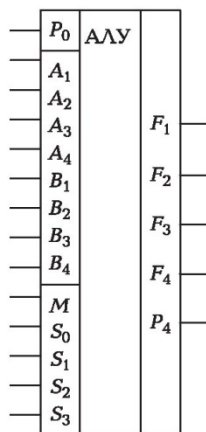


МИКРОПРОЦЕССОРЛАР, МИКРОЭЕМ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ӨЛШЕУШІ АСПАПТАР

18.1. БАҒДАРЛАМАЛАНАТЫН ЦИФРЛЫҚ БАСҚАРУШЫ ҚҰРЫЛҒЫЛАР. МИКРОПРОЦЕССОРЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР

Бағдарламаланатын цифрлық басқарушы құрылғылар әртүрлі технологиялық процестерді басқару жүйелерінде қолданылатын әмбебап техникалық құралдар болып есептеледі. Мұндай құрылғылардың аппараттық құралдары жеке не жалпы интегралдық схемалар түрінде іске асырылатын, әртүрлі функционалдық мақсаттағы өзара байланысқан цифрлық құрылғылардың жиынтығын қамтиды. Оларға арифметикалық-логикалық құрылғы, жалпы мақсаттағы регистрлер, басқару құрылғысы, жадтау құрылғылары, енгізу-шығару құрылғысы, тактілік импульстар генераторы және т.б. жатады.

Арифметикалық-логикалық құрылғы (АЛҚ) — басқарушы кірістердегі цифрлық кодтың (команданың) мәніне байланысты арифметикалық және логикалық операциялардың аппараттық кірістерінде көп разрядты цифрлық кодтар (сөздер) бойынша орындауға арналған модульдер жинағы түріндегі логикалық комбинациялық автомат. АЛҚ схемасы комбинациялық логикалық құрылғыларды (17.2-бөлімшені қараңыз); логикалық функциялар генераторларын (17.5-суретті қараңыз); жартылай сумматорларды (17.6-суретті қараңыз) және сумматорларды (17.7-суретті қараңыз) қамтиды. 18.1-суретте M , S_0 , S_1 , S_2 , S_3 басқарушы кірістеріндегі сигналдарға және P_0 тасымалына байланысты A және B кіріс сөздері бойынша арифметикалық және логикалық операцияларға арналған төрт разрядты АЛҚ модулінің шартты белгісінің мысалы келтірілген. Операция нәтижесі F кірістеріндегі сигналдар мен үлкен разрядты P_4 тасымалының жиынтығымен анықталады. $M = 0$



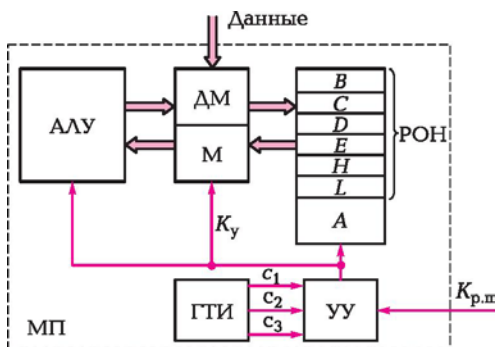
18.1-сурет

кезінде арифметикалық (А мен В-ны қосу, А мен В-ны P_0 -ді кіші разрядқа қосса отырып қосу және т.б.) операциялар, ал $M = 1$ кезінде логикалық ($F = A$, $F = B$ және т.б.) операциялар орындалады. $S_0—S_3$ сигандалдарының комбинациясы дәл қай операцияның орындалатынын анықтайды.

Жалпы мақсаттағы регистрлер (ЖМР) бағдарламалық-қолжетімді ығысу регистрлерінің (17.12-суретті қараңыз) бір түрі болып есептеледі және ол АЛҚ жұмысына жоғар әмбабаптылық үстеуге мүмкіндік береді. Әдетте, олардың саны алтыға тең, олар латын әліпбиінің B, C, L, E, H, L бас әріптерімен белгіленеді және олардың 8 разряды, яғни әрқайсысында 1 байттан бар.

