

Sərbəst iş №1

Elektron qurğuların təsnifatı. Elektronikanın inkişaf mərhələləri, siqnallar və onların təsnifatı

Elektron qurğuları (elektron sxemləri) funksional təyinatlarına görə (yerinə yetirdiyi funksiyaların xarakterinə görə, idarəetmə siqnallarının formalaşdırılması və ötürülməsi üsulundan asılı olaraq) iki sinifə - analoq və diskret elektron qurğularına (elektron sxemlərinə) bölünür.

Analoq elektron qurğularından kəsilməz (analoq) funksiya qanunu ilə dəyişən elektrik siqnallarının qəbulu, çevirilməsi və ötürülməsi üçün istifadə olunur. Analox qurğularında siqnal fasiləsiz olaraq təsir göstərir. Analox elektron qurğuları sadəliyi və cəldliyi ilə fərqlənir, lakin küyəqarşı davamlığı azdır və xarici destabilləşdirici faktorların (məsələn, temperatur, nəmlik, zaman və b.) təsiri zamanı parametrləri stabil olmur.

Analoq sxemlərinin əsasını sadə gücləndirici kaskad təşkil edir. Sadə gücləndirici kaskadlar əsasında daha mürəkkəb (çoxkaskadlı) gücləndiricilər, cərəyan və gərginlik stabilizatorları, tezlik çeviriciləri (modulyator və dedektorlar), sinusoidal rəqs generatorları, komutatorlar, komparatorlar və bir sıra başqa sxemlər qurulur.

Diskret elektron qurğularından isə diskret qanun ilə dəyişən elektrik siqnallarının qəbulu, çevirilməsi və ötürülməsi üçün istifadə olunur. Hal-hazırda diskret elektron qurğularından geniş istifadə olunur: belə ki, bu qurğular küyəqarşı yüksək davamlığı ilə fərqlənir, enerji sərfi kiçik olur və ucuz başa gəlir, həmçinin itki olmadan informasiyanı uzun müddət saxlamaq imkanına malikdir və element bazasının hazırlanma texnologiyası İMS-lərin hazırlanma texnologiyasına tam uyğundur.

Qeyd edək ki, diskret elektron qurğuları isə öz növbəsində impuls və rəqəm qurğularına bölünür.

İmpuls elektron qurğuları ardıcıl impuls siqnalları formalaşdırır. Analox informasiyasının impulslar ardıcılığına çevirilməsi prosesi impuls modulyasiyası adlanır. Praktikada amplitud, eninə- impuls və faza impuls modulyasiyasından geniş istifadə olunur.

Rəqəm elektron qurğuları impuls (diskret) rejimdə işləyən qurğulardır. Bu rejimdə işləyən qurğularda siqnal fasilələrlə, qısa müddət ərzində təsir göstərir. İmpuls elektrik dövrəsində elə həyəcanlanmadır ki, o, növbəti həyəcanlanma baş verənə qədər tam sönmüş olsun.

Rəqəmli elektron qurğularında siqnalın kodlaşdırılması baş verir, yəni siqnal eyni tip müəyyən impulslar ardıcılığına çevirilir.

Rəqəm sxemlərinin əsasını iki dayanıqlı halı olan (açıq və bağlı halları olan) sadə tranzistor açarı

təşkil edir. Sadə açarlar əsasında daha mürəkkəb sxemlər qurulur: məntiq elementləri, triggerlər, registrlər, sayğaclar, deşifratorlar, şifratorlar, multipleksorlar, demultipleksorlar, cəmləyicilər və s.

Məntiq sxemlərindən hesablama maşınlarında, avtomatika sistemlərində, informasiyanı diskret

təhlil edən qurğularda və s. istifadə olunur.

Hazırda rəqəm qurğuları hesablama texnikasında, kompüterlərdə, radiolokasiyada, televiziya texnikasında, avtomatikada, sənaye elektronikasında və s. geniş yayılmışdır. Müasir böyük sürətli rəqəm hesablama maşınların əsasını da impuls rejimi təşkil edir. Rəqəm texnikası, son zamanlar, radioelektronikanın bir çox sahələrinə nüfuz edir. Bu, hər şeydən əvvəl, onunla izah olunur ki, rəqəm texnikası elementlərinin etibarlılığı çox böyükdür və bunlar iqtisadi cəhətdən əlverişlidir.

Bəzi hallarda elektron qurğuları həm analoq, həm də rəqəm informasiyasına malik olur. Belə qurğular kombinasiyalı elektron qurğuları adlanır.

Qeyd edək ki, rəqəm elektron qurğuları ardıcıl və kombinasiyalı elektron qurğularına bölünür.

Ardıcıl elektron qurğularında çıxış siqnalları nəinki giriş siqnallarının cari andakı kombinasiyası ilə, hətta giriş siqnallarının əvvəlki vəziyyəti ilə müəyyən olunur.

Kombinasiyalı elektron qurğularında çıxış siqnalları cari zaman anında ancaq giriş siqnallarının kombinasiyası ilə müəyyən olunur

Analoq elektron qurğularına aiddir: elektron gücləndiriciləri, əməliyyat gücləndiriciləri, komutatorlar, komparatorlar, gərginlik stabilizatorları və b.

İmpuls elektron qurğularına aiddir: multivibratorlar, təkvibratorlar, blokinq-generatorları, funksional çeviricilər, mişarvari gərginlik generatorları, taymerlər və s.

Rəqəm elektron qurğularına aiddir: məntiq elementləri, triggerlər, registrlər, sayğaclar, deşifrator, şifratorlar, multipleksorlar, demultipleksorlar, cəmləyicilər və b.

Kombinasiyalı elektron qurğularına aiddir: analoq-rəqəm çeviriciləri və rəqəm – analoq çeviriciləri.

Siqnal dedikdə - zamana görə dəyişən istənilən fiziki kəmiyyət (məsələn, temperatur, havanın təzyiqi, işığın intensivliyi, cərəyan şiddəti və s.) başa düşülür.

Elektrik siqnalı dedikdə - zamana görə dəyişən elektrik kəmiyyəti (cərəyan şiddəti, gərginlik, güc) başa düşülür.

Analoq siqnalı- müəyyən intervalda istənilən qiymət ala bilən siqnaldır (məsələn, gərginlik səlis olaraq sıfırdan onlarla volta qədər dəyişə bilər). Analoq siqnalı ilə işləyən qurğular analoq qurğuları adlanır.

Rəqəmli siqnal - bu ancaq iki qiymət ala bilən siqnaldır. Məsələn, məntiq sxemlərində gərginlik iki qiymət ala bilər: 0 - dan 0,5 V-a qədər (sıfır səviyyəsi) yaxud 2.5 V-dan 5 V-a qədər (vahid səviyyəsi). Rəqəmli siqnallarla işləyən qurğular rəqəm qurğuları adlanır.

Qeyd edək ki, təbiətdə praktiki olaraq bütün siqnallar analoq siqnallarıdır və onlar müəyyən intervalda kəsilməz dəyişirlər. Buna görə də ilk elektron qurğuları analoq qurğuları olmuşdur. Bu qurğular fiziki kəmiyyətləri mütənasib olaraq gərginliyə yaxud cərəyana çevirirlər, onlar üzərində hər-hansı əməliyyatı apardıqdan sonra, yenidən əksinə fiziki kəmiyyətlərə çevirir. Məsələn, insan səsi (havanın rəqsi) mikrofonun köməyi ilə elektrik gərginliyinə çevirilir, sonra isə bu elektrik siqnalları elektron gücləndiricisi ilə gücləndirilir və akustik sistemin köməyi ilə yenidən güclənmiş insan səsinə çevirilir.

Elektron qurğularının siqnallar üzərində apardığı əməliyyatları 3 böyük qruppa ayırmaq olar:

- siqnalların emalı (yaxud çevirilməsi)
- siqnalların ötürülməsi
- siqnalların saxlanması.

Bütün hallarda faydalı siqnallar parazit siqnallarla təhrif olunur- şumami, pomexami, navodkami. Bundan başqa, siqnalların emalı zamanı (məsələn, güclənmə, filtrasiya zamanı və s.) onların forması yenə də təhrif olunur (qurğunun mükəmməl olmaması, qeyri ideallığı hesabına). Siqnalların uzaq məsafələrə ötürülməsi və saxlanması zamanı da siqnal zəifləyir.

Analoq siqnalından istifadə olunduqda bunlar faydalı siqnalı pisləşdirir. Buna görə, siqnalın hər çevirilməsinin zamanı, hər aralıq saxlanması zamanı, kabel ilə yaxud efir vasitəsi ilə ötürülməsi zamanı analoq siqnalını pisləşdirir və bəzən də tamamilə onun yox olmasına gətirir. Bundan başqa zaman keçdikcə elementlərin köhnəlməsi nəticəsində bütün analoq qurğularının parametrləri dəyişir, nəticədə analoq qurğularının parametr və xarakteristikaları zamana görə stabil qalmır.

Yol veriləndən kiçik kənara çıxmalar rəqəm siqnalını heç cür təhrif etmir. Buna görə də analoq siqnallarına nisbətən rəqəmli siqnallar daha mürəkkəb və çoxpilləli emala, itkisiz daha uzun müddət saxlanılmasına və daha keyfiyyətli ötürülməsinə imkan verir. Rəqəm qurğularının parametrlərinin cüzi dəyişməsi onun funksiyasına təsir göstərmir. Rəqəm qurğularının layihələndirilməsi asandır. Bütün bu üstünlüklər rəqəmli elektronikanın sürətli inkişafına gətirdi.

Lakin, rəqəmli qurğuların ciddi çatışmayan cəhəti də var. Belə ki, analoq siqnalı istənilən zaman anında (kəsilməz zaman anında) müəyyən olunur, rəqəmli siqnal isə diskret zaman anında (zamanın verilmiş anlarında) mövcud olur. Buna görə də analoq sxemlərinin maksimal əldə olunan cəldliyi rəqəm sxemlərinin cəldliyindən həmişə böyük olur. Analoq qurğuları daha tez dəyişən siqnallarla işləyə bilər, nəinki, rəqəm qurğuları. Analoq qurğuları ilə informasiyanın emalı və ötürülməsi sürəti rəqəm qurğuları ilə müqayisədə daha böyük olur.

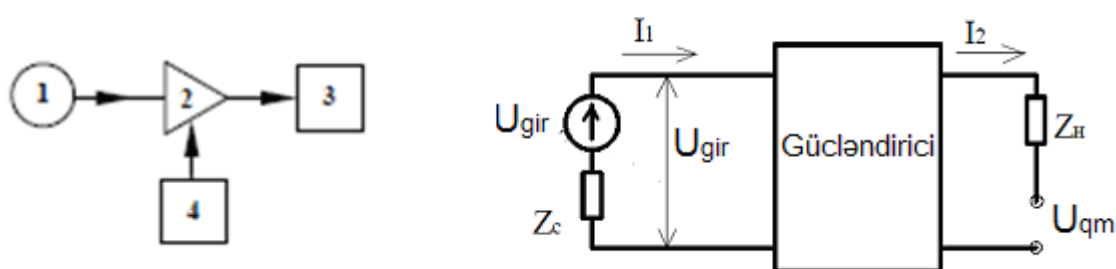
Bundan başqa, rəqəmli siqnal informasiyanı 2 səviyyə ilə və bir səviyyənin digər səviyyə ilə əvəz olunması ilə ötürür, analoq siqnalı isə informasiyanı öz səviyyəsinin hər bir qiymətində ötürür. Buna görə də, bir analoq siqnalında olan müəyyən (həmin) tutumlu faydalı informasiyanı ötürmək üçün bir neçə rəqəmli siqnaldan istifadə etmək lazım gəlir (adətən 4-dən 16- ya qədər). Bundan başqa, qeyd olunduğu kimi təbiətdəki bütün siqnallar analoq siqnallardır.

Sərbəst iş №2

Gücləndiricilərin əsas xarakteristikaları və parametrləri.

Gücləndiricilərdə mənfi əks-əlaqə

Elektrovakuum və ya yarımkəçirici cihazların köməyi ilə sabit cərəyan mənbəyinin enerjisi hesabına girişdəki elektrik siqnallarının çıxışda - cərəyana, gərginliyə yaxud gücə görə güclənməsini həyata keçirən qurğulara elektron gücləndiriciləri deyilir. Başqa sözlə gücləndirici onun girişinə verilən elektrik siqnallarının çıxışda səviyyəsini artıran elektron qurğusudur. Gücləndiricilərin struktur sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Gücləndiricinin struktur sxemi:

1-giriş (siqnal mənbəyi), 2-gücləndirici elektron cihazı, 3-gücləndiricinin yükü, 4-enerji mənbəyi.

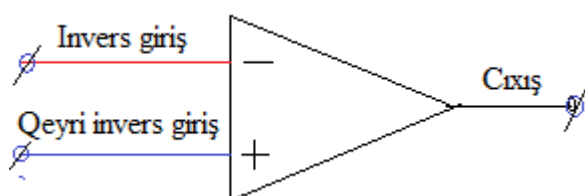
Sxemdə 1-siqnal mənbəyindən 2-elektron cihazının girişinə elektrik siqnalı verilir. Gücləndiricinin çıxışına qoşulmuş 3-yük müqavimətində, müəyyən şərtlər daxilində, 4-sabit enerji mənbəyi hesabına gücləndirilmiş siqnallar alınır (şəkil 1,a).

