

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ГЕНЕРАТОРЛАР ЖӘНЕ ИМПУЛЬСТІ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

16.1. СИНУСОИДАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР ГЕНЕРАТОРЛАРЫ

Синусоидалық тербелістер генераторлары тұрақты токтағы электр энергиясын қажетті жиіліктегі синусоидалық токтағы электр энергиясына түрлендіреді. Генераторлар өздігінен қозатын (автогенераторлар) және тәуелсіз қозатын генераторлар болып бөлінеді. Соңғысы төмен қуатты автогенераторлардың сигналдарын күшейтетін қуат күшейткіштері болып есептеледі.

Автогенераторларды оң кері байланысты күшейткіштер ретінде қарауға болады. Кернеу бойынша кері байланыс ең жиі қолданылады (16.1-сурет). Автогенератор жұмысының белгіленген режимін талдау үшін кешенді әдісті пайдаланамыз.

Автогенератор шығысындағы және кері байланыс тізбегінің төрт полюсті құрылымының кірісіндегі кернеулер бірдей $\dot{U}_{\text{шығ}} = \dot{U}_{\text{к.б.кір}}$ және мына шартты қанағаттандырады:

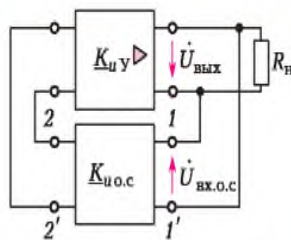
$$\dot{U}_{\text{шығ}} = \underline{K}_{uy} \underline{K}_{uk.б.} \dot{U}_{\text{к.б.кір}} \quad 16.1$$

мұндағы $\underline{K}_{uy} = K_{uy}(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$ — күшейткіш кернеуі күшеюінің кешенді коэффициенті; $\underline{K}_{uk.б.} = K_{uk.б.}(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$ — кері байланыстың төрт полюсті құрылымы кернеуінің кешенді беріліс коэффициенті (4.48).

(16.1) формуладан

$$\underline{K}_{uy} \underline{K}_{uk.б.} = K_{uy}(\omega) = \underline{K}_{uk.б.}(\omega) e^{j\varphi(\omega) + j\varphi''(\omega)}$$

=1 шығады, яғни:



16.1-сурет

$$\left. \begin{array}{l} K_{uy}(\omega)K_{uo,c}(\omega) = 1; \\ \theta'(\omega) + \theta''(\omega) = 2\pi n, \end{array} \right\} \quad (16.2)$$

мұндағы $n = 0, 1, 3, \dots$

(16.2) шарттары автогенератор жұмысының ω бұрыштық жиілігінде орындалуы тиіс.

Генератордың энергия көзіне қосылған кезінен бастап өздігінен қозуы $K_{uy}(\omega)K_{uo,c}(\omega) > 1$ шартымен анықталады, ол өтпелі процесс аяқталғаннан кейін, транзисторлардың (15.16-суретті қараңыз) сызықтық емес қасиеттерімен байланысты синусоидалық тербелістер амплитудасының ұлғаю жағдайында K_{uy} мәнінің азаю салдарынан (16.2) автогенератордың белгіленген жұмыс режимінің жағдайына өтеді.

LC- және RC-автогенераторлары болады. Біріншісінің оң кері байланыс тізбектерінде индуктивтілік катушкалары мен конденсаторлар, екіншісінде резисторлар мен конденсаторлар болады. Екіншісі интегралдық схема түрінде іске асырғанға жеңіл.

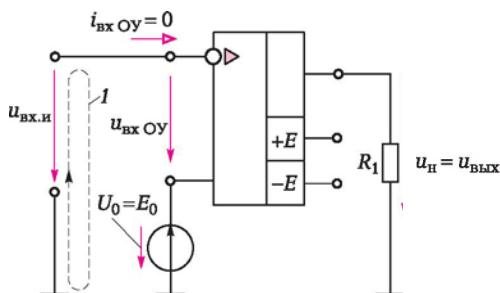
16.2. ОПЕРАЦИЯЛЫҚ КҮШЕЙТКІШТІҢ СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЖҰМЫС РЕЖИМІ. КОМПАРАТОР

Сызықтық емес режимдегі ОК жұмысын тізбек (16.2-сурет) мысалында түсіндіреміз, онда ОК терістемейтін кірісіндегі кернеу тұрақты E_0 ЭҚК көзін анықтайды, ал терістейтін кірістегі кернеу сызықтық негізде уақыт бойынша өзгереді: $U_{\text{кр.и}} = kt$ (16.3-сурет, а). ОК-ті идеалды деп алып, теңдеуден Кирхгофтың 1-контурға арналған екінші заңы бойынша:

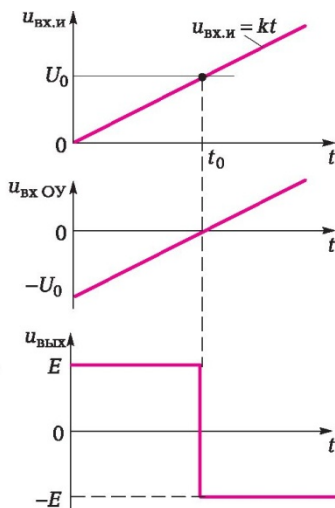
$$u_{\text{вх.оу}} = u_{\text{вх.и}} - U_0$$

$t_0 = U_0/k$ уақыт моментінде $u_{\text{кр.ОК}}$ кернеуінің теріс мәндері оң мәндермен алмасатыны шығады (16.3-сурет, б). Сонымен қатар идеалды ОК-ң табыстама сипаттамасы бойынша (15.7, б суретін қараңыз – 1-сынық сызық) оның шығысындағы кернеу секіріп, қуаттау көзінің E ЭҚК-ң оң мәнінен теріс мәніне дейін өзгереді (16.3-сурет, в).

ОК-ң сызықтық емес жұмыс режимі терістейтін кірістегі кернеуді салыстыру үшін қолданылатын, терістемейтін кірістегі кернеуі, *тірек кернеуі* (немесе керісінше) берілген құрылғылар *компараторлар* деп аталады.



16.2-сурет



16.3-сурет

16.3.

