыз

$$U_{к3} = -\left(I_{б01}R_г + U_{бэ01} + I_{к01}\frac{R_э}{2}\right) = -\left(29\cdot 10^{-3}\cdot 0{,}1 + 0{,}45 + 20\cdot 1\cdot 10^{-3}\right) = -0{,}46B.$$

Сәйкесінше, VT_3 транзисторы мен R_3 резисторында құлау кернеуі келесі шаманы құрайды

$$E_{к2} - U_{к3} = 6{,}3 - 0{,}46 = 5{,}84 \text{ В}.$$

ДК жұмысы кезінде ТТГ VT_3 транзисторының қалыпты жұмыс істеуі үшін, келесі теңсіздік орындалу қажет

$$U_{кб} > 0 \text{ және } U_{кб3} \geq U_{кэ\ кан.}$$

VT_3 транзисторының базасының потенциалын ортақ шинаға қатысты таңдаймыз $U_{б3}$ = – 4,5 В, ол $U_{кб3}$ ≅ 4В қамтамасыз етеді, онда R_4 резисторы мен VД диодындағы құлау кернеуі

$$U = E_{к2} - U_{б3} = 6{,}3 - 4{,}5 = 1{,}8 \text{ В};$$

$$U_{R3} = U - U_{бэ03} = 1{,}8 - 0{,}5 = 1{,}3 \text{ В}.$$

Мұндағы $U_{бэ03}$=0,5 В, $I_{к03}$=$I_{к01}$= $I_{к02}$=2мА болғанда. Онда R_3 резисторының кедергісі

$$R_3 = U_{R3}/I_{к03} = 1{,}3/2 = 0{,}65 \text{ кОм}.$$

R_4, R_5 бөлгішінің тогын, VT_3 транзисторының коллекторлық тогына тең етіп таңдаймыз, яғни $I_{бөл}$ = 2 мА. Сонда

$$R_5 = (E_{к2} - U)/I_{бөл} = 4{,}5/2 = 2{,}25 \text{ кОм}.$$

R_4 резисторының номиналын анықтау үшін, алдымен VД диодын таңдау қажет. Диодтың және VT_3 транзисторының бірдей КТК салдарынан VT_3 транзисторының $U_{бэ}$ өзгерісінің жақсы температуралық компенсациясын қамтамасыз ететін, диодтық қосылудағы КТ312А транзисторын диод ретінде қолданған тиімді болып табылады. КТ312А транзисторының кіріс

сипаттамасы бойынша $I_э$ = 2 мА болғанда, $U_д$ = $U_{бэ0}$ =0,5 В шамасына тең болады, сондықтан

$$R_4 = \frac{U - U_{БЭ0}}{I_{бол}} = \frac{1{,}8 - 0{,}5}{2} = 0{,}65 \text{ кОм.}$$

ДК симметриясыз шығысында ТТГ бар, ДК сұлбасында $R_э$ резисторының орнына R_3 резисторы арқылы ток бойынша теріс кері байланыс енгізілген VT_3 транзисторының $R_{шығ3}$ кедергісін есепке алу керектігін ескере отырып, $K_{u\ сф\ симм.сыз}$ синфазалық сигналдың күшейту коэффициентін есептейміз.

$$R_{ш.3} = r^*_{к3}(1 + \beta_3 \gamma_б),$$

мұнда $$\gamma'_б = \frac{r_{э3} + R_3}{r_{б3} + r_{э3} + R_3 + R_4 \| R_5}.$$

Элементтердің кедергілерінің мәндерінде

$$r^*_{к3} = \frac{r_{к3}}{\beta} = \frac{10^6}{35} \ Ом; \quad R_3 = 650 \text{ Ом;}$$

$$r_{э3} = \frac{\varphi_T}{I_{э03}} = \frac{25}{2} = 12{,}5 \ Ом; \ r_{б3} = 100 \text{ Ом және}$$

$$R_4 \| R_5 = 2{,}25 \| 0{,}65 = 0{,}505 \text{ кОм;}$$

$$R_{шығ3} = \frac{10^6}{35}\left[1 + \frac{35(12{,}5 + 650)}{12{,}5 + 650 + 100 + 505}\right] = 550 \text{ кОм.}$$

Сонда

$$K_{u\ сф\ сим\text{-}сыз} = \frac{R_к}{2R_{ш3}} = \frac{3{,}3}{2 \cdot 550} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ және}$$

$$K_{кб.сф} = \frac{K_{UД}}{K_{Uсс.сим-сыз}} = \frac{20}{3 \cdot 10^{-3}} = 6{,}6 \cdot 10^3$$

немесе $K_{кб.сф}$ = 76,4 дБ.

VT_1 және VT_2 транзисторларының $U_{бэ0}$ мен $I_{б0}$ температуралық өсімшелердің ±5% айырмасын есептей отырып, ДК келтірілген дрейфін есептейміз.

Жұтаңдау жағдайлар үшін, ток пен кернеудің ауытқулары қосылған кезде алатынымыз

$$e^{кір.}_{ДКдр.} = \frac{U_ы}{T} + \frac{dI_{б0}}{dT}\left(\frac{R}{2} + R_г\right) = \frac{0{,}1U_{бэ0}}{T} + b \cdot 0{,}1 I_{б0}\left(\frac{R'_э}{2} + R_г\right)$$

$$= \frac{0{,}1 \cdot 0{,}45}{300} + 0{,}005 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}029(0{,}1 + 0{,}02) \cdot 10^3 = 0{,}17 \ мВ/^0C.$$

Кең жолақты күшейткішті есептеу.

Кең жолақты күшейткіштер көп жағдайларда, жиіліктердің кең спектрімен сипатталатын күрделі пішінді сигналдарды күшейтуге арналған.

Сондықтан бұл күшейткіштердің амплитудалы жиіліктік сипаттамасы бірден ондаған герц және жүздеген мегагерцке дейінгі аумақта бірқалыпты болуы керек.