Gücləndirici - girişə verilən elektrik siqnalı ilə (U_{gir}) idarə olunan qeyri xətti elementdən, qida mənbəyindən, Z_n müqavimətli yük qurğusundan ibarətdir (şəkil 1,b).

Qeyri xətti element kimi elektrovakuum cihazlarından, tranzistorlardan və başqa elementlərdən istifadə olunur.

Gücləndirici adətən iki girişə və bir çıxışa malik olur. Girişlərdən biri düz, digəri isə invers giriş adlanır (şəkil 3).

Invers giriş çıxışda giriş siqnalın fazasını qədər dəyişdirir, düz giriş isə çıxışda giriş siqnalın fazasını dəyişdirmir. Çıxışda və düz girişdə siqnal eyni işarəli olur. Çıxışda və invers girişdə isə siqnal əks işarəli olur. Invers girişi sxemlərdə «-» və ya «o», düz giriş isə (+) ilə işarə olunur.



Şəkil 3. Gücləndiricinin şərti qrafik işarəsi.

Elektron gücləndiricilərini bir neçə əlamətlərinə görə təsnifata ayırmaq olar:

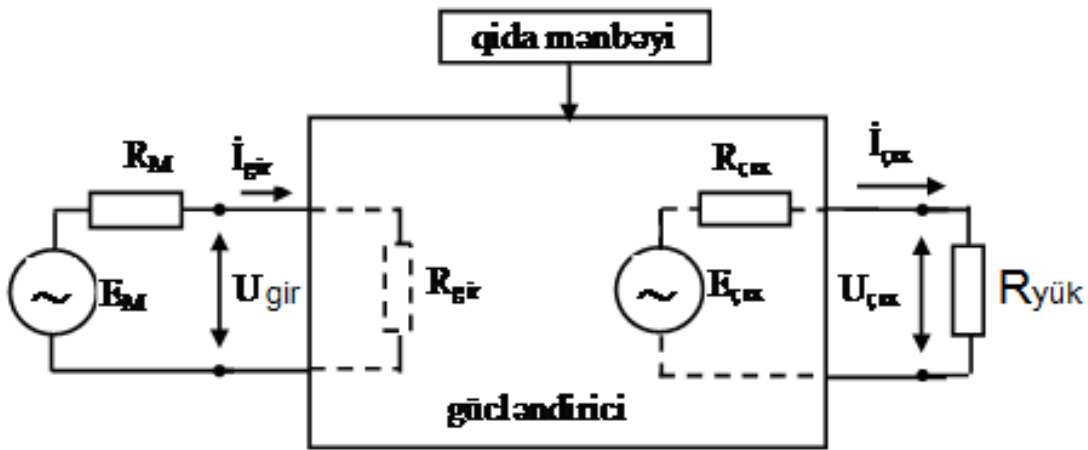
1. İş rejiminə görə gücləndiricilər iki sinfə – xətti və qeyri-xətti rejimli gücləndiricilərə bölünür. Xətti rejimli gücləndiricilərdə çıxış siqnalı giriş siqnalının xətti funksiyası olur, həm də çıxış siqnalı formaca giriş siqnalına uyğun olur. Qeyri-xətti rejimli gücləndiricilər giriş siqnallarının ani qiymətlərini çıxışa mütənasib ötürə bilmir. Bu tip gücləndiricilərdə əvvəlcə giriş siqnalının artması ilə çıxış siqnalı artır, giriş siqnalının müəyyən qiymətindən sonra giriş siqnalının artması ilə çıxış siqnalının qiyməti dəyişmir.
2. Funksional vəzifələrinə görə (təyinatına görə) gücləndiricilər cərəyan, gərginlik və güc gücləndiricilərinə bölünür.

Cərəyan gücləndiriciləri çıxış dövrəsində cərəyanın tələb olunan qiymətini təmin edir. Gərginlik gücləndiriciləri yük müqavimətində çıxış gərginliyinin tələb olunan qiymətini təmin edir.

Güc gücləndiriciləri yük müqavimətində gücün tələb olunan qiymətini təmin edir. Bunun üçün uyğun olaraq aşağıdakı şərtlər ödənilməlidir:

1. Cərəyan gücləndiricilərində: $R_m \gg R_{gir}$ və $R_{çix} \gg R_y$
2. Gərginlik gücləndiricilərində: $R_m \ll R_{gir}$ və $R_{çix} \ll R_y$
3. Güc gücləndiricilərində: $R_m \approx R_{gir}$ və $R_{çix} \approx R_y$

Burada R_m - siqnal mənbəyinin daxili müqaviməti, R_{gir} - gücləndiricinin giriş müqaviməti, $R_{çix}$ - gücləndiricinin çıxış müqaviməti, R_y - yük müqavimətidir.



Gücləndiricinin struktur sxemi

3. Gücləndirilən siqnalın növünə görə gücləndiricilər harmonik və impuls siqnal gücləndiricilərinə bölünür. Harmonik siqnallar gücləndirilən zaman onların tezlik spektri və harmonik toplananların amplitudlarının nisbəti dəyişmir. Impuls gücləndiricilərində siqnalların formasına müəyyən təhriflər verilir.
4. Gücləndirici elementlərin növlərinə görə- gücləndiricilər lampalı, tranzistorlu, integral mikrosxemli, tunel diodlu, parametrik diodlu və s. gücləndiricilərə bölünür.

5. Yükün növünə görə gücləndiricilər aktiv, aktiv-induktiv və tutum yüklü (yük müqavimətinin xarakterinə görə - rezistorlu, transformatorlu, rezonans və s.) gücləndiricilərə bölünür.
6. Çoxkaskadlı gücləndiricilərdə kaskadlar arasında əlaqənin növlərinə görə gücləndiricilər - RC (resistor- tutum), transformator, qalvanik, induktiv-tutum və s. əlaqəli gücləndiricilərə bölünür. Qeyd ədək ki, gücləndiricilər bir kaskadlı və çox kaskadlı ola bilər.
7. Gücləndirilən siqnalın zamandan asılılığına görə gücləndiricilər sabit və dəyişən cərəyan gücləndiricilərinə bölünür.
8. Gücləndirilən siqnalın işçi tezlik diapazonuna görə elektron gücləndiriciləri aşağı (alçaq) tezlikli, yüksək tezlikli, sabit cərəyan, impuls, seçici yaxud rezonans gücləndiricilərinə bölünür. Aşağı tezlik gücləndiricilərində gücləndirilən siqnalın tezlik diapazonu 10Hz-dən 100 kHz-ə qədər olur. Yüksək tezlik gücləndiricilərində gücləndirilən siqnalın tezlik diapazonu 100 kHz-dən 100 MHz-ə qədər olur. Sabit cərəyan gücləndiriciləri sabit cərəyanı da gücləndirə bilər. Cücləndirilən siqnalın tezlik diapazonu 0 kHz-dən 100 kHz-ə qədər olur. İmpuls gücləndiricilərinə - enlizolalı impuls və videosiqnal gücləndiriciləri aiddir. Cücləndirilən siqnalın tezlik diapazonu 1 kHz-dən 100 kHz-ə qədər olur. Seçici yaxud rezonans gücləndiriciləri dar tezlik diapazonunda işləyən gücləndiricilərdir. Gücləndirilən siqnalların tezliklər zolağının eninə görə dəyişən cərəyan gücləndiriciləri enlizolaqlı və darzolaqlı gücləndiricilərə bölünür. Enlizolaqlı gücləndiricilərə alçaqtezlikli gücləndiricilər, impuls və videosiqnal gücləndiriciləri daxildir ($\frac{f_{yix}}{faş} > 10^3$). Darzolaqlı gücləndiricilərə isə yüksəktezlikli gücləndiricilər, ifrat yüksəktezlikli gücləndiricilər və optik diapazonda işləyən kvant gücləndiricilərini və s aid etmək olar. Enlizolaqlı gücləndiricilərin yük müqaviməti rezonans xarakterli olmadığından bunlar bəzən a p e r i o d i k , darzolaqlı gücləndiricilərdə isə yük müqaviməti rezonansa gətirilə bilən rəqs konturları olduğundan rezonansgücləndiriciləri adlanır.

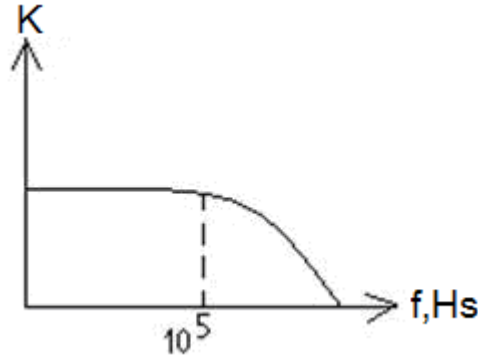
Sərbəst iş №3

Ümumi emmitterli gücləndirici kaskad. Ümumi kollektorlu gücləndirici kaskad

Sabit cərəyanı ($f=0$) və zamana görə çox yavaş dəyişən elektrik siqnallarını gücləndirən elektron qurğuları sabit cərəyan gücləndiriciləri (SCG) və ya yavaş dəyişən siqnal gücləndiriciləri adlanır. Sabit cərəyan gücləndiriciləri giriş siqnalının həm sabit, həm də dəyişən toplananını gücləndirə bilər. Buna görə də sabit cərəyan gücləndiricilərində kaskadlar bir-biri ilə ya birbaşa, ya da rezistor vasitəsi ilə əlaqələndirilməlidir. Kaskadlar arasındakı əlaqə zamanı reaktiv elementlərdən (induktivlik, kondensator və transformator) istifadə olunmamalıdır, belə ki bu elementlər siqnalın sabit toplananını buraxmırlar.

Alçaq tezliklər oblastında sabit cərəyan gücləndiricilərinin tezlik xarakteristikaları hamar olur. Lakin yüksək tezliklərdə gücləndirilən siqnallar parazit tutumların təsirləri nəticəsində tezlik və faza təhriflərinə məruz qaldığından gücləndirmə əmsalının qiyməti azalır və nəticədə tezlik xarakteristikaları qeyri- hamar olur (şəkil 1).

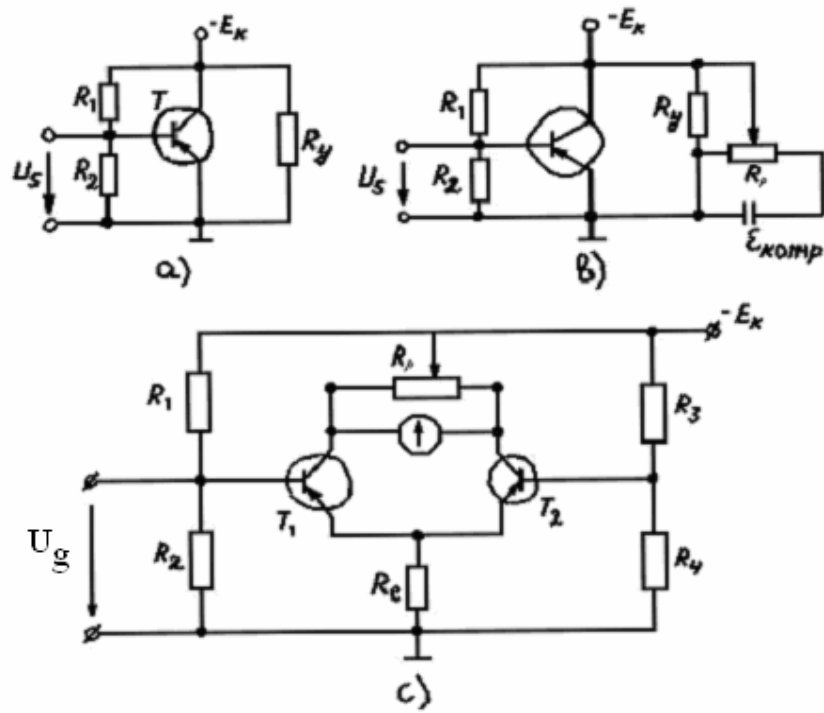
Şəkil 1- də Sabit cərəyan gücləndiricisinin tezlik xarakteristikası göstərilmişdir.



Adi sabit cərəyan gücləndiricilərinin əsas çatışmayan cəhəti gücləndiricinin (və ya sıfırın) dreyfidir. Sabit cərəyan gücləndiricilərində giriş siqnalının sabit qiymətində (xüsusi halda giriş siqnalı olmadıqda $U_{giriş}=0$) çıxış gərginliyinin zamana görə öz-özünə dəyişməsinə (çıkış siqnalının başlanğıc qiymətindən-sıfır səviyyəsindən kənara çıxmasına) gücləndiricinin (və ya sıfırın) dreyfi deyilir.