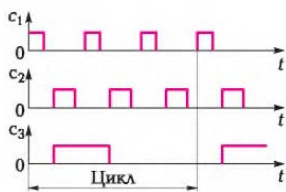
ЖМР қолданылуын келесі мысалмен көрсетеміз. $F = x_1x_2 \vee x_2x_3$ логикалық функциясын іске асыру қажет дейік Әуелі $F_1 = x_1x_2$ осы операцияны орындауға бапталған және АЛҚ-та орналасқан логикалық функциялар генераторының көмегімен есептеледі. Алынған нәтиже B ЖМР-іне беріледі. Одан кейін $F_2 = x_2x_3$ мәні есептеледі де, C ЖМР-іне сақталады. Одан әрі F_1 және F_2 мәндері B ЖМР-інен C ЖМР-іне шығып, $F = F_1 \vee F_2$ логикалық қосуын орындау үшін АЛҚ-ң ақпараттық кірістеріне беріледі. Осылайша, күделі логикалық және арифметикалық операцияларды орындау микрооперацияларға бөлінеді: сигналдарды АЛҚ кірістеріне қосу, басқарушы сигналдардың цифрлық кодын құру және оларды АЛҚ-ң басқаруш кірістеріне қосу, нәтижелерді ЖМР-ге жазу және т.б.

Бағдарламалық-қолжетімді регистрлердің арасында біреуі ерекше бөлініп шығады, ол *аккумулятор* деп аталады және A әрпімен белгіленеді (18.2-сурет). Онда арифметикалық және логикалық операциялардың орындау кезінде операндтардың бірі сақталады. Мысалы, екі санды қосқан кезде олардың бірі аккумуляторға жазы-



Данные – деректер; РОН – ЖМР; АЛУ – АЛҚ; УУ – БҚ; ГТИ - ТИГ
18.2-сурет

лады. Қосу операциясын орындағаннан кейін нәтиже қайтадан аккумуляторға жазылады, ал оның ішінде алдыңғы сақталған нәтиже өшіп қалады. Сыртқы деректер көзі, аккумулятор және ЖМР бағдарламалық-қолжетімді M мультиплексорлары мен DM демультимплексорларының көмегімен АЛҚ-ң шығыс шықпаларына қосылады. Осы барлық құрылғылардың өзара әрекеттесу реттілігін басқару құрылғысы жүзеге асырады.

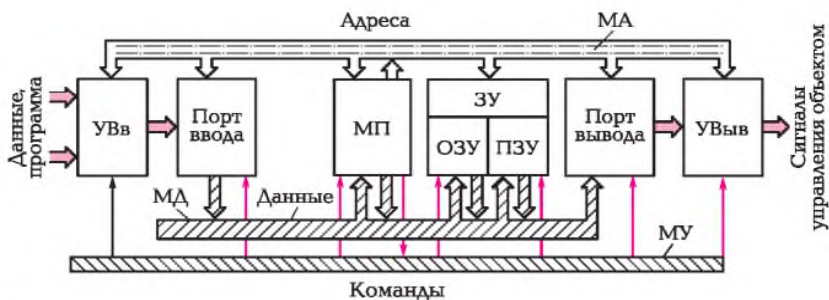


18.3-сурет

Басқару құрылғысы $K_{ж.б}$ жұмыс бағдарламасы командаларының мазмұнын дешифрлейтін және АЛҚ, ЖМР жұмысымен және олардың өз арасында әрекеттесу құрылғыларымен және сыртқы деректер көзімен K_6 басқару командасын қалыптастыратын логикалық автомат болып есептеледі. АЛҚ-тағы микрооперациялар тізбектей орындалады және олардың әрқайсысы белгілі бір уақытты талап етеді, сондықтан БҚ-та операцияларды орындау уақытын микрооперацияларды орындау аралықтарына бөлуге мүмкіндік беретін құрылғы болуы тиіс. Бұл құрылғы – *тактілік импульстар генераторы* (ТИГ), ол әдетте үш және одан да көп c_1 , c_2 , c_3 кірістерінде жиілігі 0,5-40 МГц тактілік импульстарды құрады. Басқару құрылғысы $K_{ж.б}$ жұмыс бағдарламасының командасы бойынша ТИГ жұмысының бірнеше тактісінің ішінде бір микрооперацияны орындауға арналған K_6 командасын құрады, одан кейін басқа бірнеше такт ішінде келесі микрооперацияны орындауға арналған K_6 командасын құрады және т.б. Бір микрооперацияны орындау процесі *цикл* деп аталады (18.3-сурет). Осылайша, K_6 бір командасын орындау бірнеше (бір – бес) циклдің ішінде жүзеге асады, ал ол циклдердің әрқайсысы ТИГ жұмысының бірнеше (үш – бес) тактісінен тұрады.

18.2-суретте штрих сызықтың ішінде белгіленген, интегралдық схемалар түрінде орындалған және бірнеше корпуста не бір корпуста орналасқан құрылғылардың жиынтығы *микропроцессор* (МП) деп аталады.