Интегралдық электрониканы пайдалы қолданудың заманауи кезеңінде, кең жолақты күшейткіштерді жобалау кезінде, импульстік күшейткіштердің (К218УИЗ, К224УСІ, К175УСІ, және басқа), не арнайы интегралдық микросхемаларын (ИС), не болмаса теріс кері байланысы бар амалдық күшейткіштер қолданады. Сонымен қатар, сұлбаны өндіру аз ғана мөлшерде ИС дұрыс таңдаумен анықталады және күшейту режимінде оның төзімді жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Есептеу жүргізу үшін негізгі деректер ретінде әдетте келесі көрсеткіштер беріледі:

– жүктеме кедергісі, $R_Ж$;
– күшейту коэффициенті, k;
– жұмыс жиіліктер аумағы, $f_Т$, $f_Ж$,

мұндағы $f_Т$ – төменгі жұмыс жиілігі;

$f_Ж$ – жоғарғы жұмыс жиілігі;

– сигнал көзінің Er кернеуі мен Rr кедергісі;
– жиіліктік бұрмалану коэффициенті, М.

ОК негізіндегі кең жолақты күшейткішті есептеудің негізгі кезеңдері болып, келесілер табылады.

ИС типін және күшейту каскадтарының санын таңдау.

ИС типін таңдау, берілген күшейту коэффициентін k және жоғарғы жиіліктерде $f_Ж$ қоса, күшейткіштің төзімді жұмысын қамтамасыз ету шарттарынан жасалады.

Білетініміздей, егер кері байланыс тұзағында қосындыланған (толық) фазалық ығысу 2πn тең немесе үлкендеу болса, күшейткіштің өздік қозуы туындайды, сәйкесінше ОК АЖС иілуі, жоғарғы жиілік аймағында 20 дБ/декадасына немесе 6 дБ/октавасына. (Сонымен бірге, тұзақтық күшейту коэффициенті kæ>1, k_0 – кері байланыссыз ОК күшейту коэффициенті, æ – кері байланыс коэффициенті). Сондықтан ОК типін таңдаған кезде, АЖС иілулері барлық жиілік аумағында 20 дБ/декадасына тең болатын түзетілген күшейткіштерге мән беру керек. Қарсы жағдайда, берілген ИС типі үшін өндіруші заводпен көрсетілген түрі және номиналдары бар, сыртқы түзету тізбектерін қолданған жөн.

Жартылай логарифмдік масштабта тұрғызылған ОК АЖС, Боде диаграммасы деп атайды және анықтамаларда келтіріледі. Гипотетикалық күшейткіш үшін, оның түрі 7.3 а суретке сәйкес келеді.

Егер анықтамада АЖС болмаса, оны өзбетінше ОК белгілі көрсеткіштері $f_Т$ және k_0 бойынша тұрғызуға болады.

$k \cdot f = k_0 \cdot f_{шек}$ (k_0 және $f_{шек}$ – ОК көрсеткіштері) қатынасынан, $f_β$ жиілігінде ТКБ бар берілген ОК бір каскадын қамтамасыз ете алатын максимал күшейту коэффициентін k анықтауға болады

$k_1 = (k_0 \cdot f_{шек}) / f_β$.

Талап етілген бір текті каскадтар саны, тізбектелген жуықтау әдісімен келесі түрде анықталады. Шамамен таңдалған каскадтар саны n үшін және барлық күшейткіштің берілген f_β бойынша каскадтың $f_{\beta 1}$ көрсеткіші келесі қатынас бойынша есептеледі

$f_{\beta 1}=f\cdot\sqrt{n}$.

ОК ЛАЖС және f_β бойынша, $f_{\beta 1}$ жиілігінде бір каскадтың максимал мүмкін болатын күшейту коэффициенті анықталады. $k_1< k_{max}$ етіп таңдалады және берілген мәннен аз болмайтындай болып, $k= k_1$ немесе $k_{\beta 1}=nk_1$ есептеледі. Қарсы жағдайда каскадтар санын үлкейтіп және тексеруді қайталау қажет.

Күшейтілетін сигналдың бір бөлігі каскад аралық байланыс элементтерінде жоғалатындықтан, n-ді артығымен таңдау қажет.

n санын таңдау кездерінде жеке каскадтардың әртүрлі күшейту коэффициенттерін $k_1, k_2, \ldots, k_n$ алған жөн. Сонымен бірге екі жағдайды ескеру керек:

– ТКБ бар каскадтың күшейту коэффициенті неғұрлым аз болса, соғұрлым оның жоғарғы жұмыс жиілігі үлкен болады;

– аз сигнал режимінде жұмыс істейтін бірінші каскадтардың әдетте үлкен күшейту коэффициенттері k болады.

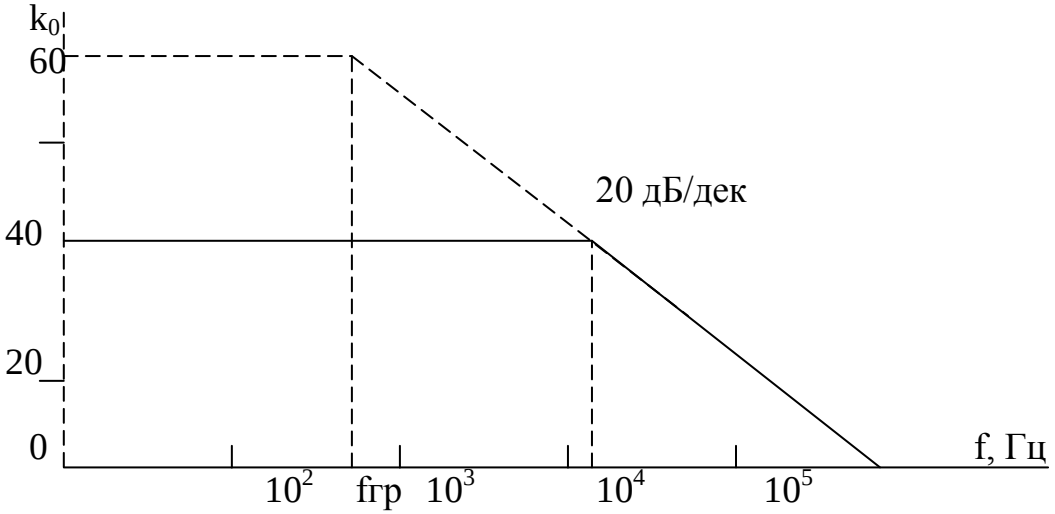
Сұлбаны таңдау және сұлбаның элементтерін есептеу.