Bu dreyf çox kiçik amplitudlu yavaş dəyişən siqnalların gücləndirilməsini çətinləşdirir. Dreyf siqnalı faydalı siqnalla eyni tərtibdə ola bilər. Bu baxımdan sabit cərəyan gücləndiriciləri yaratdıqda dreyfin azaldılmasına çalışılır. Bu məqsədlə müxtəlif üsullardan, o cümlədən, kompensasiyalı balans sxemlərindən istifadə olunur.

Şəkil 2,a-də birkaskadlı sabit cərəyan gücləndiricisinin sxemi verilmişdir. Bu sxemdə tranzistorun iş rejimindən asılı olaraq yükə eyni zamanda həm cərəyanın sabit toplananı, həm də zamana görə yavaş dəyişən gücləndirilən faydalı siqnal keçir. Bu işə arzuolunmaz haldır.



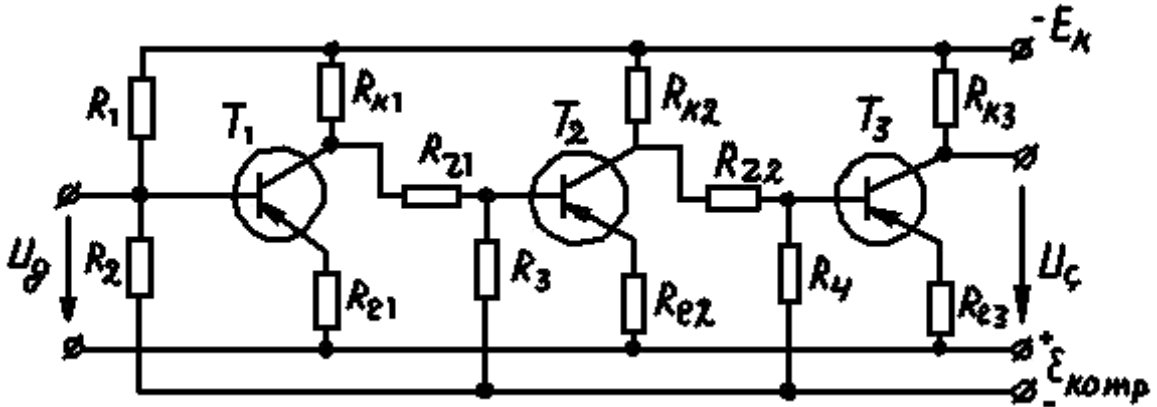
Bu onunla əlaqədardır ki, birincisi, qidalandırıcı mənbəyin e.h.q-si dəyişdikdə aktiv elementin (lampanın və ya tranzistorun) iş rejimi dəyişdiyindən yükə keçən cərəyan da dəyişir. Bu isə faktiki olaraq «yanlış» siqnalın meydana gəlməsi deməkdir. İkincisi, kiçik amplitudlu yavaş dəyişən siqnallar gücləndirilərkən yükə bunlara uyğun cərəyanın dəyişməsi onun sabit cərəyan toplananından kiçik olur.

Cərəyanın sabit toplananını faydalı siqnaldan ayırmaq üçün kompensasiya üsullarından istifadə olunur.

Şəkil 2, b-də göstərilən sxemdə belə kompensasiya batareyası vasitəsilə həyata keçirilir. Qida mənbəyi (e.h.q mənbəyi) sxemə elə qoşulur ki, onun yükə yaratdığı cərəyan aktiv elementin yaratdığı sabit cərəyanın əksinə yönəlmiş olsun. Sxemin girişinə siqnal verilməyən halda () bu cərəyanların qiymətlərini Rp potensiometrinin köməyi ilə bərabərləşdirməklə, yükə keçən ümumi cərəyanı sıfıra bərabər etmək olar. Sxemin girişinə siqnal verildikdə kompensasiya şərti pozulur və yükə yalnız faydalı siqnala uyğun cərəyan keçir. Praktiki sxemlərdə bu üsuldən geniş istifadə olunur. Lakin burada mənbəyin e.h.q. dəyişdikcə aktiv elementin rejiminin pozulması nəticəsində əmələ gələn yanlış siqnalın meydana gəlməsi qüsuru nəinki aradan götürülür, hətta ikinci bir mənbəyin də daxil edilməsi hesabına güclənir. Bu çətinliyi aradan qaldırmaq məqsədilə daha mükəmməl balans gətirilmiş kompensasiya sxemlərdən istifadə olunur. Belə sxemlərdən biri şəkil 2,c-də göstərilmişdir. Sxemdə eyni tip tranzistorlardan istifadə olunur. Belə ki, bu gücləndirici elementlər eyni bir mənbədən qidalandırıldıqda mənbəyin e.h.q.-nin, başqa sözlə, rejimin dəyişilməsi hər iki elementin dövrəsindəki cərəyanı eyni cür təsir edir və kompensasiya şərti saxlanılır. Rp ptensiometri vasitəsilə sxemin simmetrikliliyini daha dəqiq korreksiya etmək olar. Belə kompensasiya olunmuş çoxkaskadlı sabit cərəyan gücləndiricilərini hazırlamaq daha çətinidir. Aydın ki, bu məqsədlə kaskadlar arasında əlaqə yaratmaq üçün keçid kondensatorundan istifadə etmək olmaz, çünki olduqda $K_u = 0$ olar. Kaskadlar arasında rabitə ya bilavasitə, ya da rezistorlarla yaradılmalıdır. Şəkil 3-də üç kaskadlı rezistor əlaqəli belə sabit cərəyan gücləndiricisinin sxemi göstərilmişdir. Sxemdə əlaqə Rr1 və Rr2 rezistorları ilə yaradılmışdır. Belə sxemlərdə, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, qidalandırıcı mənbələrin e.h.q.-ləri dəyişdikdə çıxış siqnalının dəyişməsi, yəni yanlış

siqnalın əmələ gəlməsi baş verir. Bu qüsuru aradan qaldırmaq üçün birkaskadlı sabit cərəyan gücləndiricilərində olduğu kimi (şəkil 2, b) gücləndiricinin tərkibindəki bütün kaskadları balansla gətirmək lazımdır.

Son vaxtlar, sabit cərəyan gücləndiriciləri inteqral texnologiya ilə də hazırlanır. Bunlara misal olaraq dördkaskadlı K2US245 mikrosxemini göstərmək olar.



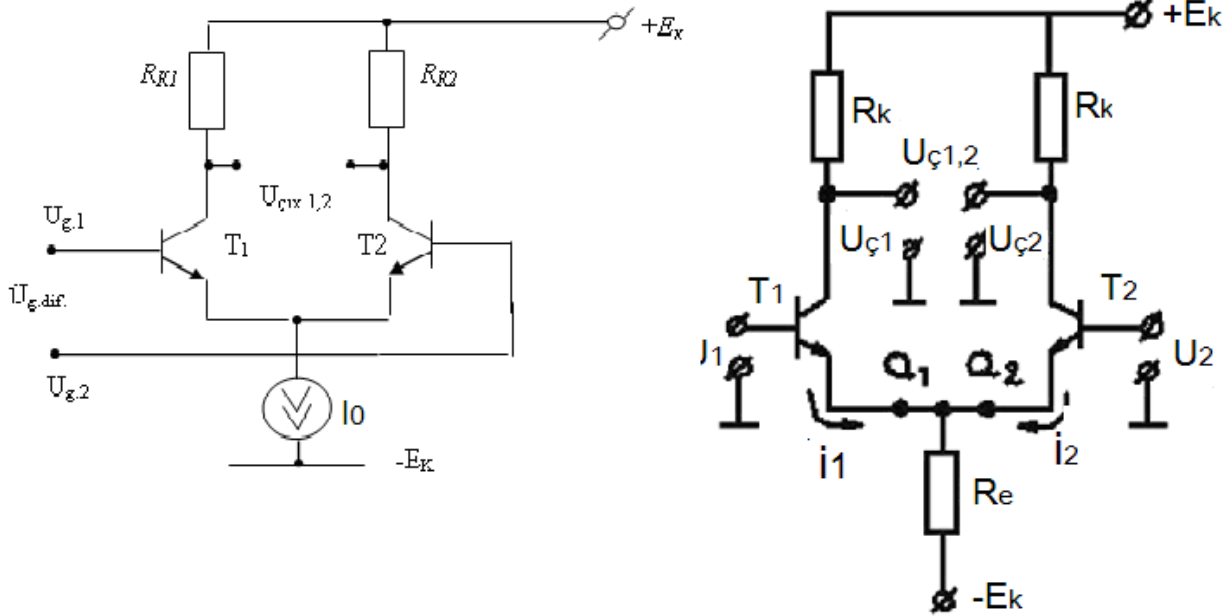
Şəkil 4-də dreyf gərginliyinin zamandan asılılığı göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, çıxış gərginliyi sanki iki toplanandan: müntəzəm artan gərginlikdən (qırıq xətlərlə çəkilmiş əyri) və qeyrimüntəzəm dəyişən gərginlikdən (bütöv xətlə çəkilmiş əyri) ibarətdir.

Birinci toplanan y a v a ş d r e y f adlanır və əsas etibarilə gücləndirici elementlərin xarakteristikalarının zamana görə dəyişməsi ilə əlaqədardır. İkinci toplanan isə s ü r ə t l i d r e y f adlanır və mənbələrin gərginliklərinin rəqsləri, mühitin temperaturunun dəyişməsi və başqa xarici amillərlə əlaqədardır.

Sərbəst iş №4

Sahə tranzistor əsasında gücləndirici kaskad. Bipolyar tranzistor əsasında emmitter təkrarlayıcısı.

İki gərginlik fərqi gücləndirən qurğuya diferensial gücləndirici deyilir. İlk diferensial gücləndirici bioloji tədqiqatlarda iki nöqtə arasındakı kiçik potensiallar fərqi ölçmək üçün yaradılmışdır. Hazırda diferensial gücləndiricilər inteqral sxem şəklində hazırlanır (məsələn, K1UT-22).



Bipolyar tranzistorlu diferensial gücləndiricinin sxemi şəkl.1-də göstərilmişdir. Bu gücləndiricinin 2 girişi və bir çıxışı var. Girişlərdən biri invers (inversləyici), digəri isə düz (qeyri-inversləyici) adlanır. Ümumi emitter dövrəsində I_0 cərəyan mənbəyi var. Hər 2 tranzistor aktiv rejimdə işləyir. I_0 cərəyan mənbəyi başlanğıc işçi nöqtənin stabilliyini təmin edir (

$$I_e^0, U_k^0).$$

Diferensial gücləndirici xarakteristikaları və kollektor yükləri bir-birinə bərabər olan eyni tip T1 və T2 tranzistorundan təşkil olunmuş iki simmetrik qoldan ibarət olur (şəkil 1).

Gücləndiricinin emitter dövrəsinə rezistoru qoşulmuşdur. T1 və T2 tranzistorlarının baza

potensiallarının fərqi giriş gərginliyi $U_{gir.dif.} = U_{g1} - U_{g2}$, kollektor potensiallarının fərqi

isə çıxış gərginliyi adlanır $U_{ç1,2} = U_{ç1} - U_{ç2}$.

İdeal diferensial gücləndiricidə iki gərginlik fərqi ibarət olan signalın gücləndirilmə əmsalı

$$K_{gir} = \frac{U_{ç1,2}}{U_{g1} - U_{g2}}$$

burada $U_{ç1,2}$ – gücləndiricinin simmetrik çıxışındakı gərginlik, U_{g1} və U_{g2} – uyğun olaraq birinci və ikinci girişə verilən gərginliklərdir.

1. Girişlərə siqnal verilmədikdə ($U_{g1} = U_{g2} = 0$) gücləndiricinin hər iki qolundan keçən kollektor cərəyanları və potensialları bir-birinə bərabərdir ($i_1 = i_2$) və çıxış gərginliyi $U_{\zeta 1,2} = 0$ ($U_{\zeta 1} = U_{\zeta 2}$ olduğundan) olur. Sxem simmetrik olduğundan onun hər iki qolundan keçən cərəyan eyni zamanda eyni qədər dəyişən bütün hallarda sxemin çıxışındakı gərginlik həmişə sıfıra bərabər qalır. Bu səbəbdən ideal diferensial gücləndiricinin qollarında gərginliyin dreyfi nisbətən böyük olduqda da, belə gücləndiricinin çıxışında gərginliyin dreyfi sıfır olur.

2. Sxemin hər iki girişinə eyni gərginlik verək $U_{g1} = U_{g2} = U_s$ (qiymətcə bərabər, işarəcə eyni). Belə siqnallar sinfaz siqnallar adlanır. Bu halda $U_{gir.sin.} = U_{gir.1} - U_{gir.2} = 0$ olur. Sinfaz siqnalların təsiri ilə gücləndiricinin qollarının simmetrik nöqtələrində gərginliklər və bunlara uyğun cərəyanlar eyni qədər dəyişir. Bu zaman sxemdəki hər iki tranzistorun kollektor potensialları da eyni qədər dəyişdiyindən onların fərqinə bərabər $U_{\zeta 1,2}$ çıxış gərginliyi sıfıra bərabər olur. Deməli, diferensial gücləndiricinin girişlərinə verilən sinfaz siqnallar onun çıxış gərginliyinə təsir göstərmir.