МП-ң үлкен функционалдық мүмкіндіктерден тұратынына қарамастан, оны тиімді қолдану үшін жұмыс бағдарламасының өзгермейтін бөліктерін сақтауға арналған тұрақты және деректер мен бағдарламаларды уақытша сақтауға арналған жедел жадтау құрылғылары (17.4-бөлімшені қараңыз) мен ақпаратты енгізу-шығару құрылғылары сияқты қосымша құрылғылар қажет. МП мен қосымша құрылғылардың жиынтығы *микропроцессорлық жүйе* деп аталады (18.4-сурет).



18.4-сурет: Данные, программа – деректер, бағдарлама; Адреса – адресстер; Команды – командалар; Сигналы управления объектом – объектіні басқару сигналдары; Порт ввода – енгізу порты; Порт вывода – шығару порты; ОЗУ – ЖЖҚ; ПЗУ – ТЖҚ; УВв – ЕнҚ; УВыв – ШығҚ

МП-жүйелердің арасында басқарушы микроЭЕМ және контроллерлер болып бөлінеді. Олардың ара-жігін ажырату қиын, бірақ әдетте контроллерлердің функционалдық және есептеуіш мүмкіндіктері аз болады.

МП-жүйелердің *енгізу* (ЕнҚ) және *шығару құрылғысы* (ШығҚ) күшейткіштердің, бағдарламалық-колжетімді регистрлердің және дисплейді, принтерді және т.б. қосуға арналған кілттердің жиынтығы болып есептеледі. Енгізу-шығару құрылғысының әрбір регистрі *порт* деп аталады. Порттар ақпаратты енгізу және шығару процесінде оын қысқа мерзімге сақтау үшін қызмет етеді. ЕнҚ мен ШығҚ аппараттық және бағдарламалық құралдарының жиынтығы *интерфейс* деп аталады.

Басқарушы микроЭВМ мен контроллерлерде көбінесе басқару объектісімен түйіндесу үшін датчиктер, АЦҚ пен ЦАҚ болады.

МП-жүйенің әртүрлі құрылғылары мен МП ішіндегі құрылғылар өз арасында магистральдармен жалғанады. Жадтау құрылғылары ұяшықтарының, порттардың, енгізу-шығару құрылғыларының және МП деректермен алмасатын басқа да құрылғылардың адресстерін беруге арналған *адресстер магистралы* (АМ); деректерді МП ішінде және одан тыс беруге арналған *деректер магистралы* (ДМ); МП іс-қимылдарының реттілігін және АМ мен ДМ бойынша адресстер мен деректерді беру бағытын анықтайтын командаларды беруге арналған *басқару магистралы* (БМ) болады.

Кіріс ақпарат операциялар орындалатын *деректерге* және *бағдарламаға*, яғни орындалатын операцияларды сипаттайтын командалардың реттілігіне бөлінеді. Деректер мен бағдарламалар разрядтар саны 8 еселі (1 байт) екілік сандар түріндегі әртүрлі ұзындықтағы сөздердің жиынтығымен беріледі.

ЕнҚ деректері енгізу портына келіп түседі. Басқару сигналдары қажетті портты тандап, деректердің жазылуын, портта уақытша

сақталуын, одан кейін олардың m -разрядты сөздің берілуін қамтамасыз ететін m өткізгіш желілердің жиынтығынан тұратын деректер магистральіне берілуін қамтамасыз етеді. Байланыстарды магистральдық ұйымдастыру кезінде МП-жүйенің элементтері үш күйдің бірінде:

- деректерді магистральға беру;
- деректерді магистральдан қабылдау;
- магистральдан ажырату күйінде болуы мүмкін буферлік

күшейткіштер арқылы бірыңғай магистральға қосылады

Басқару сигналдарымен МП-жүйенің бір элементтерін ақпараты магистральға беру режиміне, екінші элементтерін ақпаратты қабылдау режиміне қоюға, ал қалғандарын ажыратуға болады.

МП жұмысы ЕнҚ-ң тез әрекеттігіне тәуелді болмауы үшін, деректер мен бағдарламалар оны орындар алдында ЖЖҚ-қа жазылады. ЖЖҚ көлемі басқарушы микроЭЕМ үшін бірлік пен ондық килобайтты құрайды ($1 \text{ кбайт} = 2^{10} \text{ байт}$, яғни 1024 сегіз разрядты сөз). Сонымен қатар, сыртқы жад, мысалы магниттік дискілері бар құрылғылар түріндегі сыртқы жад қосылуы мүмкін.

Автономды режимде жұмыс жасайтын басқарушы МП-жүйеде бағдарлама жұмысқа қосар алдында жадтау құрылғысында орналастырылады. Бақыланатын параметрлердің мәндері туралы деректер датчиктерден ЕнҚ-қа үздіксіз, яғни нақты уақыт масштабында түсіп отырады. Олардың жұмысынан кейін ШығҚ шығыстарындағы орындаушы механизмдермен басқару сигналдарын құрады.