ОК негізіндегі үш каскадты күшейткіштің мысалы 7.3, б суретінде келтірілген.

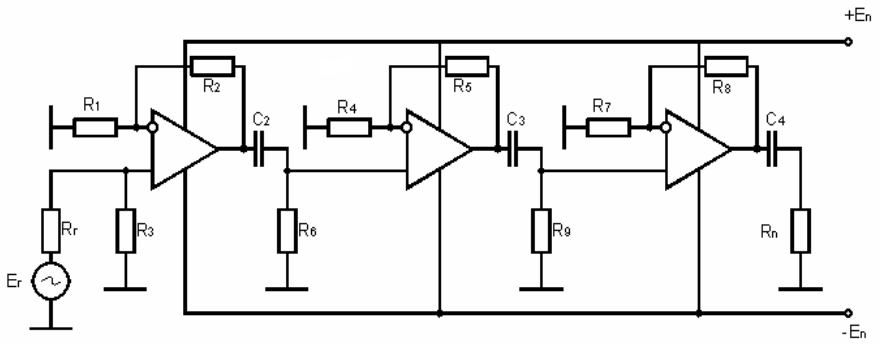
R_1, R_2, R_4, R_5, R_7, R_8 резисторлары каскадтардың күшейту коэффициенттерін анықтайды

$$k_1=1+R_2/R_1;\ k_2=1+R_5/R_4;\ k_3=1+R_6/R_7. \qquad (7.1)$$

R_1, R_4, R_7 резисторлары күшейткіш каскадтардың кіріс кедергілерін анықтайды, сондықтан олар әжептеуір үлкен болуы керек (бірақ $R_{KIP\ OK}$ тен үлкен емес). Әдетте бұл резисторлардың мәндері ондаған килом шамаларында беріледі. (7.1) теңдеуі бойынша R_2, R_5, R_8 резисторлары есептеледі.



а)



б)

7.3 сурет

R_3, R_6, R_9 симметриялаушы резисторлары $\Delta I_{КІР\ ОК}$ синфазалық бөгетті азайтады және келесі теңдеуден анықталады

$$R_3=R_1R_2/(R_1+R_2);\ R_6=R_4R_5/(R_4+R_5);\ R_9=R_7R_8/(R_7+R_8).$$

Күшейткіштің әр каскады кернеу бойынша тізбектей ТКБ қамтылғандықтан, оның кіріс және шығыс кедергілері жуықтап алынған формулалармен есептеледі

$$R_{КІР}=R_{КІР\ ОК}\cdot k_0/к;\ \ R_{ШЫҒ}=R_{ШЫҒ\ ОК}\cdot k/k_0,$$

мұндағы $к_0$ – ОК көрсеткіші;

$R_{КІР\ ОК}$, $R_{ШЫҒ\ ОК}$ – ИС құжаттық деректері (құжаттық берілгендері);

$k/k_0=1+æk_0\approx æk_0$ – ілгектік күшейту.

$C_1 \div C_4$ алшақтатқыш конденсаторлардың номиналдарын анықтау үшін, берілген төменгі жиіліктік бұрмалану коэффициентін төмендегі теңдеуге сай, тарату(бөлу) қажет

$$M_H=M_{HC1}M_{MC2}M_{MC3}M_{MC4}.$$

Содан соң конденсаторлардың номиналдары келесі формулалар бойынша есептеледі

$$C_1=1/(2\pi f_T+R_{КІР1})\sqrt{M_{HC1}^{\ 2}-1};\ R_{КІР1}\approx R_3;$$

$$C_2=1/(2\pi f_T+R_{ШЫГ1}+R_{КІР2})\sqrt{M_{HC}^{\ 2}-1};\ R_{КІР2}\approx R_6;$$

$$C_3=1/(2\pi f_Ж+R_{ШЫГ2}+R_{КІР3})\sqrt{M_{HC3}^{\ 2}-1};\ R_{КІР3}\approx R_9;$$

$$C_4=1/(2\pi f_Ж+R_{ШЫГ3}+R_Ж)\sqrt{M_{HC4}^2-1}.$$

$\pm E_H$ қоректену кернеуі, ИС құжаттық деректерінен таңдалады.

ИС таңдау дұрыстығын және сұлба элементтерін есептеуін тексеру.

$U_{ШЫҒ}$ қамтамасыз етуін тексеру

$$U_ш=E_Г\frac{R_{кір1}\cdot k_1}{R_{UГ}+R_{кір1}}\cdot\frac{R_{кір2}\cdot k_2}{R_{ш1}+R_{кір2}}\cdot\frac{R_{кір3}\cdot k_3}{R_{ш2}+R_{кір3}}\cdot\frac{R_ж}{R_{ш3}+R_ж}.$$

$U_{ШЫҒ} \le U_{ШЫҒ\ ОК}$ болу керек.

$I_{ШЫҒ}$ қамтамасыз етуін тексеру

$$I_{ШЫҒ}=U_{ШЫҒ}/R_Ж+U_{ШЫҒ}/R_3\le I_{ШЫҒ\ ОК}.$$

Күшейткіштің жоғарғы шекаралық жиілігін тексеру

$$f_{ж} = f_{жОК} / \sqrt{3} \geq f_{ш}.$$

Күшейткіштің төменгі шекаралық жиілігін тексеру

$$f_{т} = 1/2\pi\tau_{т\ ЭКВ} \leq f_{т.бер.},$$

мұндағы $1/\tau_{т\ ЭКВ}=1/\tau_{т1}+1/\tau_{т2}+1/\tau_{т3}+1/\tau_{т4}$;

$\tau_{Т1}=C_1(R_Г+R_{КІР1})$;

$\tau_{Т2}=C_2(R_{ШЫҒ1}+R_{КІР2})$;

$\tau_{Т3}=C_3(R_{ШЫҒ2}+R_{КІР3})$;

$\tau_{Т4}=C_4(R_{ШЫҒ3}+R_Ж)$.