ТРАНЗИСТОР ЖҰМЫСЫНЫҢ КІЛТТІК РЕЖИМІ

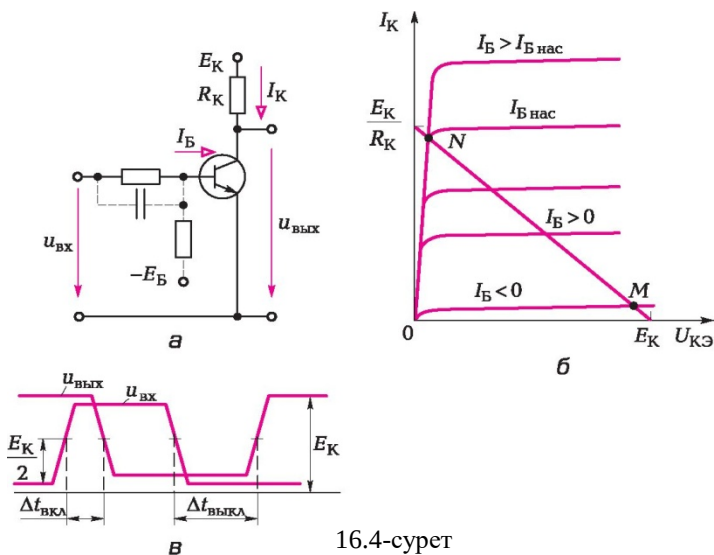
Ақпараттық электроникада ауыстыру жиілігі 500 МГц дейін болатын, төмен қуатты (шығын қуаты 0,1 мкВт дейін) транзисторлық кілттер қолданылады, олардың параметрлері энергетикалық электрониканың транзисторлық кілттерінен (13.6-бөлімшені қараңыз) өзгеше болады.

Мұндай кілттердің жұмысын ОЭ-лі схема бойынша қосылған биполярлық транзистор (16.4-сурет, а) мысалында қарастырайық.

Кілт кірісіндегі $U_{кпр} \leq 0$ тұрақты кернеу жағдайында коллектор мен база тізбектеріндегі токтар бірдей және $p-n$ -өткел арқылы кері қосылған база мен коллектордың арасындағы токқа тең болады. Бұл транзистордың қиылу режиміне (13.4-бөлімшені қараңыз), яғни кілттің ажыратылған күйіне сәйкес келеді (16.4-сурет, б, М нүктесі).

Базаның $U_{кпр} \geq 0$ кернеуі тұрақты және тогы $I_{Бқан}$ қанығу тоғынан жоғары болған жағдайда коллектордың тогы E_K/R_K тең болады (16.4-сурет, б, N нүктесі). Бұл режим кілттің ажыратылған күйіне сәйкес келеді.

Кілттің динамикалық қасиеттері $\Delta t_{қос}$ қосу және $\Delta t_{ажыр}$ ажырату уақыт аралықтарымен анықталады (16.4-сурет, в). $\Delta t_{қос}$ уақытын



16.4-сурет

азайту үшін база тізбегіндегі резистор конденсатормен шунтталады, ал $\Delta t_{\text{ажыр}}$ уақыт моментін азайту үшін база тізбегіне E_B ЭҚК қосылады (16.4, а суретінде штрих сызықпен көрсетілген).

Басқа типтегі кілттердің, мысалы электрмеханикалық кілттердің орнына транзисторды кілт ретінде қолдану бірқатар басымдықтарға ие. Транзисторлық кілт тозуға ұшыраған жылжымалы бөліктерден тұрмайды, тезәрекеттікке ие және өлшемдері кіші. Транзисторлық кілтті басқару үшін төмен қуатты энергия көзі талап етіледі.

Бұдан әрі барлық импульсті және цифрлық электрондық құрылғылардың жұмысын, ОК мен транзисторлық кілттерді идеалды деп алып, қарастырамыз.

16.4. ЛОГИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕР

Технологиялық процестердің режимдерін сақтау мақсатында қажетті жабдықты уақыт моментінде қосу мен ажырату нақты жағдайларға байланысты қандай да бір шешімдердің қабылдануын талап етеді. Егер әрбір жағдайдың бар-жоғы әртүрлі деңгейдегі электр сигналының кернеуімен теңетірілсе, онда логикалық элементтердің негізіндегі электрондық құрылғылардың көмегімен шешім қабылдауға болады. Мұндай құрылғылар жұмыс жағдайлары туралы сигналдардың жиынтығын технологиялық процестерді бас-

қару сигналдарының жиынтығына түрлендіруді іске асырады.

Логикалық элементтердің схематехникалық іске асырылуына байланысты олардың кірістері мен шығыстарындағы сигналдарда не нөлден басқа кернеулер (оң – «оң логика» немесе теріс – «теріс логика»), не нөлге жақын кернеулер болады, оларды шартты түрде логикалық бірлікпен және нөлмен теңестіру қабылданған. Бұл ретте логикалық элементтің жұмысын F шығыс сигналының логикалық мәнінің x кіріс сигналдарының логикалық мәндерінің жиынтығына тәуелділігімен сипаттауға болады. Мұндай тәуелділікті *ақиқат кестесімен* ұсыну қабылданған.

Кез келген логикалық түрленімдер үшін мына операцияларды: логикалық терістеуді (логикалық **ЕМЕС**), логикалық қосуды (логикалық **НЕМЕСЕ**) және логикалық көбейтуді (логикалық **ЖӘНЕ**) орындайтын үш қарапайым логикалық элементтің жеткілікті екенін дәлелдеуге болады.