Бағдарламаның МП командаларының орындалу реттілігін онда орналасқан *командалар есептегіші* қамтамасыз етеді.

1. Жадтау құрылғысынан бірінші команда оқылады, жадтау құрылғысының бірінші команда сақталатын ұяшығының нөмірі командалар есептігішіне салынады; команда орындалғаннан кейін есептегіштегі сан автоматты түрде 1-ге ұлғаяды, бұл бағдарлама командаларының орындалу реттілігін қамтамасыз етеді.

2. Жадтау құрылғысынан берілген команда бойынша орындалатын операцияның коды және команда орындалатын сандар не олардың (порт не жадтау құрылғысының ұяшығы) адрестері оқылады.

3. Команда орындалады.

«Оқып алу» командасы орындалғаннан кейін жадтау құрылғысының келесі ұяшығындағы команда орындалады да, цикл қайталанады.

МП-да негізгі бағдарламаның командаларын тізбектей орындаудан басқа, оны біраз уақытқа тоқтатып, артынан қайтару қарастырылған. Бұл ретте уақытша сақтау үшін ЖМР ішіндегісі, негізгі бағдарламаның тоқтату нүктесінен кейінгі командасы және басқа да кейбір ақпарат *стек* деп аталатын ЖЖҚ аймағына қойылады. Стек, мысалы, бағдарламалардың тіркелуін ұйымдастыруға мүмкіндік береді, негізгі бағдарлама бір қосалқы бағдарламаны шақыртса, ал ол өз кезегінде, басқа қосалқы бағдарламаны және т.б. шақырта алады.

18.2. ТҰРАҚТЫ КЕРНЕУДІҢ АНАЛОГТЫҚ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ВОЛЬТМЕТРЫ

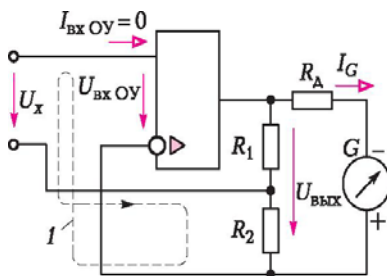
Тұрақты кернеудің аналогты электрондық вольтметрiнiң типтiк схемасы (18.5-сурет) кернеу бойынша терiс тiзбектей керi байланысты ОК негiзiндегi терiстейтiн күшейткiштен (15.6-бөлiмшенi қараңыз) және шкаласы өлшенетiн кернеу мәндерi бойынша градустанатын магниттiк-электрлiк жүйе гальванометрiнiң негiзiндегi есептеушi құрылғысынан тұрады.

(15.11) теңдеудi ескере отырып, Кирхгофтың 1-контурға арналған екiншi заңы және гальванометр тiзбегiне арналған Ом заңы бойынша теңдеулер жүйесiн құрастырайық:

$$\left. \begin{aligned} U_x + \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХОУ}} = 0; \\ U_{\text{ВЫХ}} = (R_G + R_A) I_G, \end{aligned} \right\} \quad (18.11)$$

мұндағы R_G және R_A — гальванометр мен үстеме резистор тiзбегiнiң кедергiсi; I_G — гальванометр тiзбегiндегi ток.

(18.1) теңдеулер жүйесiнен гальванометр тiзбегiндегi токтың мынаған тең екенi белгiлi болады:



18.5-сурет

$$I_G = -\frac{R_1 + R_2}{(R_A + R_G)R_2} U_x. \quad (18.2)$$

(18.2) формуланы (5.4) формуласына қойып, қосу полярлылығын ескере отырып, гальванометр шықпасын анықтаймыз:

$$a = \frac{R_1 + R_2}{c_I R_2 (R_A + R_G)} U_x = \frac{1}{c_U} U_x$$

мұндағы c_U — шкала бөлігінің бағамы.

Аналогты электрондық вольтметрдің негізгі артықшылығы – кіріс кедергісі жоғары (10^3 Ом дейін) жағдайда жоғары сезімталдық, есептеуші құрылғының толық шкаласындағы көрсетімдерді оқу кезінде оператор үшін көрнекілік.

Негізгі кемшілігі – төмен дәлдік класы (1,5-тен жоғары емес).

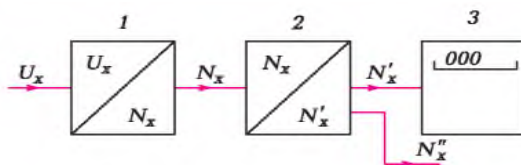
18.3. ТҰРАҚТЫ КЕРНЕУДІҢ ЦИФРЛЫҚ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ВОЛЬТМЕТРІ

Тұрақты кернеудің цифрлық вольтметрінің құрылымдық схемасы (18.6-сурет) 1 кванттаушысынан, 2 кодтар түрлендіргішінен және 3 есептеуші құрылғысынан тұрады.