3. İndi isə diferensial gücləndiricinin girişlərinə antisimmetrik $U_{g1} = -U_{g2} = U_{dif}$ (qiymətcə bərabər, işarəcə əks) siqnal verilən hala baxaq. Belə siqnal diferensial siqnal adlanır. Bu siqnalların fərqi $U_{gir.dif.} = U_{g1} - U_{g2}$ diferensial gücləndiricinin giriş siqnalını təşkil edir. Sxem simmetrik olduğundan onun qollarında giriş gərginliyi bərabər bölünür; qollardan birində gərginlik $\frac{U_{gir}}{2}$ qədər artar, o birisində isə $\frac{U_{gir}}{2}$ qədər azalar. Buna uyğun olaraq sxemin qollarında kollektor cərəyanlarının və potensiallarının dəyişməsi qiymətcə bərabər, işarəcə əks olur. Nəticədə sxemin çıxışında gərginlik: $U_{\zeta 1,2} = \Delta U_{k1} - \Delta U_{k2} = U_{\zeta 1} - U_{\zeta 2} \neq 0$ olar.

Buradan göründüyü kimi, diferensial gücləndirici yalnız diferensial siqnallara reaksiya verir. Elə buna görə də belə gücləndiricilərə diferensial gücləndiricilər deyilir.

Diferensial gücləndiricilərində qida mənbələrinin gərginliyi elə seçilir ki, giriş siqnalı olmadıqda ($U_{g1} = U_{g2} = 0$) kaskadın çıxışındakı gərginlik sıfıra bərabər olsun ($U_{\zeta 1} = U_{\zeta 2} = 0$), yəni sıfırın dreyfi olmasın. Diferensial gücləndirici kaskadların bu xassəsindən böyük gücləndirmə əmsalına malik olan sabit cərəyan gücləndiriciləri hazırlamaq üçün istifadə etmək olar. Bu məqsədlə bir neçə diferensial gücləndirici kaskadı bir-biri ilə bilavasitə birləşdirmək lazımdır. Qeyd edək ki, diferensial gücləndiricilər böyük gücləndirmə əmsalına malik olan əməliyyat gücləndiricilərinin əsasını təşkil edir.

Hesablama göstərir ki, diferensial gücləndiricinin gücləndirmə əmsalı (K_d) adi gücləndiricidəkindən xeyli çoxdur. Bu, diferensial gücləndiricinin xüsusiyyətlərindən biridir.

Diferensial gücləndiricilərdən kiçik gərginliklər fərqi gücləndirmək üçün istifadə olunur (küydən ayırmaq üçün).

Diferensial gücləndiricilərdə tranzistor kimi bipolyar, sahə yaxud ballistik tranzistorlardan istifadə olunur. Yüksək tezlikli gücləndiricilərdə (THs) inteqral ballistik tranzistorlardan istifadə olunur.

İdeal halda diferensial gücləndiricinin çıxış siqnalı ayrı-ayrılıqda giriş siqnalından asılı olmur, ancaq onların fərqi asılı olur.

Diferensial gücləndiricidən o vaxt istifadə olunur ki, nə vaxt ki, zəif siqnallar küyün fonunda itə bilər. Belə siqnallara misal olaraq:

1. Uzun kabel vasitəsi ilə ötürülən rəqəm siqnallarını (adətən kabel bir-birinə sarınmış iki naqildər ibarət olur)
2. Səs siqnallarını
3. radiotezlikli siqnalları
4. Elektrokardioqram siqnallarını və s. göstərmək olar.

Diferensial gücləndiricilərdən əməliyyat gücləndiricilərin qurulmasında geniş istifadə olunur.

Sərbəst iş №5

ƏG-nin parametrləri. ƏG-nin xətti birləşmə sxemləri. ƏG-nin əsasında invers və qeyri-invers qoşulma sxemləri

Güclü xarici əks-əlaqəyə və böyük gücləndirmə əmsalına malik olan yüksək keyfiyyətli diferensial gücləndiriciyə əməliyyat gücləndiricisi deyilir.

Hazırda əməliyyat gücləndiricisi yarımkeçirici inteqral mikrosxem şəklində hazırlanır və radioelektronikada, xüsusilə də hesablama texnikasında müxtəlif riyazi əməliyyatları icra etmək üçün istifadə olunur (siqnalların toplanması, çıxılması, inteqrallanması, diferensiallanması, loqarifmalanması və s.).

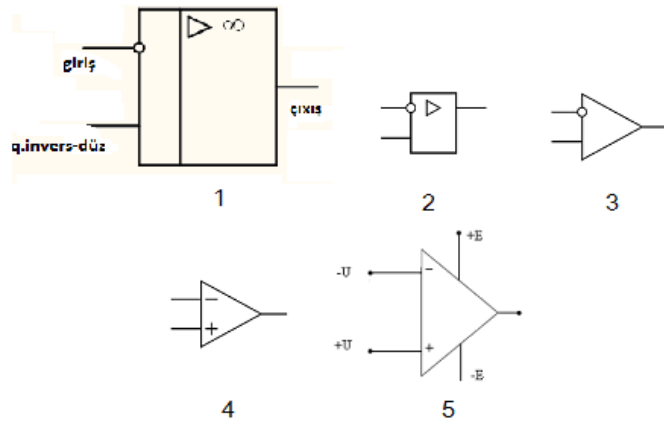
Əməliyyat gücləndiricisi bir sıra özünəməxsus xarakteristikalara: böyük gücləndirmə əmsalına (və daha çox), böyük giriş müqavimətinə, kiçik çıxış müqavimətinə, çox geniş və hamar tezlik xarakteristikasına, kiçik küylərə, kiçik sıfır dreyfinə, xarakteristikaların temperatur və zamandan zəif asılılığına və s. göstəricilərə malikdir.

Əməliyyat gücləndiricilərindən həm sabit, həm də dəyişən siqnalları gücləndirmək üçün istifadə olunur. Əvəllər bu gücləndiricilərdən əsasən analoq hesablama qurğularında riyazi əməliyyatları yerinə yetirmək üçün istifadə olunurdu. «Əməliyyat» sözü də elə buradan götürülmüşdür. Hazırda əməliyyat gücləndiriciləri həm analoq, həm də impuls sxemlərində geniş istifadə olunur.

Əməliyyat gücləndiricilərinin şərti işarəsi şəkil 1-də göstərilmişdir. Əməliyyat gücləndiricisi iki girişə (diferensial girişə) və bir çıxışa malikdir.

Girişlərdən biri invers giriş (invertor və ya inversləyici giriş) (siqnalın fazasını çıxışda qədər dəyişdirən), digəri isə düz (qeyri-invertor giriş və ya qeyri inversləyici giriş - fazanı dəyişdirməyən) girişdir. Invertor girişi sxemlərdə «-» və ya «o», qeyri-invertor girişi isə (+) ilə işarə olunur. Çıxışda və düz girişdə siqnal eyni işarəli olur. Çıxışda və invers girişdə isə siqnal əks işarəli olur. Əməliyyat gücləndiricisinə misal olaraq 1UT401 (A,B) inteqral mikrosxemi göstərmək olar.

Əməliyyat gücləndiricisi üç siqnal kontaktından (2 giriş və 1 çıxış) başqa əlavə kontaktlara da malikdir (adətən kontaktların sayı 14 yaxud 16 olur). Çox vaxt +E və -E və yerlə birləşdirilən elektrodlar əməliyyat gücləndiricilərinin şərti işarəsində göstərilir.



Əməliyyat gücləndiricisində giriş kaskadı kimi diferensial kaskaddan, çıxış kaskadı kimi isə emitter təkrarlayıcısından istifadə olunur.

Əməliyyat gücləndiricisinin invers girişinə signal verdikdə, çıxış gərginliyinin artımı sadəcə giriş signalının artımına əks olur. Girişlər arası gərginlik diferensial gərginlik adlanır: . gərginliyi isə sinfaz gərginlik adlanır.

Əməliyyat gücləndiriciləri elə konstruksiyaya edilir ki, diferensial signal dəyişdikdə, çıxış signalı mümkün qədər çox dəyişsin. Sinfaz signalın çıxış signalına təsiri isə çox az olmalıdır.

Diferensial girişli əməliyyat gücləndiricisinin çıxış gərginliyi:

$$U_{\zeta} = U_{gir} K_0 = [U_+ - U_-] K_0 \quad \text{-olur}$$

Burada K_0 - əməliyyat gücləndiricisinin gücləndirmə əmsalıdır. Giriş gərginliyi dəyişdikdə gücləndiricinin çıxış gərginliyi sıfıra nəzərən müsbət və ya mənfi tərəfə dəyişə bilər. Əməliyyat gücləndiricisinə daxil olan sxemlərin təhlilini sadələşdirmək məqsədilə ideal əməliyyat gücləndiricisinə baxmaq lazımdır. İdeal əməliyyat gücləndiricisinin gücləndirmə əmsalı

$K_0 = K_U = \infty$, giriş müqaviməti $R_{gir} = \infty$, çıxış müqaviməti $R_{çix} = 0$, $I_+ = I_- = 0$, $U_{dif} = 0$ (lakin bu zaman əməliyyat gücləndiricisinin giriş elektrodlarının qısa qapanması yol verilməzdir); sinfaz signal əməliyyat gücləndiricisinə təsir etmir; $U_{sür} = 0$, buraxma zolağı $(2\Delta\omega)_b = 0 \div \infty$ götürülür.

Əməliyyat gücləndiricisinin giriş gərginliyi:

$$U_g = U(+) - U(-) = \frac{U_{\zeta}}{K_0} = 0 ,$$

yəni çıxış gərginliyinin istənilən qiymətində xətti rejimdə işləyən əməliyyat gücləndiricisinin diferensial girişində gərginlik praktiki olaraq sıfıra bərabərdir.

Əməliyyat gücləndiricisinin əsas parametrləri.

1. Əks əlaqə olmadıqda gərginliyə görə gücləndirmə əmsalı K_u - çıxış gərginliyinin diferensial girişə verilən gərginlikdən neçə dəfə çox olduğunu göstərir və onun tipik qiyməti $K_u = 10^5 \div 10^6$.

2. Sinfaz signalın zəiflətmə əmsalı $K_{z.sinf}$ - diferensial signalın sinfaz signalından neçə dəfə çox olduğunu göstərir. Bu parametr giriş diferensial kaskadın xassələri ilə müəyyən olunur və $80 \div 100 \text{ dB}$ təşkil edir.

3. Sıfırın sürüşmə gərginliyi $U_{sür}$ - müəyyən qütblü sabit gərginlik olub, giriş gərginliyi olmadıqda çıxış gərginliyinin sıfır olması üçün girişə verilən gərginlikdir. Çıxış gərginliyinin sıfırdan kənara çıxması diferensial kaskadın qollarının (çiyinlərinin) disbalansı hesabına yaranır. Praktiki olaraq $U_{sür} = 5 \div 20 \text{ mV}$.

4. Sürüşmə gərginliyinin temperatur dreyfi $TKU_{sür} = \frac{\Delta U_{sür}}{\Delta T}$, temperaturun dəyişməsi zamanı $U_{sür}$ gərginliyinin dəyişməsini xarakterizə edir və $1 \div 30 \frac{\text{mkV}}{^\circ\text{C}}$ -ə təşkil edir.

5. Diferensial siqnal üçün giriş müqaviməti $R_{gir.dif}$. Girişlərdən hər hansı biri ümumi şinlə birləşdirildikdə digər girişə görə ölçülür. Giriş müqaviməti yüzlərlə kOM-dan –bir neçə Mom-a qədər intervalda dəyişir.

6. Sinfaz siqnal üçün giriş müqaviməti $R_{gir.dif}$. Bu parametrlər əməliyyat gücləndiricisinin girişi ilə korpusu arasında ölçülür. Qeyd edək ki, sinfaz siqnal üçün giriş müqaviməti diferensial siqnal üçün giriş müqavimətindən bir neçə tərtib çox olur.

7. Çıxış müqaviməti $R_{ç}$. Əməliyyat gücləndiricisi üçün çıxış müqaviməti onlarla-yüzlərlə Om tərtibində olur.

Əməliyyat gücləndiricisinin tərkibinə bir neçə kaskad daxildir. Sxem həlli ən sadə olan əməliyyat gücləndiricisi K140UD1 gücləndiricisidir. Bu gücləndirici ölçüləri 1.1x1.1 mm Si lövhəsi əsasında hazırlanır və tərkibində 9 tranzistor vardır. Verilmiş sxemin güclənmə əmsalı çox da böyük deyildir $K_U = 2000$, sinfaz siqnalın zəiflətmə əmsalı $K_{sz} = 60 \text{ dB}$ və çox da böyük olmayan giriş müqavimətinə $R_{gir} = 4 \text{ kOm}$ malikdir. Sonradan işlənmiş əməliyyat gücləndiricisinin prinsipial elektrik sxemi daha mürəkkəbdir və parametrləri daha yaxşıdır. Məsələn, K140UD7 əməliyyat gücləndiricisinin giriş cərəyanı 200 nA olduqda giriş müqaviməti $R_{gir} = 400 \text{ kOm}$, sinfaz siqnalın zəiflətmə əmsalı isə $K_{sz} = 70 \text{ dB}$.