Логикалық элементтер логикалық функцияларды іске асырады:

■ **ЕМЕС** элементі (инвертор) —

$$F = \bar{x},$$

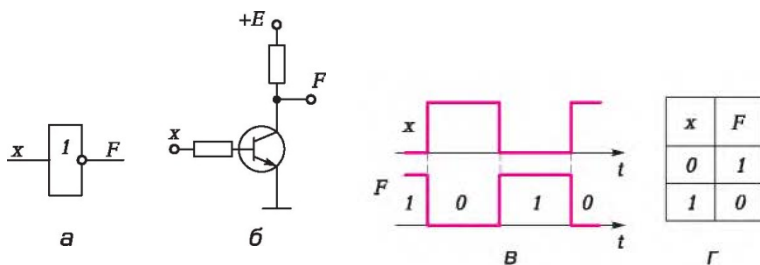
■ **НЕМЕСЕ** элементі (дизъюнктор) екі кіріске —

$$F = x_1 + x_2, \text{ немесе } F = x_1 \vee x_2;$$

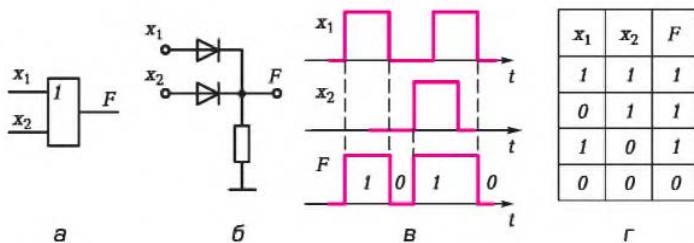
■ **ЖӘНЕ** элементі (конъюнктор) екі кіріске —

$$F = x_1 x_2, \text{ немесе } F = x_1 \wedge x_2;$$

Олардың шартты белгілері, схемалық іске асыру мысалдары, уақытша жұмыс диаграммалары және ақиқат кестелері 16.5-16.7-суреттерде келтірілген.



16.5-сурет



16.6-сурет

Практикада көбінесе төмендегі логикалық функцияларды іске асыратын логикалық элементтердің кеңейтілген жинағы пайдаланылады:

- **НЕМЕСЕ—ЕМЕС** (Пирс нұсқары) (16.8-сурет, а) —

$$F = \overline{X_1 + X_2};$$

- **ЖӘНЕ—ЕМЕС** (Шеффер штрихы) (16.8-сурет, б) —

$$F = \overline{X_1 X_2};$$

- импликация (16.8-сурет, в) —

$$F = X_1 + \overline{X_2};$$

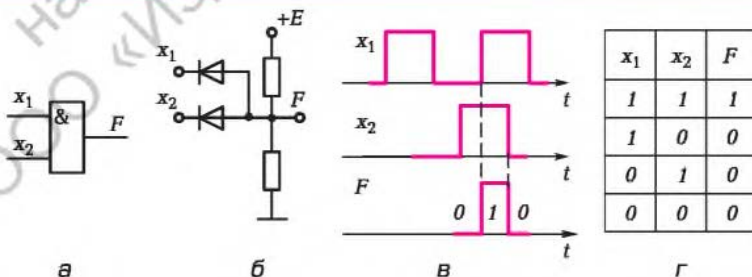
- тыйым (16.8-сурет, г) —

$$F = X_1 \overline{X_2};$$

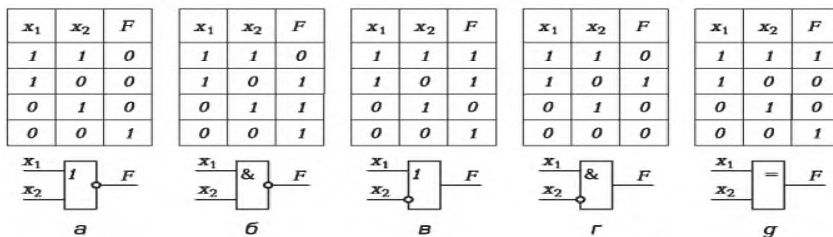
- мәні бірдейлік (16.8-сурет, д) —

$$F = X_1 X_2 + \overline{X_1} \overline{X_2};$$

Логикалық схемаларды бір кірістегі сигналдардың логикалық мәндері цифрлық деректердің басқа кірістер бойынша шығыстан өтіп кетуіне тыйым салатындай немесе рұқсат ететіндей етіп құрыл-



16.7-сурет



16.8-сурет

уы тиіс. Логикалық элементтердің басқа кірістермен басқарылатын кірістері не сигналдары *стробтаушы* деп аталады. Мысалы, ЖӘНЕ логикалық элементі үшін (16.7-суретті қараңыз) x_2 кірісі x_1 кірісі үшін стробтаушы ретінде және керісінше қызмет етуі мүмкін.

Жоғарыда қаралған екі күйлі логикалық элементтерден басқа «үш күйлі логикалық элементтер» қолданылады: кернеуі нөлден басқа не нөлге жақын немесе кедергісінің мәні жоғары. Соңғысы элементтің ажыратылған шығыс тізбегіне сәйкес келеді. Мұндай элементтердің көмегімен бірнеше логикалық схемалардың шығыстарын бөлек жұмыс үшін деректерді берудің екі бағытты бір сызығына параллель жалғанады.

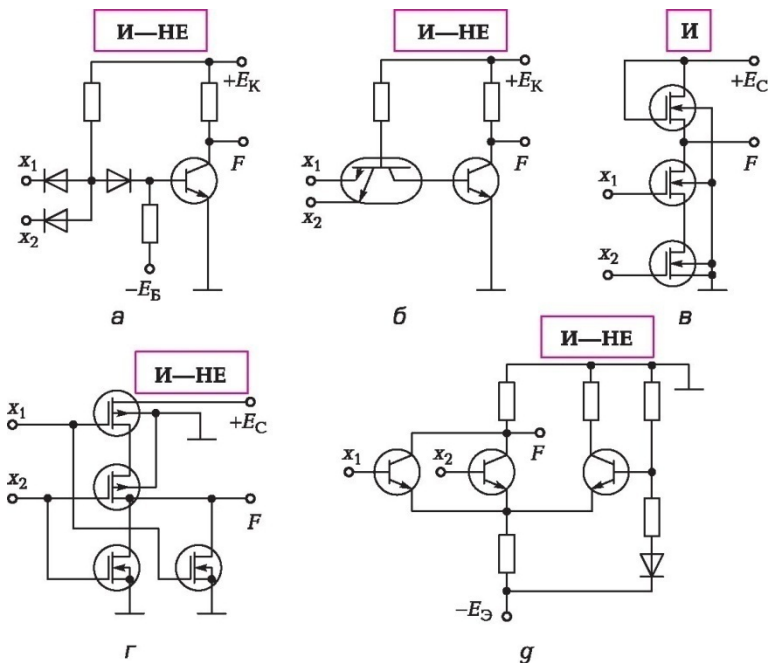
Схемотехникалық іске асыру бойынша ДТЛ (диодтық-транзисторлық логика), ТТЛ (биполярлық транзисторлардағы транзисторлық-транзисторлық логика), МДПТЛ (сол сияқты МДЖ-транзисторларда), КМДПТЛ (сол сияқты өзара толықтыратын¹, немесе комплементарлық, МДЖ-транзисторларда), ТТЛШ (сол сияқты Шоттки транзисторларында), ЭБЛ (эмиттерлік-байланысты логика) және И²Л (инжекциялық логика) элементтер сериялары болады.