Кванттаушы деңгей бойынша өлшенетін U_x кернеуін кванттауды, яғни оның мәнін N_x цифрлық кодымен беруді және уақыт бойынша дискреттеуді, яғни тең уақыт аралықтары арқылы өлшеуді жүзеге асырады.

Кодтар түрлендіргіш N_x цифрлық кодын ол арқылы цифрлық есептеуші құрылғыны басқару жүзеге асырылатын N'_x цифрлық кодына, ал кей жағдайда басқа цифрлық құрылғылармен дерек алмасу үшін N''_x цифрлық кодына түрлендіреді.

Кванттаушының болуы тұрақты кернеудің цифрлық вольтметрінің қағидалық ерекшелігі болып табылады. Кванттаушы



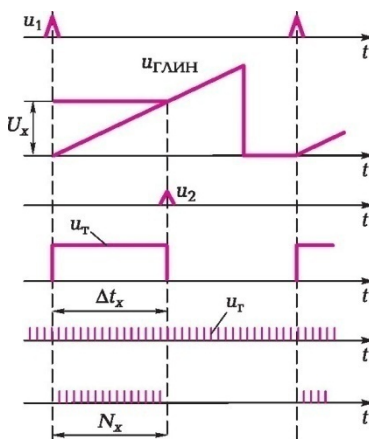
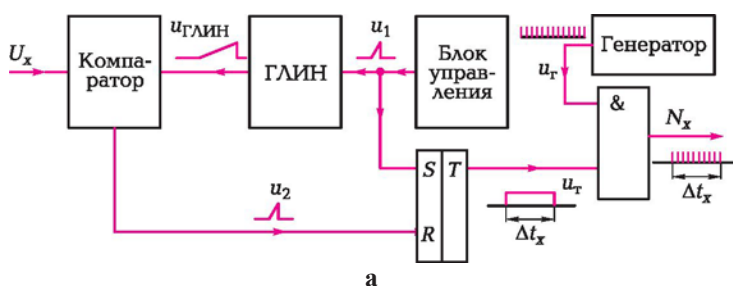
18.6-сурет

өлшенетін кернеудің белгілі бір уақыт аралығындағы лездік (уақыт-импульсті және код-импульсті) және орташа мәндерін (жиіліктік-импульсті және қос тактілі интегралданатын) кванттаушы болып бөлінеді. Орташа мән кванттаушылары *интегралдаушы* деп аталады. Олар егер өлшенетін кернеуді орташалау уақытының аралығында олардың периодтарының бүтін саны бар болса, кернеудің синусоидалық гармоникалары түріндегі бөгеуілдерге аз сезімтал болады.

Уақыт-импульсті кванттаушы негізіндегі вольтметрдің жұмысымен танысумен шектелеміз.

Уақыт-импульсті кванттаушының әрекет ету принципін құрылымдық схемасы және блоктарының жұмысының бір периодының біріккен уақытша диаграммасы көрсетеді (18.7-сурет, а және б)

Кванттаушы блоктарының бірлескен жұмысы басқару блогын,



ГЛИН – СӨКГ; Блок управления – басқару блогы;
18.7-сурет

мысалы шығысында T қайталау периодымен u_1 кернеуінің оң импульстары құрылатын мультивибраторды (16.5-бөл. қараңыз) синхрондайды – *уақыт бойынша дискреттеу*. Бұл кернеу импульстары сызықтық өзгеретін кернеу генераторын (СӨКГ) қосады да, оның шығысындағы RS-триггерді 1-күйге орнатады (кернеу: $u_t > 0$). СӨКГ шығысындағы сызықтық өсетін $u_{\text{СӨКГ}} = St$ кернеуі компаратордың кірісіне беріледі де (16.2-бөлімшені қараңыз), өлшенетін тұрақты U_x кернеуімен салыстырылады.

СӨКГ-ң іске қосылуы басталғаннан бастап Δt_x уақыт аралығынан кейін оның шығысындағы кернеу өлшенетін кернеуге тең болады, яғни $U_x = S\Delta t_x$, мұндағы S — *түрлену тіктігі*. Осы уақыт моментінде компаратор шығысында u_2 кернеуінің оң импульсі қалыптасады, ол оның шығысындағы RS-триггерді 0-күйге орнатады, сондай-ақ жоғары f жиілікті (1,5 МГц дейін) u_t кернеуі импульстарының автономды генераторының шығысы мен кванттаушы шығысының арасындағы байланыс ЖӘНЕ логикалық элементі арқылы тоқтайды. Осылайша, уақыт-импульсті кванттаушыда өлшенетін кернеудің мәні әуелі $\Delta t_x = U_x/S$ уақыт аралығының пропорционал мәніне түрленеді, ол одан кейін импульстардың пропорционал санына түрленеді – *деңгей бойынша кванттау*:

$$N_x = \Delta t_x f = f U_x / S.$$

f жиілігі жоғары, ал S түрлену тіктігі төмен болғандықтан, өлшенетін U_x кернеуінің тіпті төмен мәндеріне де N_x импульстарының көп саны сәйкес келеді, бұл жоғары сезімталдық мен өлшеу дәлдігін қамтамасыз етеді.