Sənayedə müxtəlif cür əməliyyat gücləndiriciləri istehsal olunur və bu gücləndiricilər iki qrupa bölünür: ümumi və xüsusi təyinatlı əməliyyat gücləndiricilərinə. Xüsusi təyinatlı əməliyyat gücləndiriciləri: teztəsirli (cəld işləyən) ƏG-rinə (çıxış gərginliyinin artma sürəti $v_U = 50 \div 70 \frac{\text{V}}{\text{mksan}}$), presizionlu-(yüksək gücləndirmə və zəiflətmə əmsallarına və kiçik sürüşmə gərginliyinə malikdir $K_U = 2000$, $K_{sz} = 120 \text{ dB}$, mikrogüclü ƏG (qida gərginliyi $\pm 3 \text{ V}$ və $\pm 6 \text{ V}$ olan mənbədən qidalanır və 1A-dən az cərəyan tələb olunur), güclü ƏG-(çıxış cərəyanı 1A-ə qədər) və yüksək voltlu ƏG-nə bölünür.

Sərbəst iş №6

Regstrlər

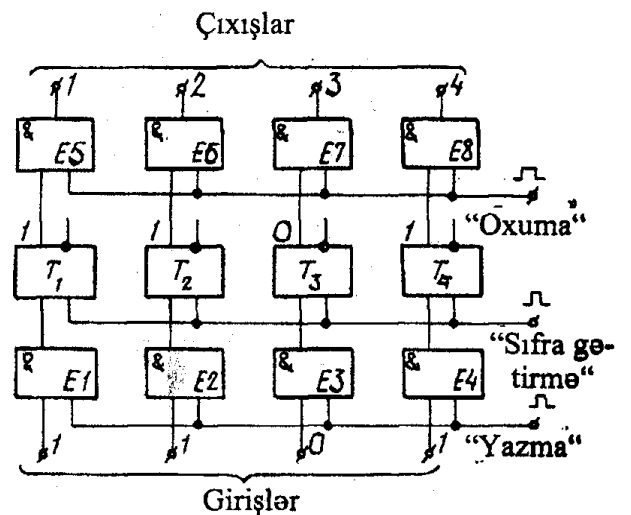
Məlumatı qəbul edən, özündə saxlayan, ötürən və çevirən funksional qovşaqlara regstrlər deyilir. Məlumatın yazılması üsuluna görə regstrlər paralel, ardıcıl, paralel-ardıcıl olurlar.

Paralel regstrlərdə ikilik ədəd paralel kodla, yəni bütün mərtəbələrə eyni zamanda yazılır. Belə regstrlər məlumatı qəbul edib, özündə saxlayıb və ötürə bildiyindən onlara həm də yaddaş registri deyilir.

N mərtəbəli paralel registri N triggerə malik olur. Triggerlərin hər biri məlumat mənbələrinin sayı qədər girişlərə malik olur. Rəqəmli məlumat mənbəyi birdirsə, hər triggerin bir girişi olur. Məlumat kanalları iki-üç olarsa hər mərtəbənin triggerinin də iki-üç girişi olur. Bu və ya digər kanalın məlumatı registrə onu idarə edən dövrə ilə yazılır.

İkilik rəqəmli registrə T_1 kiçik, T_4 -böyük mərtəbənin triggeri, E_1 - E_4 – məlumatın registrə yazılması, E_5 - E_8 – onun oxumasını idarə edən elementləridir (şəkil 1) .

Yazmaqdan əvvəl “sıfıra gətirmə” girişinə signal verməklə bütün triggerlər “0” vəziyyətinə gətirilir. Məlumatı registrə yazmaq üçün “Yazma” girişinə “VƏ” elementlərini açan impuls verilir. Əgər girişdə 11 ədədinə uyğun 1011 kodu varsa həmin ədəd registrə yazılır. Yazılmış məlumat registrdə hətta giriş məlumatı dəyişildə də saxlanılır.



Məlumatı oxumaq üçün "Oxuma" girişinə impuls verilir və registrə yazılan kod çıxış şininə ötürülür. Registrdə yazılmış ədəd bu halda pozulmur. Yeni məlumatı almaq üçün əməliyyat təkrar edilməlidir.

Paralel registri qurmaq üçün ən çox D-triggeri istifadə olunur, çünki onlar sxem üçün az element tələb edirlər.

D-triggerlərdə qurulmuş n mərtəbəli paralel sxemində məlumatı registrə iki kanalla (1-ci kanalın girişləri a_1, \dots, a_n , 2-ci kanalın girişləri b_1, \dots, b_n) yazır (şəkil 2).

T_i girişi ilə bütün mərtəbələr sıfıra gətirilir, a kanalı ilə məlumatın yazılması T_a , b kanalı ilə yazılış isə T_b impulsları ilə həyata keçirilir.

Ardıcıl registrə (sürüşmə registrləri) ədədləri ardıcıl kodla yazılır. Registr ardıcıl qoşulmuş ikilik yaddaş yuvalarından ibarət olur və takt impulslarının təsiri altında yuvaların vəziyyəti sonrakı yuvalara ötürülür. Bir takt impulsları ardıcılığı ilə idarə olunan registrlərə birtaklı registrlər deyilir. İki və ya daha çox takt impulsları ardıcılıqları ilə idarə olunan registrlərə iki və çoxtaklı registrlər deyilir. Takt impulslarının ardıcılıq tezliyi sabit olur. Çoxtaklı registrlərdə impulslar ardıcılığı bir-birinin ardınca $2\pi/m$ qarşılıqlı faza sürüşməsi ilə gətirilir.

Burada 2π - impuls ardıcılıqlarının birinin ardıcılıq periodu,

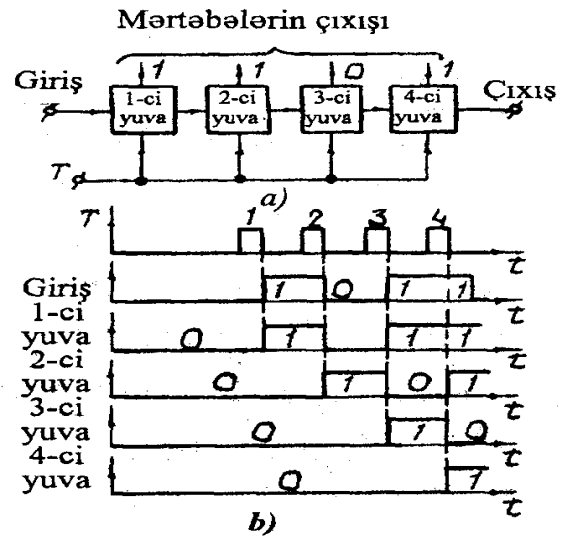
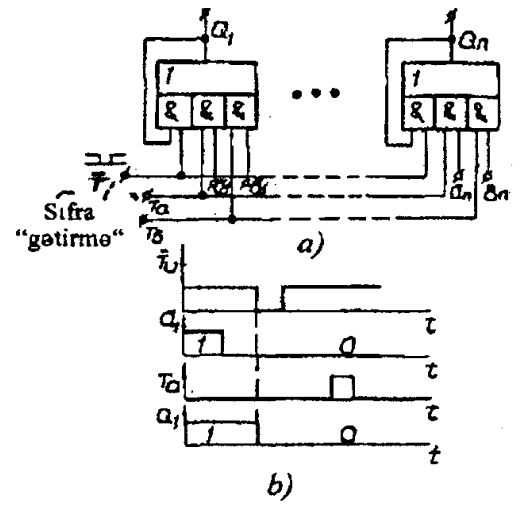
m - takt impulsları ardıcılıqlarının sayıdır.

Dörd mərtəbəli bir taktlı registrin 1-ci yuvası kiçik mərtəbəyə, 4-cü yuvası isə böyük mərtəbəyə aiddir (şəkil 3). Bu cür yerləşmədə ədədin registrə yazılması onun yuxarı mərtəbəsindən başlanır. Mərtəbələri əksinə yerləşdirəndə ədəd kiçik mərtəbədən başlayaraq yazılır.

Yuvaların triggerlərinin hamısına takt impulsları eyni vaxtda verilir. Takt impulslarının təsirindən triggerlər "1" vəziyyətindən "0" vəziyyətinə keçirlər və sonrakı triggerə "1" yazılır.

Diaqramda 11 ədədinə uyğun olan 1011 kodunun registrə yazılmasında əvvəlcə registrin mərtəbələrinin sayı qədər takt impulsları verməklə registr "sıfıra gətirilir". Yazılış zamanı ədədin kodu ilə eyni zamanda takt impulsları verilir. Takt impulslarının köməyiylə məlumat kiçik mərtəbədən böyük mərtəbəyə ötürülür. Bunun nəticəsində 4-cü takt impulslardan sonra registrin yuvaları 4 mərtəbəli ədədin koduna uyğun vəziyyət alır.

Ardıcıl registrə yazılmış məlumat paralel və ardıcıl kodla oxuna bilər. Məlumatı paralel kodla registrdən götürmək üçün registrin mərtəbələrinin çıxışlarından istifadə edilir. Göründüyü kimi ardıcıl registr ardıcıl kodu paralel koda çevirir. Məlumatı ardıcıl kodda oxumaq üçün takt impulsları seriyası verilməlidir.



Ardıcıl registrə yazılan ədəd takt impulsları ilə bir və ya bir neçə mərtəbə sürüşdürülə bilər. Sürüşmə əməliyyatı ədədin 2^k -ya vurulmasına uyğun gəlir. Məsələn, 2 ədədinin 0010 kodunun bir mərtəbədə sürüşdürülməsi 0100 kodunun (4 ədədini) və s. verir.

Birtaklı registri qurarkən bir məsələyə diqqət yetirilməlidir. Takt impulsları bütün mərtəbələrin triggerini "0" vəziyyətinə keçirmək üçün eyni vaxtda təsir edirlər. Ona görə hər mərtəbənin triggerindən vahidin oxunması və onun sonrakı triggerə yazılması əməliyyatları heç olmasa takt impulsunun davamiyyət müddəti qədər bir- birindən ayrılmalıdırlar. Əks halda vahid sonrakı mərtəbəyə yazılmayacaqdır.

Bu məsələ yuvalar arasında gecikmə elementi qoşmaqla həll edilə bilər. Bu element takt impulsunun təsir müddəti ərzində vahidin sonrakı yuvaya yazılması impulsunu gecikdirəcəkdir. Gecikdirmə elementləri induktivlik və tutumlardan tərtib edildiyindən onların inteqral sxem şəklində hazırlanması çətinlik törədir. Ona görə vahidin bir yuvadan oxunub digərinə yazılması proseslərinin vaxta görə ayrılması daxili gecikməli $R-S_t$, D_t və $J-K_t$ triggerlərin köməyi ilə həyata keçirilir. Bu halda əməliyyatların zamana görə ayrılması avtomatik baş verir, çünki triggerlərin yeni vəziyyətləri takt impulslarının təsiri kəsildəndən sonra əmələ gəlir.

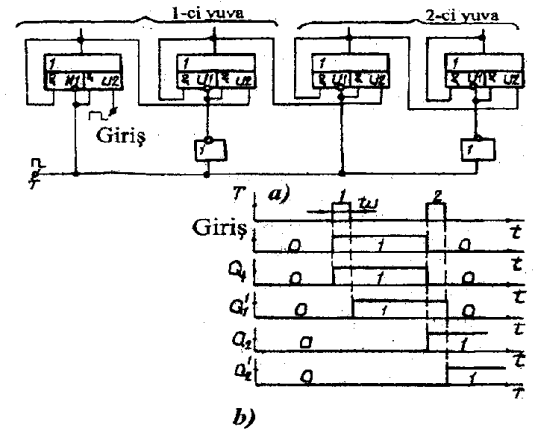
Birtaklı registrlər həm də ikitaklı rejimdə işləyirlər. Belə registrin hər yuvası iki - əsas və əlavə triggerlərdən ibarət olur. Sxem bir takt impulsları ardıcılığı ilə idarə olunur. Bir yuvadan oxuma və digərinə yazma əməliyyatlarının zamana görə ayrılması oxu əməliyyatının takt impulsu gələndə, yazma əməliyyatının isə takt impulsu kəsildəndə yerinə yetirilməsi hesabına əldə edilir.

D-triggerlərdə qurulmuş iki mərtəbəli registrin sxemi və vahidin yuxarı mərtəbəyə sürüşdürülməsi diaqramına görə "sıfıra gətirmə" girişi inversdir (şəkil 4). Bütün triggerlərin bu girişləri taktlaşdırıcı girişlə birləşdirilmiş və takt impulsları şini (T) ilə əsas triggerdə bilavasitə, əlavə triggerdə isə "DEYİL"elementi vasitəsilə əlaqələndirilmişdir.