ДТЛ, ТТЛ, МДПТЛ, КМДПТЛ және ЭБЛ серияларының кейбір логикалық элементтерінің схемотехникалық реакциясының мысалдары 16.9, а – д суреттерінде келтірілген.

Логикалық элементтердің жұмыс қасиеттерін бірқатар параметрлер айқындайды:

- **тез әрекеттік** — кіріс және шығыс сигналдар күйлерінің ауысым арасындағы уақыт кідірісі (16.4, в суретін қараңыз);

¹Тізбектей жалғанған p - және n -өткелді МДЖ-транзисторлардың бірін қосу екіншісін ажыратумен қатар жүрсе, онда олар өзара толықтырушы деп аталады. Бұл логикалық элементтерде шығын қуатын азайтады.



16.9-сурет

- *жүктемелік қабілет*, немесе тамақталу коэффициенті – бір шығысқа қосуға болатын кірістер саны;
- *бөгеуілге төзімділік* – жалған ауысу тудырмайтын бөгеуіл кернеуінің максималды рұқсат етілген деңгейі;
- *бөгеуілдерді генерациялау дәрежесі* – элементтерді ауыстырған кезде ток тербелістерінің қарқындылығы;
- *сейіл қуаты* – элементтерді энергияның шығын қуаты.

16.5. УАҚЫТША ТҰРАҚТЫ КҮЙЛІ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ИМПУЛЬСТІ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

Уақытша тұрақты күйлі электрондық импульсті құрылғылар кернеу импульстарының көздері болып табылады, олардың мәні, ұзақтығы кең шектерде іске асуы мүмкін.

Мультивибратор деп тікбұрышты пішіндегі керену импульстарының генераторы болып есептелетін екі уақытша тұрақты күйлі құрылғыны айтады. Әдетте ол басқа импульсті құрылғыларды бірлескен синхронды жұмыс кезінде жұмысқа қосу

үшін қызмет етеді.

ОК негізіндегі мультивибраторлар ең кең таралған. Симметриялық және бейсимметриялық мультивибраторлар болады. Тікбұрышты импульстардың ұзақтықтары және олардың арасындағы уақыт аралықтары симметриялық мультивибраторларда тең, бейсимметриялық мультивибраторларда әртүрлі болады.

Симметриялық мультивибратордың схемасы 16.10, а суретінде келтірілген, онда ОК компаратор болып табылады (16.3-суретті қараңыз). Кирхгофтың тізбектің 1-контурына арналған екінші заңы бойынша мынадай теңдеу құрамыз:

$$u_{\text{кпр.ОК}} - u_C + u_1 = 0, \quad (16.3)$$

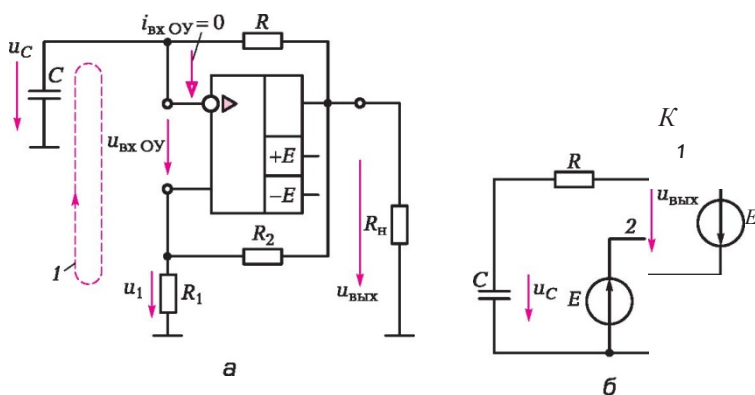
мұндағы $u_1 = R_1 u_{\text{шығ}} / (R_1 + R_2)$ және u_C — кернеу бойынша оң тізбектей және теріс параллель кері байланыстың кернеулері (15.6-бөлімшені қараңыз).

$t = 0$ уақыт моментінде ОК кірісіндегі кернеу $u_{\text{кпр.ОК}}(0) > 0$ деп алайық (16.11-сурет, з). Онда идеалды ОК-ң табыстама сипаттамасы бойынша (15.16, б суретін қараңыз, 1-сынық сызық) оның шығысындағы кернеу:

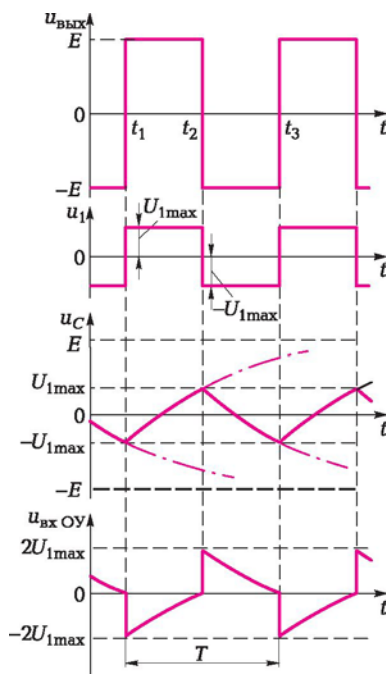
$$u_{\text{шығ}}(0) = -E,$$

ал кері байланыс кернеуі мынаған тең болады:

$$u_1(0) = -R_1 E / (R_1 + R_2) = -U_{1\text{max}}$$



16.10-сурет



16.11-сурет

(16.3) теңдеуді ескеретін болсақ:

$$u_C(0) > u_1(0) = -U_{1\max}$$

мұндағы E — қуаттау көзінің кернеуі (16.11-сурет, a — θ).