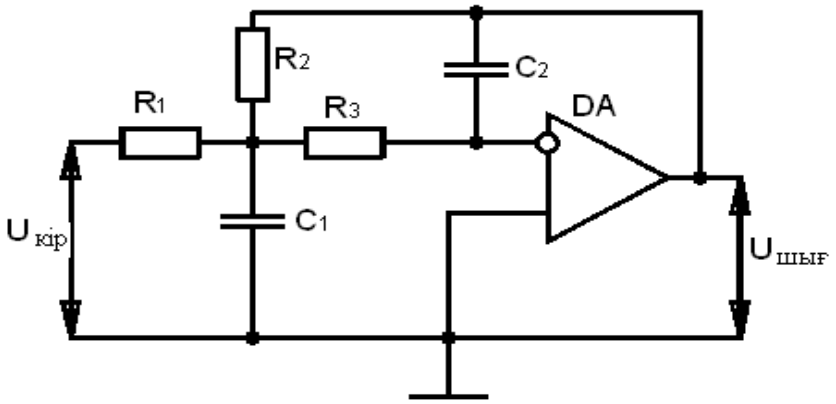
V (В/мкс) шығыс кернеуді өсу жылдамдығына тексеру

$V = 2\pi f_Ж U_{ШЫҒ} \leq V_{ОК}$

Келесі берілген деректер бойынша: f_0 =10 кГц, $K_0 \geq 10$, n = – 40 дБ/дек, максимал жазық сипаттамасы бар төменгі жиілік сүзгісін есептеу керек.

Шешуі.

а) n = – 40 дБ/дек (7.4 суретті қараңыз), АЖС шектеу жолағында берілген иілуді қамтамасыз ете алатын көп тармақты кері байланысы бар ОК негізіндегі сүзгі сұлбасын таңдаймыз.



7.4 сурет

б) $f_{ТОК} \geq f_0K_0$= 100 кГц бірлік күшейту жиілігі бойынша ОК таңдаймыз. 140УД6 $f_т$ =1 МГц типті ОК үшін, яғни соңғы теңсіздік артығымен орындалады. Анықтама бойынша $R_{КІР\ ОК}$=2000 кОм, $R_{ШЫҒ\ ОК}$=200 Ом;

в) C_2=2200 пФ сыйымдылығының мәнін ала отырып, таңдалған шамамыз сұлбада мүмкін болатын паразиттік сыйымдылықтардан әлдеқайда көп екенін байқаймыз. КМ-6 конденсаторлары, мұндай сыйымдылықты конденсаторлар аз өлшемділігімен және жақсы тұрақтылығымен ерекшеленеді (ТКЕ П33 және М47 бойынша топтар);

г) көмекші коэффициенттің мәнін табамыз

$K=2\pi f_0C_2=6{,}28\cdot10\cdot10^3\cdot2200\cdot10^{-12}=13{,}8\cdot10^{-5}$.

Осыдан сыйымдылық шамасы C_1, $\alpha=\sqrt{2}$ кезде

$C_1=(4/\alpha^2)(H+1)C_2=\frac{4}{2}(10+1)2200=40000$ пФ, мұндағы $H=K_0$;

д) сүзгі сұлбасындағы резисторлардың мәнін анықтаймыз

$$R_1=\frac{\alpha}{2HK}=\frac{\sqrt{2}}{2\cdot 10\cdot 13{,}8\cdot 10^{-5}}\cong 500\ \ Ом,$$

$$R_2=\frac{\alpha}{2K}=HR_1=5\ \ кОм,$$

$$R_3=\frac{\alpha}{2(H+1)K}=480\ \ Ом.$$

R_1 және R_3 резисторларының кедергілері 2 кОм аз болып шықты. Сондықтан C_2 сыйымдылығын шамамен төрт есеге азайтамыз, C_2=510 пФ шамасын аламыз және сұлбаға қайта есептеу жүргіземіз.

Алатынымыз $K=3{,}2\cdot 10^{-5}$, C_1=9300 пФ, R_1=2150 Ом, R_2 =21500 Ом, R_3=2000 Ом;

е) алынған кесу жиілігінің мәнін тексереміз

$$f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{C_1C_2R_2R_3}}=\frac{1}{6{,}28\sqrt{9300\cdot 510\cdot 21{,}5\cdot 2}}\cong 10{,}9\ \ кГц.$$

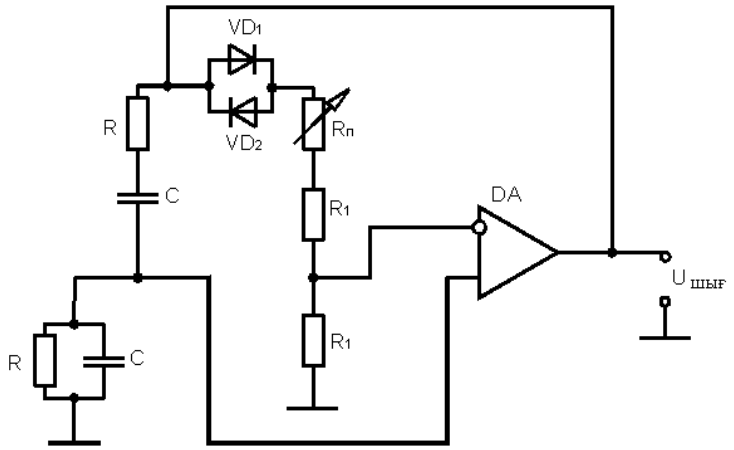
және өткізу жолағында күшейту коэффициентін

$$K_0=\frac{R_2}{R_1}=10;$$

ж) 140УД6 типті ОК үшін, анықтама бойынша I_{KIP} = 40 нА кіріс тогының мәніне көңіл бөлейік. Шамасын есептейік.

U_{KIP} = I_{KIP} $(R_3+R_1\|R_2)$ $=40\cdot 10^{-9}\cdot 4\cdot 10^{-3}$ =160 мкВ. Бұл кернеуді ОК терістемейтін кірісі мен ортақ шинаның арасына $R_4\approx 4$ кОм резисторын қосып, теңестіруге болады.

7.5 суреттегі сұлба бойынша 10 кГц жиілікке Вин көпірі бар генераторды есептеңіз. С=0,001 мкФ мәнін алыңыз.