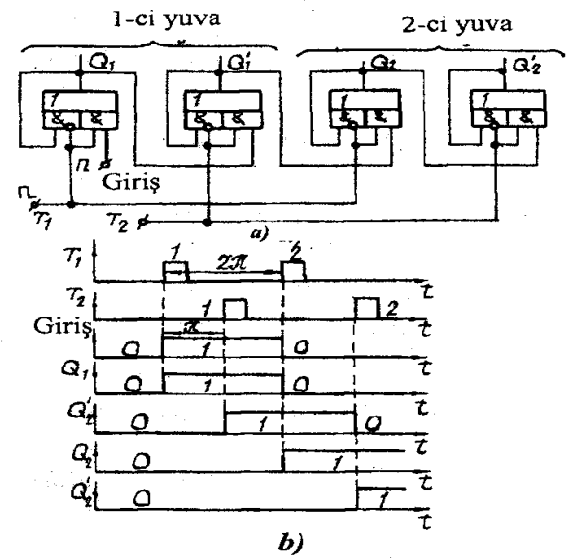
İlk anda bütün triggerlər "0" vəziyyətində olurlar. Girişdə siqnal olanda 1-ci takt impulsu açıq U_2 elementindən 1-ci mərtəbənin əsas triggerinə "1" yazılır. $Q_1 = 1$ siqnalı bu mərtəbənin əlavə triggerinin məlumat girişinə verilir, lakin onun invertorunun çıxışında $\bar{T} = 0$ olduğundan U_2 elementi bağlı olur və əlavə trigger "0" vəziyyətində qalır ($\bar{Q}_1 = 0$).

1-ci takt impulsu kəsildəndə 1-ci mərtəbənin əlavə triggerinin U_2 elementinin hər iki girişində "1" yaranır və $\bar{Q}_1 = 1$ vəziyyətinə keçir. Beləliklə, 1-ci takt impulsundan 1-ci mərtəbənin hər iki triggerinə "1" yazılır. Əsas triggerdə "1" vəziyyəti U_1 -nin girişlərindəki ($Q_1 = 1; T = 0$), əlavə triggerdə "1" vəziyyəti isə U_2 -nin girişlərindəki ($\bar{Q}_1 = 1; \bar{T} = 1$) siqnallarla saxlanılır.

Əgər registrin girişindəki siqnal "0"-dırsa 2-ci takt impulsunun gəlməsi 1-ci əsas triggerin U_1 , U_2 elementlərini bağlayaraq onu "0" vəziyyətinə keçirir. Bu zaman 2-ci yuvanın əsas triggeri U_2 elementinin girişləri ($\bar{Q}_1 = 1; T_1 = 1$) ilə $Q_2 = 1$ vəziyyətinə keçirilir. 2-ci takt impulsunun təsir etdiyi mərhələdə 1-ci yuvanın əlavə triggeri U_1 elementinin hər iki girişi ilə $Q_1 = 1$ vəziyyətində, 2-ci yuvanın əlavə triggeri isə U_1 -in triggerləri ilə $\bar{Q}_2 = 0$ vəziyyətində saxlanılır.



2-ci takt impulsu kəsildəndən sonra 1-ci yuvanın əlavə triggerinin U_1 , U_2 elementləri bağlanılaraq bu triggeri $Q_1 = 0$ vəziyyətinə keçirir. 2-ci yuvanın əlavə triggeri U_2 elementinin hər iki girişlərindəki "1" siqnalı ilə $Q_2 = 1$ vəziyyətinə keçirir.



Sərbəst iş №7

Yarımkeçirici yaddaş elementləri, statik və dinamik yaddaş qurğuları

MPE-nə üçüncü şini olan – idarəetmə şini daxildir. MPE-dən bilavasitə çıxışları ilə təşkil olunan ünvanlar və məlumatlar şinlərindən fərqli olaraq idarəetmə şini MPE-nin BİS-nə nisbətən xüsusi quruluşla formalaşır.

Hər maşın siklinin əvvəlində mərkəzi prosessor SİNX siqnalı ilə eyni vaxtda məlumat şininə həmin maşın siklinə onun vəziyyəti haqda siqnal verir. Məlumatlar şininə bu zaman ayrı-ayrı bitləri aşağıdakı mənanı daşıyır:

D_0 - İNTA, Interrupt Acknowledge, yəni əsas proqramın kəsilməsinə razılıq; bu siqnal proqramın kəsilməsinə əmrin sifarişini verən xarici quruluşdan məlumat şininə daxil olunması üçün istifadə olunur; RST əmri məlumatlar şininə o zaman daxil edilir ki, axırncı informasiyanın DBİN (Data bus in) qəbulu və ya OX vəziyyətinə keçir;

D_1 - \overline{WO} ? Write or Output – invers siqnal olmaqla, cari maşın siklinin yaddaşa yazma və ya xarici quruluşa məlumatın ötürülməsinin əmələ gəlməsini göstərir, əks halda (bu siqnalın invers səviyyəsi olmadıqda) – yaddaşdan məlumatın oxunması və ya giriş quruluşundan informasiyanın qəbulu;

D_2 - \overline{STACK} – bu siqnal əsas yaddaşda məlumat ünvanının stek göstəricisindən alınan ünvan şinində saxlayır;

D_3 – HLTA, Halt instruction Acknowtion, SAXLA əmrinin yerinə yetirilməsinə razılıq verilir;

D_4 - OUT – ünvan şini çıxış quruluşunun ünvanını verir, və məlumat şini prosessor məlumatların verilmə vəziyyətinə keçən andan buna təyin olunmuş quruluşun informasiyasını özündə saxlayacaq;

D_5 - M1 – Memory – MPE - in yaddaşından əmrin birinci baytının seçmə siklində olacaqdır;

D_6 – İNT, İNPUT – ünvan şini giriş məlumat quruluşun ünvanını saxlayır, və ona giriş məlumatlar prosessor məlumatların qəbulu vəziyyətinə (oxuma) keçən andan məlumat şininə verilməlidir;

D_7 – MEMR, Memory – verilmiş maşın siklində məlumatlar şini yaddaş quruluşunfan informasiyanın oxunması üçün istifadə olunacaq.

Bu siqnallar mərkəzi prosessor tərəfindən hasil edilir və maşın siklinin əvvəlində məlumatlar şininə çox kiçik period ərzində - bir maşın taktı ərzində verilir, Bu siqnalların saxlanması üçün səviyyələrin qeyd olunması tələb olunur, odur ki, sistemin tərkibinə vəziyyətin kodu xüsusi qeydedici və ya əsistem kontrolleri daxildir. Bu məqsədlə ÇBR-i istifadə olunur.

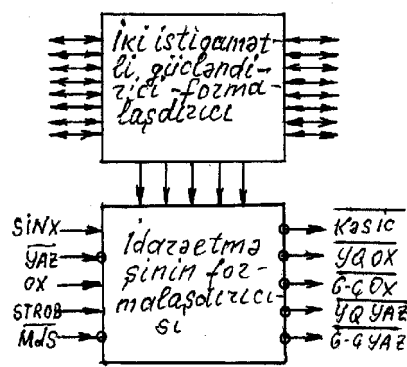
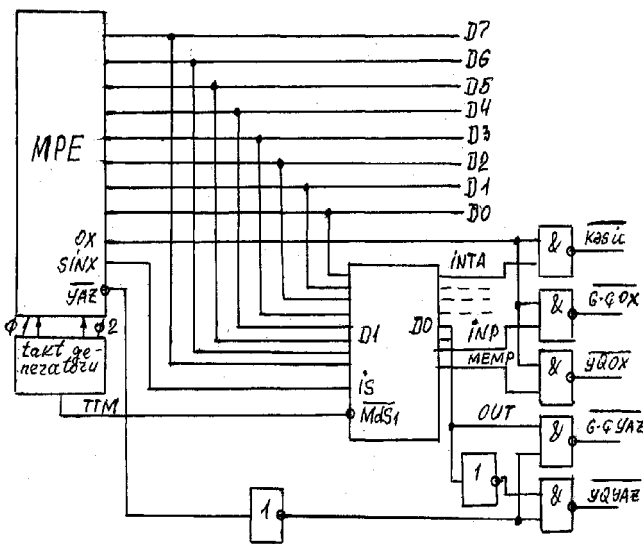
Məlumatlar şininə vəziyyət sözü verildikdə mərkəzi prosessor SİNX siqnalının məntiqi 1 vəziyyətinə mevrilməklə sistemi bu haqda informasiya edir. Bu siqnal impulsları məlumat şinindən qeydediciyə buraxaraq strob – impuls kimi istifadə edilir.

Sistem kontrollerin bir çox siqnalları informasiyalı olmaqla, sistemin daxilində məlumatların ötürülməsinin idarə olunması üçün də istifadə olunur. İlk növbədə bu İNTA, İNP, MEMR və OUT siqnallarına aiddir. Bu siqnallar mərkəzi prosesaorun DBİN (məlumatın qəbulu) və \overline{WR} (\overline{YAZ}) siqnallar; ilə birləşir və beliliklə, idarəetmə şinini formalaşdırırlar. İdarəetmə şininin YQ OX (yaddaş quruluşun oxuması), YQ YAZ (yaddaş quruluşa yazma), GÇ OX (giriş-çıxış oxuma) və GÇ YAZ (giriş-çıxış yazması) bir-birinə əks olduğundan, idarəetmə şininin istifadəsi MPE-nin xarici quruluşla qarşılıqlı işini asanlaşdırır.

Sistemin realizə edilməsi və sadələşdirilməsi üçün sistem kontrollerin və şin formalaşdırıcısı funksiyasını birləşdirən mikrosxem istifadə olunur (şəkil 2).

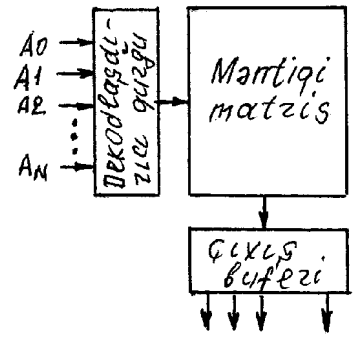
Yaddaş sistemi daimi yaddaş quruluşu (DYQ), oprativ yaddaş quruluşundan (OYQ) ibarətdir. DYQ ona yazılan informasiyanın ancaq oxunması yol verilir. OYQ-da isə cari məlumat əvvəl yazılır, sonra isə oxunur.

DYQ-nun tərkibinə ünvanların dekodlaşdırılması quruluşu, çıxış beferləri və proqramlaşan məntiqi matris (PMM) daxildir. PMM informasiyanın saxlanma yeridir (şəkil 3). Sadə matris şaquli (informasiya) və horizontal (ünvan) kəsişən şin (keçirici) cərgələridir. Verilən matrisdə saxlanan, həmin proqramla təyin edilən nöqtələrdə, şinlər bir – biri ilə diodlar vasitəsi

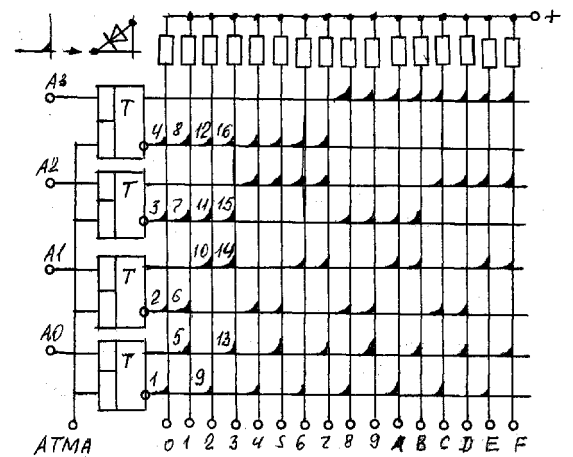


ilə birləşirlər. Diodların istifadəsi cərəyanın bir istiqamətli axmasını təmin edir və şinlərin bir – birinə mümkün təsirini aradan götürür.

Diodun müvafiq informasiya şininə qoşulması vahidin yazılmasına ekvivalentdir, şinlər birləşmiş olmadıqda isə bu 0 yazılmasına müvafiqdir. Beləliklə, diodların matrisdə yerləşdirilməsi DYQ-da bir maşın sözünün saxlanması təyin edir (şəkil 3). Diodlu matris VƏ-YA elementar məntiqi sxemin inkişafıdır, çünki hər bir çıxış şinində signal onun ünvan şini aktivləşəndə əmələ gəlir. Ünvanlar şini xətti ilə yaddaş quruluşun girişinə yaddaş özəyinin ünvanı daxil edilir, ondan da orada saxlanan maşın sözünün oxunması əmələ gəlir. Bu ünvan dekodlaşmalıdır, yəni elə ünvan şinini ayrılır ki, o ünvan şinin verilmiş 0 və 1 kombinasiyasına müvafiq olsun. Ünvanın dekodlaşması üçün yenə də diod matrisindən istifadə etmək olar. Konstruksiyasına görə o VƏ-YA matrisinə bənzərdir, lakin ondan fərqli cəhəti diodların qoşulma istiqamətindədir. Deşifratorun girişinə cütlanmış kod verilməlidir, çünki həm düz, həm də invers girişlər istifadə olunur, odur ki, giriş (horizontal) şinlərin sayı ünvanın ikiqat dərəcələrinin sayına bərabərdir. Hər kod kombinasiyasını dekodlaşdıran matrisin girişinə ancaq bir, tam təyin edilmiş şaquli şininə müvafiq signaldır. Şaquli (çıkış) şininin sayı 2^n -ə bərabərdir, burada n-girişin mərtəbələrinin sayıdır.