16.10, б суретіндегі алмастыру схемасы (1-күйдегі K кілті) сәйкес келетін мультивибратор тізбегінің мұндай күйі тұрақсыз. Шын мәнінде, мультивибратор шығысындағы және конденсатордағы кернеулер әртүрлі: $u_C(0) > u_{\text{шығ}}(0)$. Сондықтан R резисторы арқылы теріс кері байланыс тізбектері және ОК шығысына қосылған тізбек токтан ажырайтын болады, ал ондағы кернеу экспоненциалды өзгеріп (1.11-суретті қараңыз), ЭҚК ($-E = u_{\text{шығ}}$) мәніне жақындайды. $u_{\text{кір.ОК}}(t_1) = 0$, яғни $u_C(t_1) = -U_{1\max}$ шартымен анықталатын t_1 уақыт моментінде ОК кірісіндегі кернеу оң мәнін теріс мәнге өзгертеді. Нәтижесінде оның табыстама сипаттама бойынша ауысуы жүзеге асады және секіріспен кернеуі өзгереді:

$$u_{\text{шығ}}(t_{1+}) = E; u_1(t_{1+}) = R_1 E / (R_1 + R_2) = U_{1\max};$$

$$u_{\text{кір.ОК}}(t_{1+}) = u_C(t_{1+}) - u_1(t_{1+}) = -2U_{1\max}$$

мұнда конденсатордағы кернеу (1.16) коммутация заңы бойынша

секіріспен өзгермейтіні ескерілген: $u_C(t_{1-}) = u_C(t_{1+})$. Сонымен қатар конденсатордың разрядталуы оның 16.10, б суретіндегі (2-күйдегі K кілті) алмастыру схемасы бойынша зарядталуымен алмасады:

$$u_C(t_1) = -U_{1\max} + (E + U_{1\max})(1 - e^{-(t-t_1)/(RC)}), \quad (16.4a)$$

ол $u_{\text{кп.ОК}}(t_{2-}) = 0$ шартымен, яғни (16.3) бойынша анықталатын t_2 уақыт моментінде аяқталады:

$$u_C(t_2) = U_{1\max}. \quad (16.4б)$$

Бұл уақытта кернеу қайта секіріспен өзгереді:

$$\begin{aligned} u_{\text{шығ}}(t_{2+}) &= -E; u_1(t_{2+}) = -U_{1\max} \\ u_{\text{кп.ОК}}(t_{2+}) &= u_C(t_{2+}) - u_1(t_{2+}) = 2U_{1\max} \end{aligned}$$

ал конденсатордың зарядталуы оның 16.10, б суретіндегі (1-күйдегі K кілті) алмастыру схемасы бойынша разрядталуымен алмасады:

$$u_C(t) = U_{1\max} - (E + U_{1\max})(1 - e^{-(t-t_2)/(RC)})$$

ол мына шартпен анықталатын t_3 уақыт моментінде аяқталады:

$$u_{\text{кп.ОК}}(t_{3-}) = 0, \text{ яғни } u_C(t_{3-}) = -U_{1\max}$$

Одан әрі мультивибратор тізбегіндегі процестер жүйелі түрде қайталанады.

Кернеудің оң импульстарының ұзақтығы (16.4) формулаларымен анықталады:

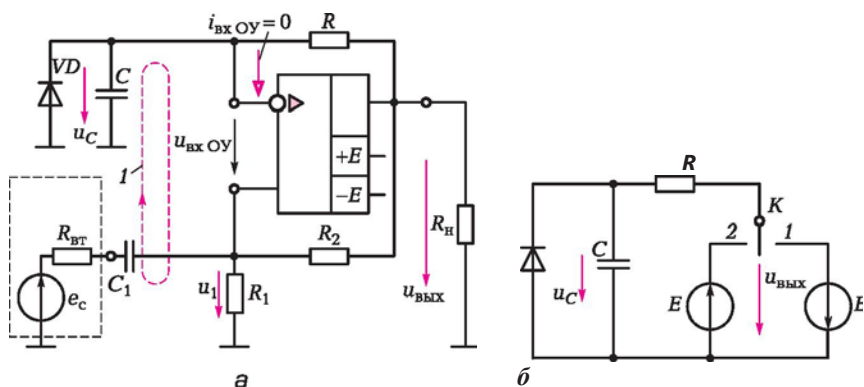
$$t_2 - t_1 = RC \ln(1 + 2R_1/R_2),$$

ал симметриялық мультивибратор жұмысының жиілігі, $t_3 - t_2 = t_2 - t_1$ қатынасын ескергенде мынаған тең:

$$f = \frac{1}{2(t_2 - t_1)} = \frac{1}{2RC \ln(1 + 2R_1/R_2)}.$$

Бейсимметриялық мультивибраторда конденсатордың $t_2 - t_1$ зарядтау және $t_3 - t_2$ разрядтау уақыт аралықтары әртүрлі. Бұл теріс кері байланыс тізбегіне екі параллель жалғанған резисторларды қосу арқылы іске асады: біреуі конденсаторды зарядтау үшін, ал екіншісі разрядтау үшін. Әрбір резистормен тізбектей түрде тура тогы зарядтау тогына не разрядтау тогына сәйкес келетін диод қосылады.

Бірвибратор деп өз шығысында импульс кірісінде сыртқы көзден кернеу әсер еткен жағдайда қажетті ұзақтықтағы бір реттік тікбұрышты кернеу импульсін құруға арналған, бір тұрақты және бір уақытша күйлері бар құрылғыны айтады.



16.12-сурет

Бірвибраторлар кернеу импульстарын ұзақтығы бойынша стандарттау, электромагниттік релелердің жұмысын басқару, кернеу импульстарын кідірту және олардың қайталану жиілігін бөлу үшін қолданылады.

ОК негізіндегі бірвибратордың схемасы (16.12-сурет, а) мультивибратордың схемасынан (16.10, а суретін қараңыз) өзгешеленеді, онда конденсаторға параллель теріс кері байланыс тізбегіне диод қосылады, оны бұдан әрі идеалды деп санаймыз. Бірвибратордың жұмысын біріккен уақытша диаграмма көрсетеді (16.13-сурет, а-д).