7.5 сурет

Шешуі.

квазирезонанстық жиілік

$$f_0 = 1/2\pi RC.$$

Осыдан R анықтаймыз

$$R = 1/2\,\pi f_0 C = \frac{1}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0{,}001 \cdot 10^{-6}} = 15\,\text{кОм}.$$

Кері байланыс тізбегінің беру коэффициенті $\gamma = \frac{1}{3}$ – Вин көпірінің, онда күшейткіштің күшейту коэффициенті келесідей болу керек

$$K = \frac{R_п + R_1}{R_1} = 3.$$

Мысалы, R_1=25 кОм, бұдан $R_п$=50 кОм.

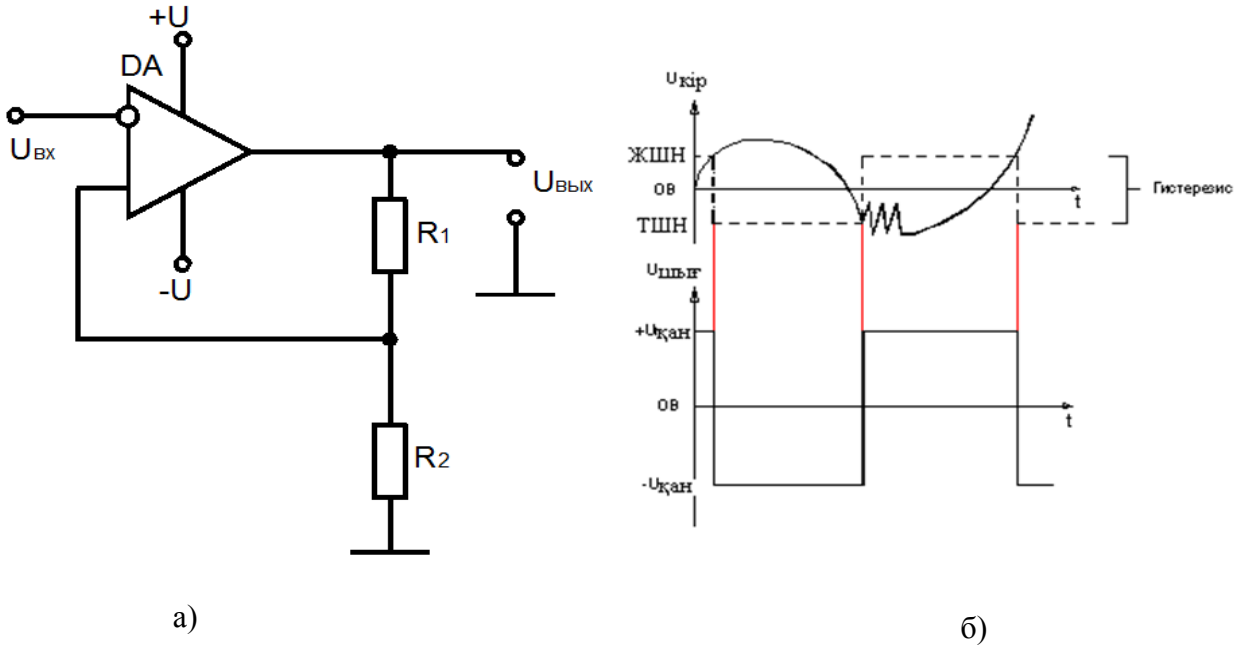
7.6 суретте келтірілген Шмитт триггерінің сұлбасы үшін, көрсеткіштерін есептеңіз. Гистерезис 2 В, +U=15 В, –U= –15 В, $+U_{кан}$ =14 В және $-U_{кан}$ = –14 В құралған болсын.

Шығарылуы. Гистерезис 2 В тең болып берілгендіктен, бұл сұлба үшін жоғарғы аударылу нүктесі кернеуі $U_{жан}$ төменгі аударылу нүктесі кернеуіне $U_{тан}$ тең болады.

$|U_{жан}| = |U_{жан}|$, және, сәйкесінше, $U_{жан}$ = 1 В, ал $U_{тан}$= –1 В.

$I_{R1}=I_{R2}$=0,1 мА болсын. $I_{R1} >> I_{ығ}$ болғандықтан, ығысу тогының $I_{ығ}$ мәнін елемеуге болады.

Нәтижесінде, $R_1=(|U_{қан}|-U_{жшн})/I_{R1}=(14-1)/0{,}1\cdot10^{-3}=130$ кОм, $R_2=U_{тшн}/I_{R2}=1/0{,}1\cdot10^{-3}=10$ кОм аламыз.



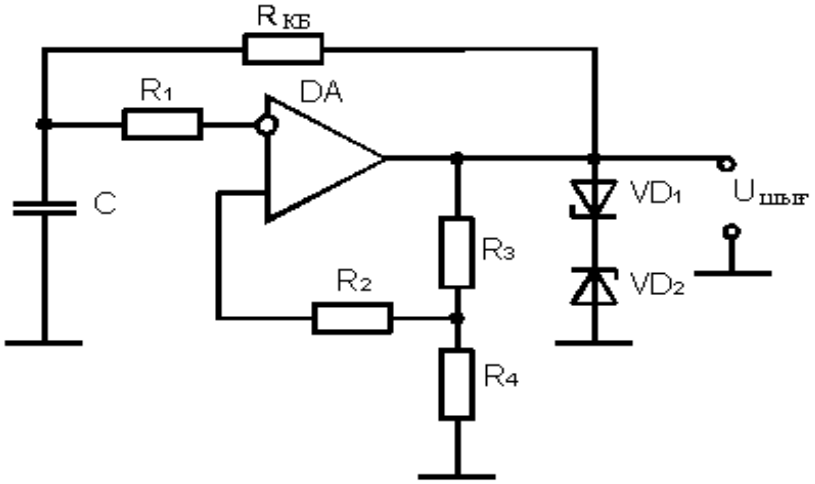
а) б)

7.6 сурет

$U_{ШЫҒ}\pm=8$ В шектік мәнінде генерация жиілігі $f_{ген}$=1 кГц болатындай етіп, 7.7 суретте көрсетілген тік бұрышты пішінді сигналдар генераторының компоненттерін есептеңіз.