Yaddaşın özəyinin ünvanı yaddaş quruluşunun girişindəki registrə yazılır. Registr kodun mərtəbə sayı qədər triggerlərdir. Həm düz, həm də invers girişlər istifadə olunduğundan, horizontal şinlərin sayı ünvanın dərəcələrinin sayından iki dəfə çoxdur. Triggerlərin çıxışındakı müsbət gərginliklər matrisin diodlarını bağlayır. Əgər hər hansı bir triggerin çıxışında aşağı səviyyə olarsa, onda həmin triggerlər vasitəsi ilə müvafiq şaquli şinlərin gövdəyə qapanması baş verir, odur ki, mənbənin gərginliyi yük müqaviməti ilə qarşısı alınacaqdır.



Nəticədə çıxış gərginliyi ancaq yeganə şaquli şində olacaqdır ki, hansında bu kod kombinasiyasında sıfır potensialı olan horizontal şini ilə girişdə birləşməsi yoxdur. Məsələn, girişə 0000 signalı verildikdə girginlik çıxış şinində 0 olacaqdır, çünki birinci şin 5-ci diod vasitəsi ilə gövdəyə qapanmış olur, ikinci şin 10-cu diodla, üçüncü 13 və 14, və s. Kodlaşdırıcı matrisdə olduğu kimi, diodlar müxtəlif dövrlərin qarşılıqlı təsirini aradan götürmək üçün qoyulur.

Proqramın yadda saxlanması üçün daimi yaddaş quruluşu iki diod matrisi əsasında yerinə yetirilir. Onlardan birincisi – VƏ matrisi – ünvanın dekodlaşdırıcı quruluşudur. Bu matrisin çıxış şini matrisin girişindəki ünvan müvafiq təyin edilmiş yeganə yaddaşın özəyini göstərir. Bu çıxış (şaquli şin) ikinci matrisin (horizontal şin) girişi – VƏ-YA matrisi ilə birləşdirilir. İkinci matrisdə verilmiş horizontal şinlə şaqulinin kəsişmələrində diodların yerləşdirilməsi verilmiş ünvanda saxlanan yaddaşın konkret sözünə uyğun olmalıdır, bu söz əmr, konstant və ya hər hansı informasiya olduğundan asılı olmayaraq.

Bir çox real DYQ-u MOY-mikrosxəmlər əsasında yerinə yetirilir. Matrisin qəfəsi MOY-tranzistorların mənsəb, mənbə, qida xətləri və torpaqlayıcı difuziya layları və perpendikulyar

yerləşən layın üstündən tozlandırılmış alyuminium oksidi şini ilə təşkil olunur. Alyuminium şininin iki difeziya sahəsi ilə kəşifən hər höqtədə əmələ gələn MOY-tranzisto, diod matrisi ilə eyni funksiyaları yrinə yetirir

Proqramı təşkil edən tranzistorların yerləşdiyi yerlər qaraldılıb. Yük rezistorunun funksiyasını idarəedici elektrodda sabit cərəyan olmaqla belə növ MOY-tranzistorların özü yerinə yetirir. Burada da iki matris müvcuddur: birinci – deşifratorun ünvanı, ikinci matrisin girişi proqram daxil olmaqla birinci matrisin çıxış siqnalıdır. Tranzistorların çıxış mənşəbləri ümumi şinə qoşulub, mənşəbləri isə - bufer tranzistorların girişlərinə. Ümumi difeziya sahəsinin həm mənşəb, həm də mənşə kimi istifadəsi MOY-mikrosxemin tutduğu sahəni əhəmiyyətli dərəcədə yarımkeçirici kristalda azaldır, bu da kristalda elementlərin yerləşməsinin çox yüksək sıxlığını təmin edir.

Belə DYQ-nun proqramlaşdırılması ancaq istehsal olunma prosesində yaradılır, çünki proqrama görə tranzistor olan yer oksiddən təmizlənir və MOY-tranzistorun idarəedici elektrodunun izolyasiyasını əmələ gətirən nazik dielektrik lay (0,15 mkm yaxın qalınlıq) yetişdirilir. Tranzistor olmadığı yerdə oksidin qalın layı (1mkm az olmayan qalınlıq) saxlanılır.

Sərbəst iş №8

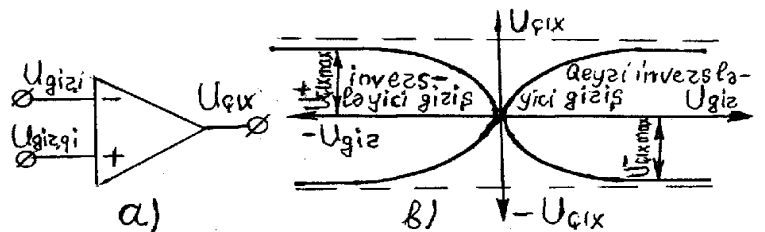
ƏG əsasında inteqrallayıcı və differensiallayıcı sxemlər

Differensial girişi və bir çıxışı olan, böyük gücləndirmə əmsalına malik sabit cərəyan gücləndiricilərinə **əməliyyat gücləndiriciləri** deyilir.

Əməliyyat gücləndiricilərinin əsasını giriş kaskadı rolunu oynayan differensial kaskad təşkil edir. Çıxış kaskadı rolunu isə adətən tələb olunan yüklənmə qabiliyyətini təmin edən emitter təkrarlayıcısı oynayır. Təkrarlayıcının K_u – su vahidə yaxın olduğundan əməliyyat gücləndiricisinin lazım olan gücləndirmə əmsalı differensial kaskadla qoşulması ilə təmin edilir. Bu tələbat ondan irəli gəlir ki, ideal əməliyyat gücləndiricisində $K_u = \infty$, $R_{gir} = \infty$, $R_{çix} = 0$ olmalıdır. Lazım olan gücləndirmə əldə etmək üçün istifadə olunan kaskadların sayından asılı olaraq əməliyyat gücləndiriciləri iki və üç kaskadlı olurlar. Üçkaskadlı sxemdə giriş differensial kaskadlı adətən rezistiv yüklü, iki kaskadlıda isə dinamik yüklə qoşurlar. Bunlardan əlavə əməliyyat gücləndiricilərinin tərkibində gərginliklərin səviyyələrini sürüşdürmək, sabit cərəyan mənşəyi yaratmaq, sinfaz güclənmə xətasına görə mənfi əks əlaqə təşkil etmək və s. üçün istifadə olunan tranzistorlu köməkçi kaskadlar və qurğular ola bilər.

Əməliyyat gücləndiricisinin şərti işarəsi və amplitud (ötürmə) xarakteristikası şəkil 1 – da verilir.

Əməliyyat gücləndiricisinin inversləyici (-) bə qeyri – inversləyici (+) girişləri və bir çıxışı vardır. İnversləyici girişə siqnal verildə çıxış siqnalının artımı işarəcə giriş siqnalının artımına əks olur. Qeyri – inversləyici girişə siqnal verildə çıxış



Şəkil 1. Əməliyyat gücləndiricisinin şərti işarəsi (a) və amplitud (ötürmə) xarakteristikası

artımı işarəcə giriş siqnalının artımına əks olur. Qeyri – inversləyici girişə siqnal verildə çıxış

siqnalının artımı işarəcə giriş siqnalının artımına uyğun olur. Çox vaxtı inversləyici girişdən xarici mənfi əks – əlaqələr yaratmaq üçün istifadə edilir.

Əməliyyat gücləndiriciləri gücləndirmə, giriş, çıxış, energetik, dreyf, tezlik və sürət parametrləri ilə xarakterizə olunurlar.

Gücləndiricinin hər iki girişinə aid olan giriş siqnalları ilə çıxış gərginliyinin asılılığına **amplitud (ötürmə) xarakteristikası** deyilir. Bu xarakteristikalar girişlərin birinə sıfır siqnalı verməklə digər giriş üçün çıxarılır.

Gücləndiricinin növündən asılı olaraq güclənmə əmsalı 10^6 qədər almaq mümkündür. Gücləndirmə əmsalının belə böyük qiymətlər alması mənfi əks - əlaqələr yaratmaq yolu ilə xüsusiyyətləri yalnız əsk - əlaqə dövrlərinin parametrlərindən asılı olan müxtəlif sxemlər yaratmağa imkan verir.

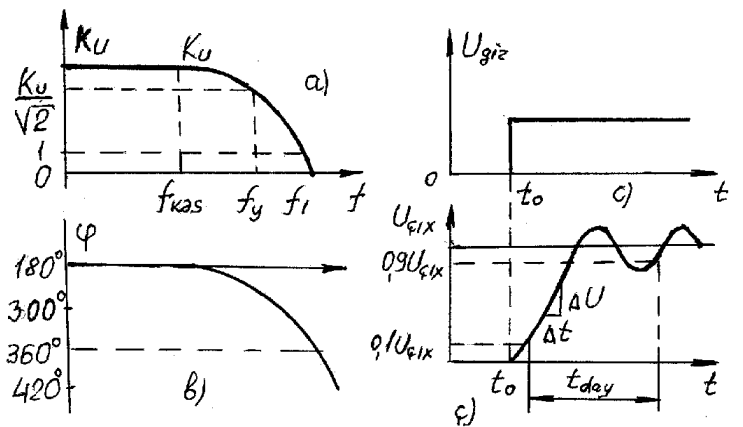
Xarakteristikalarda $U_{gir} = 0$, $U_{çix} = 0$ halına gücləndiricinin **balans vəziyyəti** deyilir. Real halda tam balans olmur. $U_{gir} = 0$ halına hər hansı $U_{o\ sür}$ gərginliyi uyğun gəlir ki, buna da **girişdə sıfırın sürüşməsi gərginliyi** deyilir. Bu gərginlik tam balans əldə etmək üçün girişə nə qədər gərginlik vermək lazım gərginliyi göstərir.

Harmonik siqnalların gücləndirilməsi tezlik parametrləri ilə xarakterizə olunur. Amplitud – tezlik xarakteristikasının $f_{kəs}$ tezliyindən sonra aşağı düşməsi tranzistorların parametrləri bə parazit tutumların tezlikdən asılı olması ilə əlaqədardır. Gücləndirmə vahid olduğu f_1 tezliyinə **vahid gücləndirmə tezliyi** deyilir. f_y sərhəd tezliyinə görə buraxma zolağı qiymətləndirilir (şəkil 2,a).

Adətən əməliyyat gücləndiriciləri inversləyici girişə görə mənfi əks - əlaqə ilə əhatə olunurlar. Yüksək tezliklərdə gücləndirici çıxış siqnalının fazasını girişə nisbətən sürüşdüüyündən gücləndiricinin faza – tezlik xarakteristikasında inversləyici girişə görə əlavə (180° – dən də yuxarı) fa-za sürüşməsi əldə edir (şəkil 2, b). Hər hansı bir yüksək tezlikdə tam faza sürüşməsi 250° olur ki, bu da tezlikdə inversləyici girişə görə müsbət əks - əlaqənin yaranmasına və sxemin öz – özünə təsirlənməsinə gətirib çıxarır. Bunu aradan götürmək üçün amplitud – tezlik xarakteristikalarının görünüşünü dəyişən xarici təshihverici RC dövrlərindən istifadə olunur.

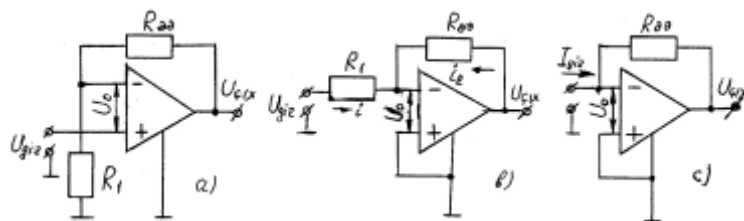
İmpuls siqnallarının gücləndirilməsi sürət və ya dinamik parametrlərlə xarakterizə olunur. Bunlardan biri **çıkış gərginliyinin artma sürəti**, digəri isə bu gərginliyin **dayanıqlı vəziyyət alma müddətidir**. Onları gücləndiricinin girişində pilləvarə gərginliyə göstərdiyi reaksiyaya görə təyin edirlər. Göstərilən sürət çıxış gərginliyinin $0,1 U_{çix}$ – dan $0,9 U_{çix}$ – a kimi dəyişdiyi hissədə gərginliyin artımının zaman nisbəti ilə təyin edilir (şəkil 19, c – ç). Dayanıqlıq vaxtını isə (t_{day}) çıxış gərginliyinin $0,1 U_{çix}$ – dan $0,9 U_{çix}$ – a qədər dəyişməsinin zaman intervalına görə təyin edirlər.

Qeyri – inversləyici gücləndiricilərdə (şəkil 3, a) giriş gərginliyi qeyri – inversləyici girişə qoşulur. Gücləndiricinin çıxışından isə R_1 , $R_{əə}$ bölücü müqavimətləri vasitəsi ilə əks - əlaqə gərginliyi inversləyici girişə verilir. Adətən $R_{əə} \gg R_{çix}$ və $R_1 \ll R_{gir}$ şərti yerinə yetirilir.