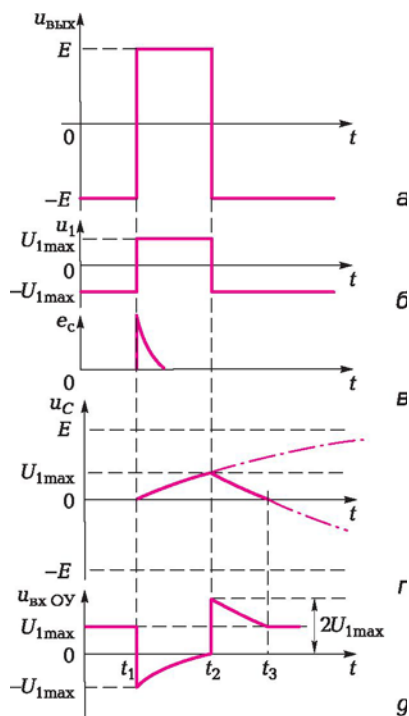
Кирхгофтың 1-контурға арналған 16.12, а суретіндегі екінші заңы бойынша кез келген уақытта (16.3) қатынасы дұрыс болмақ.

Бірвибратордың тұрақты күйіне 16.12, б суретіндегі (1-күйдігі К кілті) алмастыру схемасы сәйкес келеді. Оның элементтеріндегі кернеулер тұрақты және мынаған тең:

$$u_{\text{шығ}} = -E; u_1 = -R_1 E / (R_1 + R_2) = -U_{1\text{max}} \\ u_{\text{кір.ОК}} = u_C - u_1 = U_{1\text{max}} > 0$$

(16.13, а, б және д суреттерін қараңыз), себебі диод тура бағытта қосылған, ал конденсатордағы кернеу $u_C = 0$.

Егер t_1 уақыт моментінде бірвибратордың кірісіне сигнал көзінен амплитудасы бойынша айтарлықтай жоғары, оң полярлы кернеу импульсын беретін болсақ, онда e_c ЭҚК әсерімен (16.13, в суретін қараңыз) ОК кірісіндегі кернеу теріс мәнге айналуы мүмкін. Нәтижесінде жоғарыда сипатталған мультивибратордағы сияқты ОК-ң ауысуы жүзеге асады және кернеу секіріспен өзгереді:



16.13-сурет

$$u_{\text{шығ}}(t_{1+}) = E; u_1(t_{1+}) = R_1 E / (R_1 + R_2) = U_{1\max};$$

$$u_{\text{кпр.ОК}}(t_{1+}) = u_c(t_{1+}) - u_1(t_{1+}) = -U_{1\max} < 0,$$

себебі конденсатордағы кернеу секіріспен өзгермейді (1.16). Бірвибратордың 16.12, б суретіндегі (2-күйдегі K кілті) алмастыру схемасы сәйкес келетін бұл күйі уақытша тұрақты.

Шын мәнінде, ОК ауысқаннан кейін (1.21) теріс кері байланыс тізбегінің R резисторы арқылы конденсатордың зарядталуы басталады:

$$u_c = E (1 - e^{-(t-t_1)/(RC)}) \quad (16.5a)$$

бұл $u_{\text{кпр.ОК}}(t_2) = 0$ шартымен анықталатын t_2 уақытына дейін болады:

$$u_c(t_2) = U_{1\max} = R_1 E / (R_1 + R_2) \quad (16.56)$$

Бұл уақытта ОК-ң ауысуы жүзеге асады және кернеу секіріспен өзгереді:

$$u_{\text{шығ}}(t_{2+}) = -E; u_1(t_{2+}) = -U_{1\text{max}}$$

$$u_{\text{кпр.ОК}}(t_{2+}) = u_C(t_{2+}) - u_1(t_{2+}) = 2U_{1\text{max}}$$

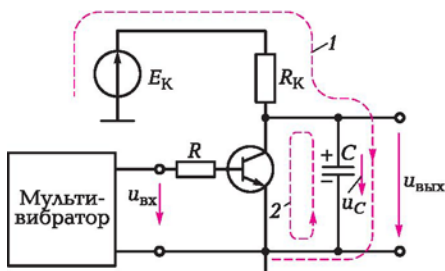
Сонымен қатар конденсаторды заряддау процесі $u_C(t_3) = 0$ шартымен анықталатын t_3 уақытына дейін оның 16.12, суретіндегі (1-күйдегі K кілті) алмастыру схемасындағы разрядтау процесімен алмасады. Бұдан әрі бірвибратордың барлық элементтеріндегі кернеулер тұрақты болады және оның тұрақты күйіне сәйкес келеді.

Бірвибратор шығысындағы кернеудің оң тікбұрышты импульсының ұзақтығы (16.5) формулаларымен анықталады:

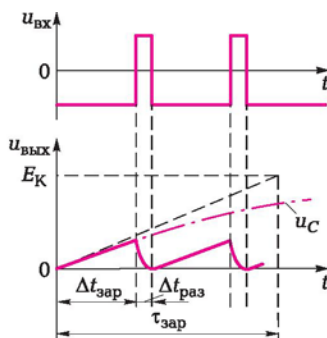
$$t_2 - t_1 = RC \ln(1 + R_1/R_2).$$

Сызықтық өзгертін кернеу генераторлары компараторлардың, осциллограф экраны бойынша электрондық сәуленің жылжуын басқару құрылғыларының және т.б. құрамына кіреді.

Сызықтық өзгертін кернеудің қарапайым генераторы (16.14-сурет) кернеуі кілттік режимдегі транзистордың жұмысын басқару үшін пайдаланылатын бейсимметриялық мультивибраторды (16.15-сурет, а) қамтиды. $\Delta t_{\text{раз}}$ уақыт аралықтарында транзистор ажыратулы болады да, сыйымдылығы C конденсатордың E_K ЭҚК көзінен $t_{\text{зар}} = R_K C$ резисторы арқылы жоғары тұрақты $R_K C$ уақытымен зарядталуы жүзеге асады, ал $\Delta t_{\text{зар}}$ уақыт аралықтарында транзистор қосулы болады да, $\tau_{\text{раз}} = 0$ (2-контур) төмен тұрақты уақытымен разрядталуы жүзеге асады.



16.14-сурет



16.15-сурет

$\Delta t_{\text{зар}} \ll \tau_{\text{раз}}$ шартын сақтаған жағдайда конденсатордағы кернеу оны зарядтаған кезде (1.21) іс жүзінде сызықтық болып өзгереді (16.15-сурет, б).