Цифрлық электрондық вольтметрдің негізгі артықшылықтары – жоғары сезімталдық және кіріс кедергісі жоғары (10^{10} Ом дейін) жағдайда дәлдік класы, көрсетімдерді цифрлық есептеудің объективтілігі, өлшеу нәтижелерін өңдеу үшін басқа цифрлық құрылғылармен түйіндесу мүмкіндігі.

Негізгі кемшілігі – цифрлық есептеуші құрылғыны ұзақ уақыт бақылап отырған кезде операторды шаршатып жібереді.

18.4. ЭЛЕКТРОНДЫҚ ОСЦИЛЛОГРАФ

Тез өтетін процестерді тіркеу үшін, сондай-ақ электр тізбектері элементтерінің (мысалы, ферромагниттік өзекше гистерезисінің ілмектері (3.12-суретті қараңыз)) жиілігі мен динамикалық сипаттамаларын өлшеу үшін электрондық-сәулелік осциллограф қызмет етеді. Осциллографтар міндеті мен әрекет ету принципі бо-

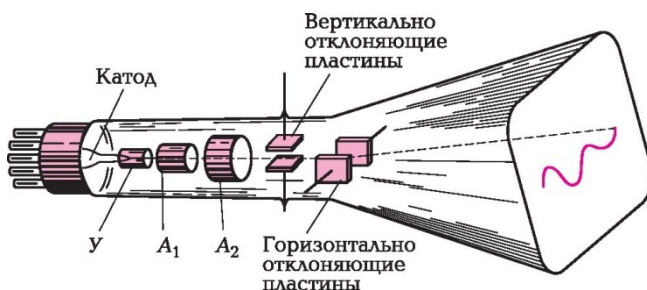
йынша үздіксіз әрекет ететін, жадтайтын және цифрлық осциллографтар болып бөлінеді.

Үздіксіз әрекет ететін осциллограф. Осциллографтың маңызды бөлігі электрондық-сәулелік түтік (18.8-сурет) болып табылады, ол электрондық прожектордан, ауытқытушы жүйеден және экраннан тұрады. Прожектор жіңішке электрондық сәуле тудырады және қыздыратын катодтан, басқарушы U электроды мен екі A_1 және A_2 анодтарынан тұрады.

Электрондарды тездету үшін қажетті электрондық өріс сәуле осынен қатты ауытқыған электрондарды кідіртетін бір немесе бірнеше диафрагмалы толық цилиндрлер болып есептелетін A_1 және A_2 анодтарының жоғары оң потенциалдарымен қамтамасыз етіледі. Бірінші A_1 аноды мен катодтың арасындағы кернеу 500-6000 В-ға тең екінші A_2 аноды мен катодтың арасындағы кернеудің оннан бірінен бастап үштен біріне дейін болады. Басқарушы U электроды катодқа қатысты теріс потенциалдан тұрады және ол сәулелін фокустау, сондай-ақ қажет болған жағдайда оны жабу үшін қызмет етеді.

Электрондық сәулелерді көлденең және тік бағыттарда ауытқыту үшін ауытқытушы тілімдердің екі жұбы қызмет етеді. Өлшенетін жүйелі кернеу тік ауытқытушы тілімге беріледі, оның салдарынан сәулелің тік бағытта (ордината осы бойынша) ауытқуы жүзеге асады. Көлденең ауытқытушы тілімдер өлшенетін кернеуді уақыт бойынша (абсцисса осы бойынша) жаймалау үшін қажет. Көп жағдайда бұл тілімдерге СӨКГ сызықтық өзгеретін кернеу генераторының (16.5-бөлімшені қараңыз) кернеуі жүйелі түрде беріледі.

Экран люминофор қабатымен жабылады, онда қозғалмалы электрондық сәулелің әсерімен өлшенетін кернеудің уақытқа тәуелділігінің жарқыраған ізі пайда болады.