Шешуі.

Стабилитрондар үшін тура кернеудің шамасын 0,7 В, ал тесілу кернеуін 7,3 В тең болатындай етіп аламыз. R_1 шамасын R_3+ R_4 қарағанда үлкен етіп таңдаймыз. Мысалға, R_1 = 100 кОм делік, онда R_3+ R_4<< 100 кОм. Егер U_{R4} = 0,473 $U_{ШЫҒ}$, онда $\tau = 2\ R_{КБ}C$.



7.7 сурет

Осымен тоқтаймыз. Мысалға, $I_{R4} = I_{R3}$ = 1мА делік;

$R_4 = U_{R4}/I_{R4} = 0{,}473\ U_{ШЫҒ}/I_{R4} = 0{,}473\ (8\ )/1 = 3{,}784\ /10^{-3} = 3{,}78$ кОм.

$R_3 = (U_{ШЫҒ} - U_{R4})/I_{R3} = (8–3{,}784)/\ 10^{-3} = 4{,}22$ кОм.

Мысалға С = 0,01 мкФ делік, онда $R_{КБ} = \tau\ /2C = 50$ кОм.

Ақырында, егер $I_Ж$ = 3 мА, $U_{ШЫҒ.МАКС.ОК}$ = 14 В және $I_{ТҰР}$ = 5 мА, онда $R_5 = (U_{ШЫҒ.МАКС} – U_{ШЫҒ})/(I_{ТҰР} + I_Ж + I_{R3} + I_{R\ КБ}) = 6/9{,}24\cdot10^{-3} = 649$ Ом.

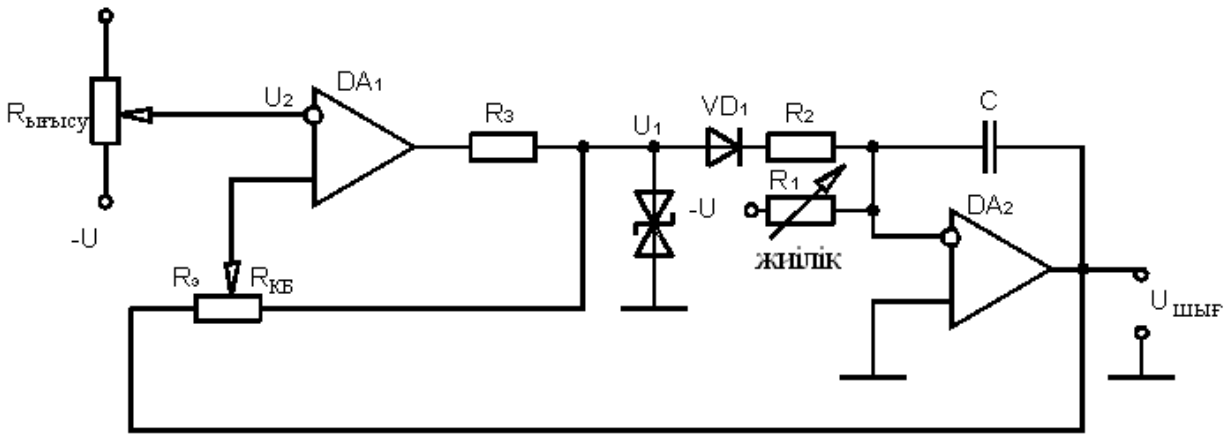
2 мА кезінде, шығыс кернеуінің шектік мәні 10 В болатын, периоды 10 мс және қайту уақыты 0,1 мс тең ара тектес кернеу генераторын тұрғызыңыз (7.8 сурет) ±U = 10 В беріңіз.

Шешуі.

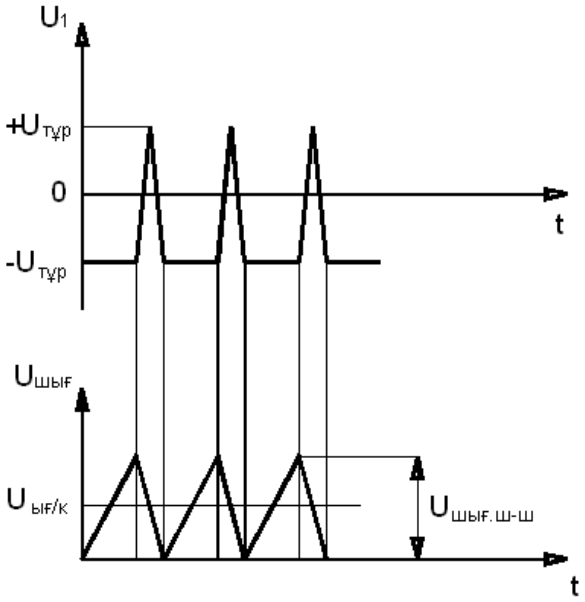
Егер $ДА_1$ күшейткішінен берілетін максимал токтың шамасы 20 мА құраса, ал тұрақтандырғышты ығыстыруға 4 мА және $R_{КБ}$ қоректендіруге 0,1 мА кетсе, онда қайту уақытында С конденсаторды разрядтауға болатын, үлкендеу токтың шамасы 15,9 мА құрайды. I_{R2} = 12 мА болсын, онда резистордың кедергісі $R_2 = (U_{ТҰР}–U_Д)/I_{R2}$=775Ом тең болады, сәйкесінше, $C=I_t/U=12(10^{-3}\cdot0{,}1\cdot10^{-3})\ /10=0{,}12$ мкФ. R_1 шамасын конденсатор С 10 мс ішінде 10 В дейін зарядталатындай етіп, таңдаймыз.

$$I_{R1}=CU/t=(0{,}12\cdot10^{-6}\cdot10)/10\cdot10^{-3}= 0{,}12 \text{ мА};$$

$$R_1=|–U|/I_{R1} = 15/\ 0{,}12\cdot10^{-3}=125 \text{ кОм}.$$



а)



б)

7.8 сурет

$ДА_1$ күшейткішінің шығыс кернеуінің полюсі, $ДА_2$ күшейткішінің шығыс кернеуі $U_{ШЫҒ}$ = 10 В және оңнан теріске $U_{ШЫҒ}$=0 болғанда, терістен оңға ауысу керек. U_2, $R_{КБ}$ және $R'_{КБ}$ мәндерін табу үшін, төмендегі теңдеулерді қолдану керек.