16.6. ТҰРАҚТЫ КҮЙЛІ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ИМПУЛЬСТІ ҚҰРЫЛҒЫЛАР. ТРИГГЕРЛЕР

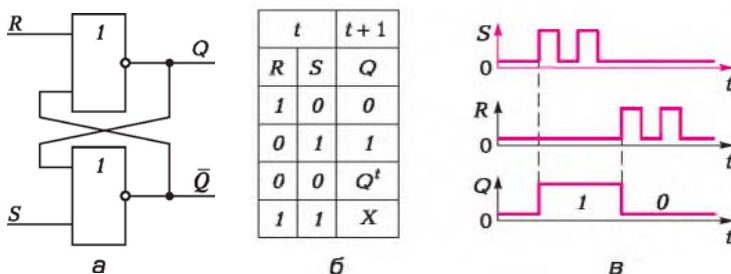
Триггерлер деп ақпараттық шығыстарында кернеулердің әртүрлі мәндері сәйкес келетін, екі тұрақты күйлі электрондық импульсті құрылғыларды айтады. Оларды кернеу импульстарын есептегіштерде, кернеу импульстарын бақылау жиілігін белгіштерде және т.б. қолданады.

Басқару тәсілі бойынша триггерлер асинхронды және синхронды болып бөлінеді.

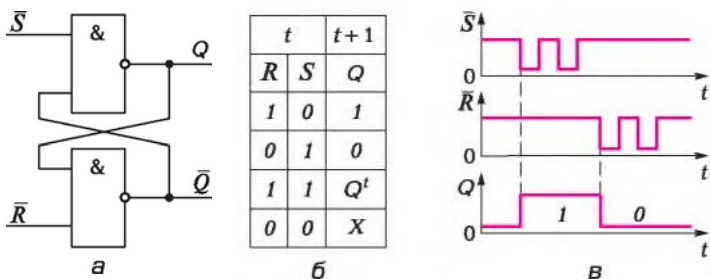
Асинхронды триггерлерде бір күйден екінші күйге ауыстыру басқару кірістердегі кернеу импульстарының белгілі бір жиынтығының әсерімен жүзеге асырылады.

Синхронды триггерлерде басқару кірістердегі кернеу импульстарының белгілі бір жиынтығы мен синхрондау кірісіндегі кернеу импульсы уақыт бойынша сәйкес келген жағдайда ғана ауыстыруға болады.

Триггерлердің бірнегше типтері бар: *RS- D-, JK-триггерлер* және т.б. Триггерлер әдетте логикалық элементтердің негізінде іске асырылады және интегралдық схемалар түрінде шығарылады. Сондықтан бұдан әрі триггерлердің шартты белгілерін пайдалана отырып, олардың әртүрлі типтерінің функционалдық мүмкіндіктерін қарастырумен шектелеміз. Асинхронды *RS-* және синхронды *D-* және *JK-*триггерлер ең көп қолданылады.



16.16-сурет



16.17-сурет

RS-триггер (Reset—Set, яғни, түсіру — орнату) екі кіріске арналған **НЕМЕСЕ – ЕМЕС** логикалық элементтерінің негізінде іске асырылады (16.16-сурет, а), онда тура Q және инверсті $\bar{Q}$ ақпараттық шығыстары белгіленген. *RS-триггердің* жұмысын біраз t уақытындағы R және S басқарушы кірістеріндегі сигналдардың мәндері және оларға сәйкес келетін, өтпелі процесс ақталғаннан кейінгі $t + 1$ уақытындағы Q шығысындағы мәндер көрсетілген 16.16, б суретіндегі ақиқат кестесі, сондай-ақ уақытша диаграмма (16.16-сурет, в) көрсетеді.

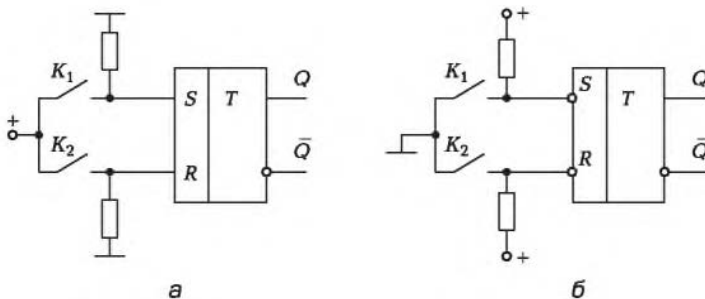
Триггердің күйі ($Q = Q^1$) кірістердегі $R = 0$ және $S = 0$ сигналдарының жиынтығында сақталады және $R = 1$ мен $S = 1$. Жағдайында анықталмаған. Соңғы күйге тыйым салынған.

R және S кірістеріндегі сигналдарының мәндері инверсті *RS-триггер ЖӘНЕ – ЕМЕС* логикалық элементтерінің негізінде іске асырылады. Оның схемасы, ақиқат кестесі және уақытша диаграммасы 16.17, а-в суреттерінде келтірілген. Триггердің күйі кірістеріндегі сигналдардың мәндері $\bar{R} = 1$ және $S = 1$ болған жағдайда сақталады және $R = 0$ мен $S = 0$ жағдайында анықталмаған. Соңғы күйге тыйым салынған.

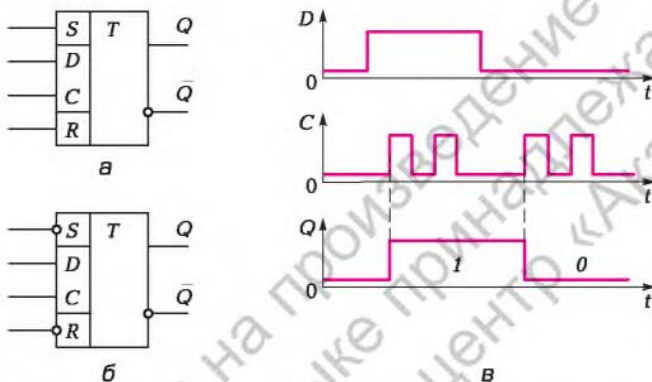
Тура және инверсті кірісті *RS-триггерлердің* шартты белгілері 16.18, а және б суреттерінде келтірілген. K_1 немесе K_2 кілтін қысқа мерзімге тұйықтау арқылы $Q = 1$ не $Q = 0$ триггерлердің тұрақты күйлері орнатылады.