18.8-сурет: Вертикально отклоняющие пластины – тік ауытқытушы тілімдер;
Горизонтально отклоняющие пластины – көлденең ауытқытушы тілімдер

Осциллографтың құрылымдық схемасы (18.9-сурет) блоктар мен кілттерден тұрады, олардың көмегімен осциллограф жұмысының әртүрлі режимдерін алады.

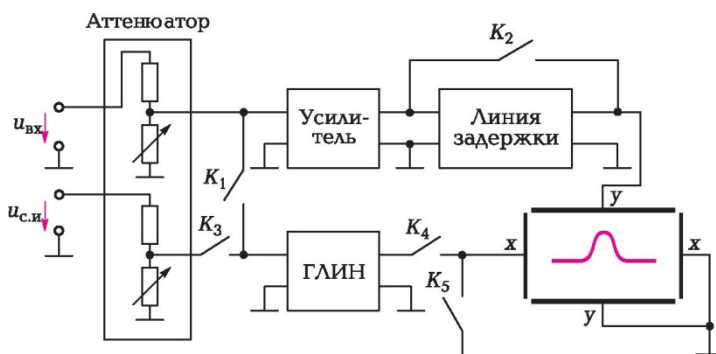
Осциллографтың мынадай жұмыс режимдері бар: ішкі синхрондалатын, сыртқы синхрондалатын, автоматты және арнайы жаймалы.

Ішкі синхрондалатын режимде K_1 , K_4 кілттері жабық болады және $u_{\text{кр}}$ кіріс сигналының кернеуі аттенюатор арқылы, яғни калибренген кернеу бөлгіші арқылы, күшейткіш пен СӨКГ шығыстарына беріледі де, соңғысын жұмысқа қосады. Кернеу СӨКГ шығысынан осциллографтың көлденең ауытқытушы x — x тілімдеріне беріледі, ал экрандағы электрондық сәуленің ізі көлденең бағытта қозғала бастайды. Тік ауытқытушы y — y тіліміне күшейткеннен кейін түсетін кіріс сигналы экранның ортасында орналасуы үшін, оны кідіру сызығының көмегімен біраз Δt уақытына кідірту қажет (18.10-сурет, а).

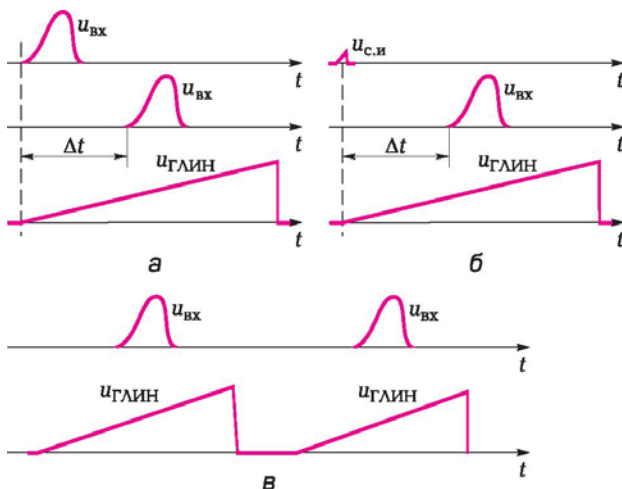
Ішкі синхрондалатын режимнің кемшілігі – кідіру сызығының кіріс сигналы бұрмалануы мүмкін.

Сыртқы синхрондалатын режимде K_2 – K_4 кілттері жабық болады және СӨКГ-ні іске қосу $u_{\text{кр}}$ кіріс сигналының алдында Δt моментінде болатын арнайы $u_{\text{с.и.}}$ синхрондау импульсымен жүзеге асырылады (18.10-сурет, б). Бұл жағдайда кідіру сызығы қажет емес және кіріс сигналы толығырақ естілуі мүмкін.

Автоматты режимде K_2 , K_4 кілттері жабық болады және СӨКГ шығысында f_t жиілікті ара тәрізді кернеу түзіледі. Егер f_t жиілігі осциллограф кірісіндегі жүйелі кернеудің f жиілігімен сәйкес келсе



18.9-сурет: Усилитель – күшейткіш; Линия задержки – кідіру сызығы; ГЛИН - СӨКГ



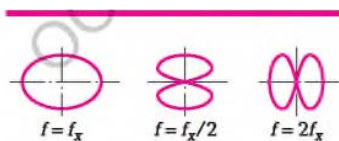
18.10-сурет

немесе оған еселі болса, онда осциллограф экранында жылжымайтын кескін байқалады (18.10-сурет, в).