$U_{ШЫҒ\ ОП}=2U_{ТҰР}[(1/К)–1)]$; $1/К = (U_{ШЫҒ.ОП.}/2U_{ТҰР})+1$;

$1/К=(10/20)+1=1,5$; $К = 0,667$.

$К=R'_{КБ}/(R_{КБ}+R'_{КБ})$ болғандықтан, $R_{КБ}=(R'_{КБ} – КR'_{КБ})/К$ болады. Мысалы, $R'_{КБ}$=100 кОм делік, онда $R'_{КБ}=[(100–0,667\cdot100)\cdot10^3]/0,667=49,9$ кОм.

Енді $ДА_2$ күшейткішінің терістейтін кірісінде кернеу табылғандай. Ол кернеу бөлгіштен алынуы мүмкін. $U_{ШЫҒ}$ = 0 және U_1=+10 В болғанда, $ДА_1$

операциялық күшейткішінің шығыс кернеуі теріске ауысып қосылуы керек. $U_2/(U_{ШЫҒ}+U_1)=R_{КБ}/(R_{КБ}+R'_{КБ})$ болғандықтан,

$U_2 = R_{КБ}(U_{ШЫҒ}+U_1)/(R_{КБ}+R'_{КБ})=3{,}33$ В болады.

Ақырында, егер $ДА_1$ күшейткішінің максимал шығыс кернеуі 14В тең болса, онда

$R_3 = (U_{ШЫҒ.\ МАКС.\ ДА1}–U_{СТ})/(I_{R2}+I_{ШЫҒ}+IR'_{КБ})=(14–10)/(12+2+0{,}133)\cdot 10^{-3}=283$ Ом.

А қосымшасы

1 Номиналды кедергілері (омдар, килоомдар, мегаомдар) ±20 %, 10 % және 5 % ауытқулар рұқсат етілетін бардық текті тұрақты резисторлардың номиналды кедергілері (омдар, килоомдар, мегоомдар) П, А кестелерінде келтірілген әр текті резисторлар үшін орнатылған аумақтағы сан мәндеріне (ГОСТ 2825-67) сәйкес келу керек және осы сандарды 10^n көбейту арқылы алынған сандарға сәйкес келу керек, мұндағы n – бүтін оң немесе теріс сан.

А1 кестесі – ±20 %, 10 % және 5 % рұқсат етілетін ауытқулар кезіндегі номиналды кедергілермен сыйымдылықтарды анықтауға арналған қатарлар

Е6	Е12	Е24	Е6	Е12	Е24
1,0		1,1	3,3		3,6
	1,2	1,3		3,9	4,3
1,5		1,6	4,7		5,1
	1,8	2,0		5,6	6,2
2,2		2,4	6,8		7,5
	2,7	3,0		8,2	9,1

Е6 қатары (алты сан), Е12 (12 сан) қатарының құрамына кіреді.

Өз кезегінде Е12 қатары, Е24 (24 сандар) қатарының құрамына кіреді, ол кестенің құрылымында көрсетілген. Мысалы, Е12 қатарының басы келесі түрде болады: 1,0; 1,2; 1,5; 1,8 т.б.; ал Е24 қатарының басы - 1,0; 1,1; 1,2; 1,3 т.б..

Е6 қатары ±20 % рұқсат етілетін ауытқулардағы тұрақты резисторлардың номиналды кедергілерін анықтау үшін қолданылады, ал Е12 қатары – ±10% рұқсат етілетін ауытқуларда; Е24 қатары – ±5 % рұқсат етілетін ауытқуларда.

2 Тұрақты сыйымдылықты конденсаторлардың, ±20 %, 10 % және 5 % рұқсат етілетін ауытқулары бар, номиналды сыйымдылықтар (91000 пФ дейін), Б қосымшасында келтірілген кестедегі сандарға (ГОСТ 2519-67) және ол сандар 10^n, мұндағы n – бүтін оң немесе теріс сан көбейту жолымен алынған сандарға сәйкес келу қажет.

Е6 қатары ±20 % рұқсат етілетін ауытқулары бар, конденсаторлардың номиналды сыйымдылықтарын анықтау үшін қолданылады; Е12 қатары – +10% рұқсат етілетін ауытқуларында; Е24 қатары – +5 % рұқсат етілетін ауытқуларында.

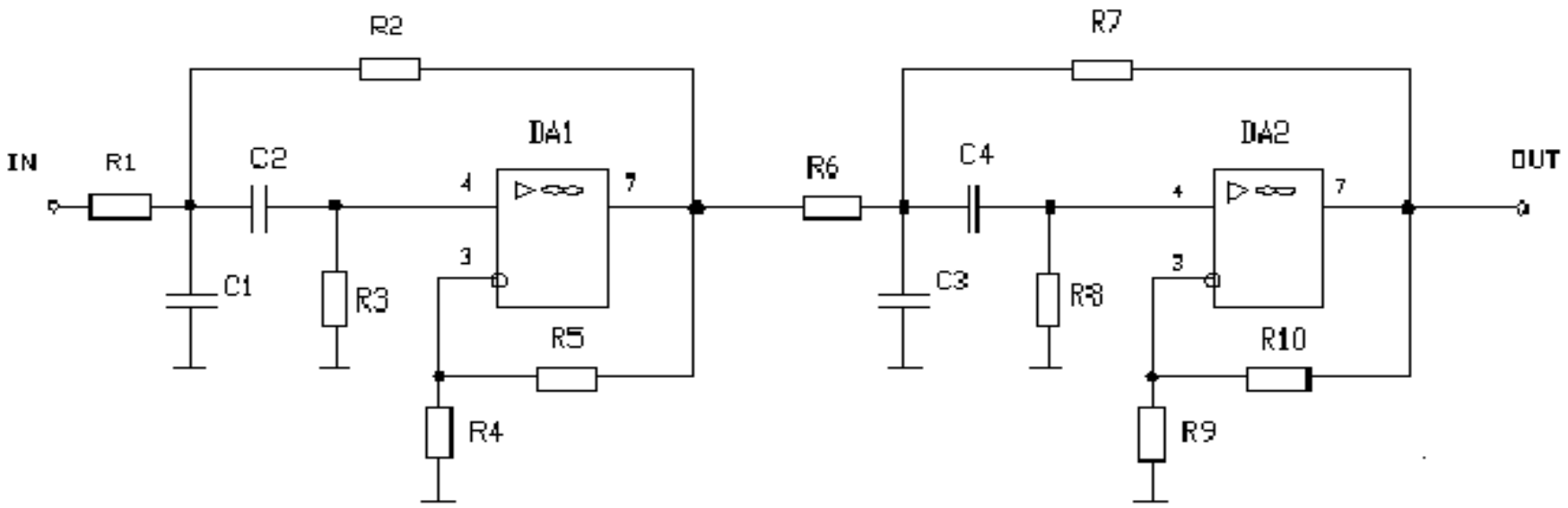
Қағаз және қабыршықтық диэлектрикті, тік бұрышты корпустағы конденсаторлардың номиналды сыйымдылықтары (0,1 мкФ бастап және жоғары), келесі қатар сандарына сәйкес болу қажет:

0,1; 0,25; 1; 2; 4; 6; 8; 10; 20; 40;60; 80; 100; 200; 400; 600; 800; 1000.

Оксидті алюминді конденсаторлардың номиналды сыйымдылықтары (мкФ) келесі қатардағы сандарға сәйкес келу қажет:

0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30; 100; 200; 300; 500; 1000; 2000; 5000.

Б қосымшасы



					КУРСТЫҚ ЖҰМЫС		
Өзг	Пар	Құж.№	Қолы	Күні	АКТИВТІ СҮЗГІНІҢ принципиалды сұлбасы	Парақ	Парақ	Пар.саны
Орын.						У		1:1
Тексер.						Парақ 1	Парақтар 2	
Т.бақ								
Н.бақ								
Бекіт.								

В қосымшасы

Реті, белгілен.	Атауы	Саны	Ескерту
	Операциялық күшейткіш		
DA1, DA2	К140УД8	2	
	Резисторлар МЛТ ГОСТ7113-77		
R1, R6, R7	МЛТ-0,125-12кОм±10%	3	
R2	МЛТ-0,125-10кОм±10%	1	
R3	МЛТ-0,125-33кОм±10%	1	
R4, R5	МЛТ-0,125-56кОм±10%	2	
R8	МЛТ-0,125-68кОм±10%	1	
R9, R10	МЛТ-0,125-13кОм±10%	2	
	Конденсаторлар ОЖО.464.031.ТУ		
C1, C2	К73-9-100нФ±10%	4	

					КУРСТЫҚ ЖҰМЫС				
Өзг.	Парақ	Құжат №	Қолы	Күні					
Орынд.					**АКТИВТІ СҮЗГІ элементтер тізбегі**	Пар.	Парақ	Пар.саны	
Тексер.						У	2	2	
						АЭжБУ БПСк-13-1			

Г қосымшасы

Сынақ кітапшасының нөмірінің соңғы саны										
Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Шығыс қуаты, Вт	12	5	10	45	100	20	40	45	120	30
Активті жүктеменің кедергісі, $R_Ж$, Ом	20	45	30	3	10	4	12	5	15	10
Сигнал көзінің кедергісі, $R_{КӨЗ}$, кОм	0,56	0,82	0,39	0,56	0,2	0,3	0,46	0,55	0,25	0,60
Ақырғы каскад тегі	Трансформаторсыз екітактілі АВ күшейту класында жұмыс істейтін күшейткіш									

Д қосымшасы

Сынақ кітапшасының нөмірінің ақырғы саны										
Нұсқа №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Жұмыс аумағының төменгі жиілігі, $F_Т$, Гц	80	70	100	140	50	100	120	100	60	70
Жұмыс аумағының жоғары жиілігі, $F_Ж$, кГц	12	15	12	10	15	10	15	10	15	12
Жиіліктік бұрмалану коэффициентінің шектік мәні, $М_Б$, дБ	2	2,5	3	2	2,8	3	2,7	2 ,7	2,2	2,9
Гармоника коэффициенті, $К_г$, %	2,5	8	2	9	2,3	1,5	0,5	0,5	0,6	0,5
Температураның өзгеру аумағы, Т, С	-10 +50	-10 +50	-10 +50	+15 +25	+15 +25	+15 +25	+10+25	+5+40	-5 +25	+5 +40

.

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 Жолшараева Т.М. Микроэлектроника. Полупроводниковые приборы: Учебное пособие. Алматы: АИЭС, 2006. – 79 с.

4 Жолшараева Т.М. Микроэлектроника. Интегральные микросхемы: Учебное пособие. Алматы: АИЭС, 2007. – 81 с.

5 Нефедов А.В. Транзисторы для бытовой, промышленной и специальной аппаратуры: Справочное пособие. – М.: Солон-Пресс, 2006. – 600 с.

6 Абдрешова С.Б. Элементы и схемотехника аналоговых устройств. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 5В071600 – Приборостроение – Алматы: АУЭС, 2013. – 31 с.

7 Абдрешова С.Б. Аналогты құрылғылардың сұлбатехникасы мен элементтері. Зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әістемелік нұсқаулар. 5В071600 – Приборлар жасау мамандығының студенттеріне арналған – Алматы: АЭжБУ, 2013. – 31 б.

2013ж. жиынтық жоспары, реті 143

Тамара Маруповна Жолшараева
Самал Бексултановна Абдрешова

АНАЛОГТЫ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ СҰЛБАТЕХНИКАСЫ МЕН ЭЛЕМЕНТТЕРІ

5В071600 – Приборлар жасау мамандығы студенттері үшін
курстық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Б.С. Қасымжанова
Стандарттау бойынша маман Н.Қ. Молдабекова

Басуға __.__.__.қол қойылды
Таралымы 50 дана.
Көлемі 1,6 есептік-баспа табақ

Пішіні 60х84 1/16
Баспаханалық қағаз № 1
Тапсырыс ___. Бағасы 800 тг.

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