D-триггердің тура (16.19-сурет, а) не инверсті (16.19-сурет, б) орнатушы R және S кірістері, бір басқарушы D кірісі және C синхрондау кірісі бар. R және S кірістері *D-триггерді* 16.18-суреттегі сияқты $Q = 1$ не $Q = 0$ күйіне алдын ала орнату үшін қызмет ететіндіктен, орнатушы деп аталады.

$D = 1$ не $D = 0$ басқарушы кірісіндегі сигнал триггерді синхрондау кірісіндегі оң полярлы импульстың қатар әсер ету жағдайында ғана $Q = 1$ не $Q = 0$ тура ақпараттық шығысындағы ат-



16.18-сурет

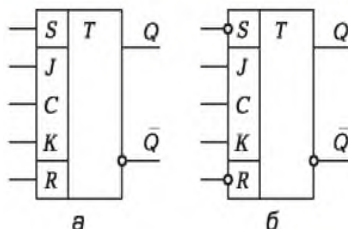


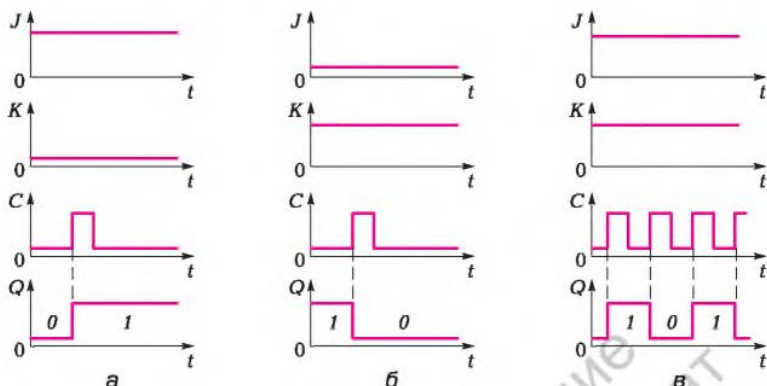
16.19-сурет

тас мәнмен ғана тұрақты күйге орнатады. Әдетте триггердің ауысуы синхрондау импульсының алдыңғы шебінің әсер ету уақыт моментінде жүзеге асады (16.19-сурет, в).

JK-триггер *RS-* және *D-* триггерлермен салыстырығанда бірқатар басымдықтарға ие. Оның *R* және *S* тура не инверсті орнатушы кірістерімен шартты белгілері 16.20, *a* және *б* суреттерінде келтірілген, онда *J* және *K* — басқарушы кірістері, *C* — синхрондау кірісі белгіленген.

JK-триггердің бастапқы күйі орнатылған деп санап, оның жұмыс істеу ережелерін қарастырайық.





16.21-сурет

1. Егер $J = 1$ және $K = 0$ болса, онда оң полярлы синхрондау импульсының алдыңғы шебінің әсер ету уақыт моментінде триггер $Q = 1$ күйіне орнатылады (16.21-сурет, а).

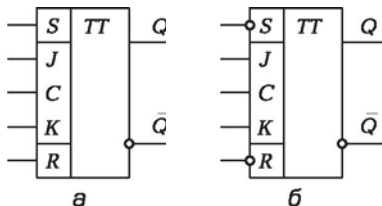
2. Егер $J = 0$ және $K = 1$ болса, онда оң полярлы синхрондау импульсының алдыңғы шебінің әсер ету уақыт моментінде триггер $Q = 0$ күйіне орнатылады (16.21-сурет, б).

3. Егер $J = 1$ және $K = 1$, онда өзінің бастапқы Q күйіне қарамастан, триггер оң полярлы синхрондау импульсының алдыңғы шебінің әсер ету уақыт моментінде ауысатын болады. Бұл ретте триггер шығысындағы кернеудің өзгеру жиілігі синхрондау импульстарының жиілігінен екі есе төмен болады (16.21-сурет, в).

4. Егер $J = 0$ және $K = 0$ болса, онда триггердің бастапқы Q күйі синхрондау импульсының әсерімен өзгермейді,

Практикада ура не инверсті R және S орнатушы кірістері бар, екі сатылы JK -триггерлер (шартты белгісі TT) жиі кездеседі (16.22-сурет, а және б). Олардың жұмыс істеу ережелерінің жоғарыда сипатталғаннан өзгешелігі – онда триггер күйінің өзгеруі синхрондау импульсының алдыңғы шебінің әсер ету уақыт моментінде емес, оның артқы шебінің әсер ету уақыт моментінде жүзеге асады.

Логикалық элементтер мен импульсті құрылғылардың негізінде цифрлық логикалық автоматтар құрылады.



16.22-сурет

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электрондық генераторларда қандай кері байланыс (оң не теріс) қолданылады?
2. Үш негізгі логикалық операцияны және оларға сәйкес келетін, кез келген логикалық түрленімдер үшін жеткілікті логикалық элементтерді атаңыз.
3. Симметриялық және бейсимметриялық мультивибратор шығысындағы кернеудің уақытша диаграммасын бейнеленіз.
4. Асинхронды және синхронды триггерлердің арасындағы айырмашылық неде?

ӨЗІНДІК ШЫҒАРУҒА АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕР

1. Элементтер параметрлерінің мәндері $R_1 = 2 \text{ кОм}$, $R_0 = 10 \text{ кОм}$, $C = 0,5 \text{ мкФ}$, ОК идеалды болған жағдайда жұмыс жиілігі $f = 1 \text{ кГц}$ болатын симметриялық мультивибратор схемасындағы (16.10, *a* суретін қараңыз) резистивтік элемент кедергісінің мәнін анықтаңыз.
Жауабы: 3 кОм.
2. Элементтер параметрлерінің мәндері $R = 5 \text{ кОм}$, $C = 0,1 \text{ мкФ}$, ОК және VD диод идеалды болған жағдайда ұзақтығы $t_2 - t_1 = 100 \text{ мкс}$, $u_{\text{шығ}}$ шығысынағы кернеуінің импульсы тікбұрышты болатын, 16.12, *a* суретіндегі бірвибратор схемасындағы R_1/R_2 резистивтік элементтері кедергілерінің қатынасын анықтаңыз.
Жауабы: 0,2214