Арнайы жаймалы режимде K_2 , K_5 кілттері жабық болады және осциллографтың көлденең ауытқытушы тілімдеріне қандай да бір арнайы жүйелі u_x кернеуі беріледі. Сондықтан осциллографтың көмегімен біраз арнайы өлшеулер жүргізуге болады. Мысалы, егер x — x тілімдеріндегі кернеу синусоидалық болса $u_x = U_{\text{mx}} \sin 2\pi f_x t$, онда кіріс кернеуінің f жиілігін өлшеуге болады, бұл ретте кіріс кернеуі де ол синусоидалық болып, жиілігі f_x жиілігіне еселі болуы тиіс. f/f_x жиіліктері қатынасының еселігіне байланысты осциллограф экранында әртүрлі фигуралар байқалады (18.11-сурет).

Осциллографтың сезімталдығы деп экрандағы миллиметр бойынша жарық дағының вольт бойынша кіріс кернеуінің мәніне қатынасын айтады. Түтіктің күшейткішсіз сезімталдығы салыстырмалы түрде төмен: 0,5 —1 мм/В. Алайда күшейткішті қолдану осциллографтың сезімталдығын 1 мм/мВ дейін арттырады.

Жадтаушы түтікті осциллограф. Жадтаушы түтікті осциллографта зерттелетін сигналды жазуға және естіртуге арналған екі электрондық прожектор пайдаланылады. Жазу кезінде электрондық сәулелер өз қозғалысының ізі бойынша экранда электр зарядтарын қалдырып,



18.11-сурет

зерттелетін сигналдың көзге көрінбейтін кескінін тудырады.

Естіртуші прожектор оператордың сұратуы бойынша көрінбейтін кескінді жарқырақ кескінге түрлендіреді. Жазылған сигнал жол-жолмен түрленіп, жарқырақ нүктелердің жиынтығымен берілуі мүмкін, ал оның координаталары цифрлық өңдеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Жадтаушы осциллографтардың негізгі қолданылу саласы – тез өтетін бір реттік процестерді зерттеу.

Цифрлық осциллограф. Цифрлық осциллографта уақыт бойынша үздіксіз зерттелетін сигнал цифрлық эквивалентте сигнал мен уақыттың сәйкес мәндері бар нүктелердің реттілігімен бірнеше ондаған мегагерцке дейінгі тактілік жиіліктегі аналогты-цифрлық түрлендіру негізінде (17.6-бөлімшені қараңыз) беріледі. Цифрлық эквиваленттер жедел жадтау құрылғысының ұяшықтарында орналасады және аппараттық өңдеу мен цифрлық өңдеу үшін пайдаланылады.

Кескінді визуалдау үшін әртүрлі электрондық-сәулелік түтіктер және аз габаритті басқарылатын жарық элементтерінің саны көп матрицалық индикаторлы панельдер қолданылады. Координаталары зерттелетін сигнал нүктелерінің реттілік координаталарына сәйкес келетін жарық элементтерін жүйелі қоздыру оның көзге көрінетін кескінін береді.

Цифрлық осциллографтардың негізгі артықшылықтары – күшейткіштерді және үздіксіз сигналдарды өңдейтін басқа да құрылғыларды алып тастау салдарынан жоғары өлшеу дәлдігі, ұзақ уақыт сақтау, жедел естірту және ЖК-мен ұштасу негізінде нәтижелерді математикалық өңдеу мүмкіндігі.

Негізгі кемшілігі – аналогты-цифрлық түрлендірудің шектеулі тактілік жиілігінің салдарынан жиіліктердің шектеулі жолағы.

Уақыт бойынша баяу өзгертін шамалардың (10 Гц дейінгі жиілікті) мәндерін тіркеу үшін электрмеханикалық өзіжазғыш аспаптар қолданылады. Тіркелетін шаманың ағымдағы мәнін жазу «өлшенетін шама – уақыт» координаталарында жылжымалы қағаз таспада жүргізіледі. Өлшенетін шаманың мәні өлшенетін механизмнің жылжымалы бөлігінің, мысалы магниттік-электрлік бөлігінің күйімен айқындалады.

Ақпаратты цифрлық және әріптік нысандарда тіркеу үшін алфавиттік-цифрлық баспа құрылғылары, магнитофондар және дисплейлер қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Бағдарламаланатын басқарушы цифрлық құрылғылардың аппараттық құралдарының құрамына қандай негізгі цифрлық құрылғылар кіреді?
2. Арифметикалық-логикалық құрылғылардың негізгі функцияларын атаңыз.
3. Микропроцессор қандай негізгі құрылғылардан тұрады?
4. Микропроцессорлық жүйе қандай негізгі бөліктерден құралады?
5. Микропроцессорлық жүйеде адресстер, деректер және басқару магистралы қандай функцияларды атқарады?
6. Электрондық цифрлық вольтметрдің құрылымдық схемасы қандай бөліктерден тұрады?