Şəkil 2. Əməliyyat gücləndiricisinin amplitud – tezlik (a), faza – tezlik (b) xarakteristikaları və girişdəki pilləvari siqnala (c) reaksiyası (ç)

İdeal əməliyyat gücləndirici ($K_u = \infty$; $R_{gir} = \infty$; $R_{çix} = 0$) üçün qeyri – inversləyici gücləndiricinin güclənmə əmsalı aşağıdakı bərabərlikdən tapılır:



Şəkil 3. Qeyri – inversləyici (a), inversləyici (b) gücləndiricilərin və cərəyan – gərginlik (c) çeviricisinin sxemləri

$$U_{gir} = \frac{U_{çix} R_1}{R_1 + R_{əə}}; \text{buradan } K_u = \frac{U_{çix}}{U_{gir}} = 1 + \frac{R_{əə}}{R_1}$$

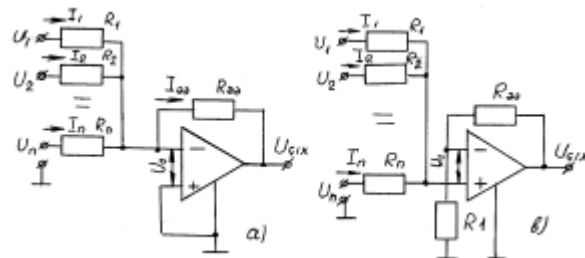
Inversləyici gücləndiricini quraşdırdıqda (şəkil 20, b) giriş və əks əlaqə gərginlikləri eyni vaxtda inversləyici girişə verilir, o biri giriş isə adətən torpaqlanmış olur. İdeal əməliyyat gücləndiricisi üçün i_{gir} cərəyanı nəzərə alınmayanda i giriş cərəyanı i_2 əks - əlaqə cərəyanına təxminən bərabər qəbul edilir. Cərəyanların istiqamətləri nəzərə alınsa $i = -i_2$. İdeal əməliyyat gücləndiricisi üçün invers və qeyri – invers girişlərin potensiallarını bərabər qəbul etsək

$$U_{gir} = R_1 i, U_{çix} = R_{əə} i_2, \text{ deməli } U_{gir} / R_1 = -U_{çix} / R_{əə}, \text{ buradan da } K_u = \frac{-R_{əə}}{R_1}.$$

Beləliklə, invers və qeyri – invers gücləndiricilərin güclənmə əmsalları ancaq R_1 və $R_{əə}$ müqavimətlərin mütnasibliyindən asılıdır bə əməliyyat gücləndiricisinin güclənmə əmsallarından asılı deyil. Odur ki, belə gücləndiricilərin güclənmə əmsalı stabildir.

Cərəyan – gərginlik çeviricisi sxemində inversləyici gücləndiricidə $R_1 = 0$ olanda alınır (şəkil 3, c). Sxemdən görüldüyü kimi $I_{gir} = I_{əə} = -U_{çix} / R_{əə}$ və buradan $U_{çix} = -I_{gir} R_{əə}$ alınır.

Signal mənbələrinin cərəyanını gərginliyə çevirən sxemlərin vacib müsbət xüsusiyyətləri giriş və çıxış müqavimətlərinin kiçik olmasıdır.



Şəkil 4. Inversləyici (a) və inversləməyən cəmləyicinin sxemləri

Inversləyici cəmləyici sxemində girişdəki paralel qolların sayı cəmlənən siqnalların sayına bərabər olur (şəkil 4, a). Rezistorların müqavimətləri bərabər götürülür $R_{əə} = R_1 = R_2 = \dots = R_n \ll R_{gir}$, $I_{gir} = 0$ olanda $I_{əə} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ və ya $U_{çix} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ alınır. Bu ifadədəki toplananların cəmdəki çəkiliəri bərabərdir. Əgər hər hansı toplanan üçün müqavimətləri dəyişməklə çəki əmsalı nəzərə alınarsa $U_{çix} = -\left(\frac{R_{əə}}{R_1} U_1 + \frac{R_{əə}}{R_2} U_2 + \dots + \frac{R_{əə}}{R_n} U_n\right)$ alınır.

Inversləməyən cəmləyici sxemində inversləyici cəmləyicini və invertoru ardıcıl qoşmaqla alınır. Lakin ən sadə variant qeyri – inversləyici gücləndirici əsasında alınır (şəkil 4, b).

$U_0 = 0$ olanda hər iki girişdəki gərginliklər eyni və $U_{q-1} = U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_{əə}} U_{çix}$ - a bərabər olur.

Qeyri inversləyici girişə görə cərəyan sifıra bərabər ($R_{gir} \text{ əg} = \infty$) olduğundan və ya

$$U_1 + U_2 + \dots + U_n = n \frac{R_1}{R_1 + R_{əə}} U_{çix} \text{ alınır. Buradan } U_{çix} = \frac{R_1 + R_{əə}}{n R_1} (U_1 + U_2 + \dots + U_n)$$

Sxemin parametrləri $(R_1 + R_{əə}) / n R_1 = 1$ şərtində təyin edilir.

İnteqrallayıcı sxemində əks - əlaqə dövrəsinə rezistor əvəzinə kondensator qoşulur (şəkil 5, a). $I_{əg} = 0$ olduğundan burada $i_c = i_R$ olur. Onda $CdU_{çix}/dt = U_{gir}/R$ alınır. Buradan

$$U_{çix} = \frac{-1}{RC} \int_0^t U_{gir} dt + U_{çix0}$$

$U_{çix0}$ - $t = 0$ anında çıxış gərginliyidir.

Vaxt hesabı giriş siqnalı daxil olandan başlayır, $t = 0$ olanda $U_{gir} = 0$ və $U_{çix} = 0$ hesab olunur.

Bunu nəzərə alsaq $U_{çix} = \frac{-1}{\tau} \int_0^t U_{gir} dt$ alınır. Burada $\tau = RC$ inteqrallama sabitidir.

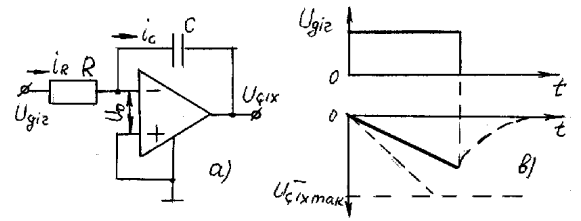
$\tau = RC = 1s^{-1}$ olanda ($R=1$ mOm, $C = 1mkF$) inteqrallama real vaxt miqyasında aparılır. R və C - nin digər nisbətlərində inteqrallamanın miqyası dəyişir. Miqyası giriş siqnallarının parametrlərini nəzərə almaqla elə seçirlər ki,

əməliyyatın sonunda çıxış gərginliyi $U_{çix}^{+i}$ və ya

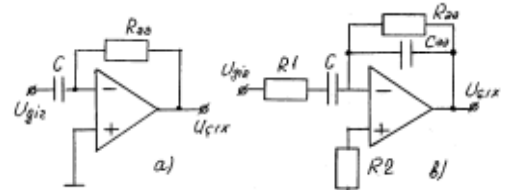
$U_{çix}^{-i}$ qiymətlərini almasın. əks halda in-teqrallama

düzgün alınmayacaqdır. Şəkil 22b- də giriş siqnalı pilləvari vahid gərginlik şəki-lindədir. Bə inteqrallama

sabiti düzgün seçil-məmədikdə çıxış gərginliyi qırıq xətlə göstərilən şəkildə olur.



Şəkil 5. İnteqratorun sxemi (a) və zaman diaqramları (b)



Şəkil 6. Differensiatorun sadə (a) və təkmilləşdirilmiş (b) sxemləri

Sərbəst iş №9

Ardıcıl-say prinsipli ARÇ. Paralel çevirmə prinsipli ARÇ.

Analoq-rəqəmsal çeviricilər (ARÇ) ikilik rəqəmsal kodun onun girişindəki analoqlu siqnalın səviyyəsi ilə müqaisə etmək üçün qurğusu kimidir. **ARÇ-nin çevirmə xarakteristikasına** ARÇ-nin çıxışında ikilik kodun ədədi ekvivalentinin normalaşdırılmış giriş analoqlu siqnalın şkala gərginliyinə (U_{gir}/U_{sk} asıllılığına deyilir. O da çoxpilləli qırıq xəttədir və fərqi ondan ibarətdir ki, dörddərəcəli ARÇ-də absis və ordinat oxları yerlərini dəyişmiş olur.

Belə inteqral ARÇ-lər iki növ olurlar: ardıcıl təsirli (açılan) və paralel təsirli (paralel). Açılan tipli ARÇ-rə ardıcıl hesablı, dərəcələr üzrə tarazlaşan (ardıcıl yaxınlaşma ilə) və inteqrallaşdırıcı ARÇ-lər aiddir.

Ardıcıl hesablı ARÇ-nin struktur sxemindən görüldüyü kimi U_{gir} sabit müsbət gərginlik (davamiyyəti $T_d = 1/f_d$ diskretizasiya periodundan azca kiçik olan sayma impulsun təsir zamanı ərzində) komparator rejimində işləyən DA1 əməliyyat gücləndiricisinin invertləyici girişinə daxil olur (şəkil 4). DA1 invertləşdirilmiş girişə ARÇ-nin DA2 giriş gərginliyi verilir, onun da rəqəmli girişləri CT2 ikilik sayğacın çıxışına qoşulur. CT2 sayğacı girişindəki atma

Şəkil 4. Ardıcıl hesablı analoq-rəqəmsal çeviricinin struktur sxemi

impulsu ilə ilkin sıfır vəziyyətinə gətirilir. CT2 sayğacın işə salma icazəsi girişdəki “işə salma” impulsu ilə əmələ gəlir, onun say girişinə f_t təkrartmə tezliyi ilə ardıcıl gələn takt impulsu daxil olur. Sayğacın çıxışında ikilik kod natural ədəd sırasının qiymətlərini keçir, DA2-nin çıxışında işə gərginlik onun çevirmə xarakteristikasına uyğun pilləli artır.

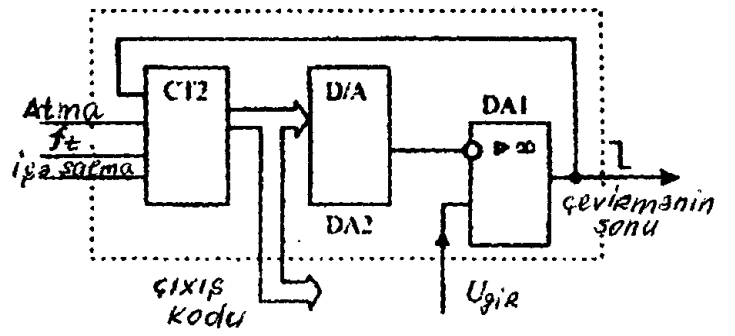
Bu gərginlik U_{gir} gərginliyinə bərabər olan anda, DA1 komparatoru işə düşərək, sayğacın işini dayandırır. DA1-in vəziyyətinin dəyişməsi “çevirmənin sonu” signalı kimi istifadə olunur, sayğacın çıxış kodu işə giriş analoqlu signalın rəqəmli ekvivalentinə uyğun olacaq.

Ardıcıl hesablı ARÇ-nin ümumi nöqsanı – nisbətən böyük olmayan teztəsirlilikdir. Buna görə də onlar adətən aşağı tezlikli voltmetrlərdə istifadə olunurlar.

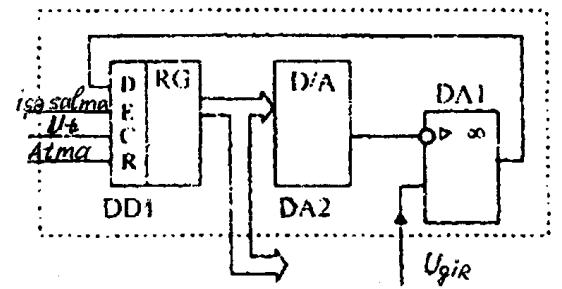
Teztəsirliliyin belə aşağı olmasının əsas səbəbi ondan ibarətdir ki, ikilik sayğac hər dəfə sıfırdan özünün U_{gir} gərginliyi ilə təyin edilən son vəziyyətinə qədər aralıq qiymətləri keçir. Teztəsirliliyi artırmaq üçün ARÇ-nin giriş kodunun ardıcıl strategiyasını dərəcələrlə verilməsi ilə əvəz edilməlidir, yəni əvvəl U_{gir} gərginliyini ARÇ-nin çıxışındakı

$U_{ARÇ}$ gərginliyinin kodunda böyük dərəcədə yeganə vahid və qalandərəcələrdə işə sıfırlar olanla müqaisə edilir. Əgər ola bilsin ki, $U_{gir} > U_{RAÇ}$ olsun, onda böyük dərəcədə vahidi saxlamaq lazımdır, olmasa – atmaq tələb olunur. Sonra vahidi növbəti kiçik dərəcədə saxlayaraq göstərilən üsulu təkrar lazımdır. Proses ən kimik dərəcənin daxilindəkinin təyini ilə başa çatır. Dərəcələrə görə çıxış kodunun qurulması ARÇ-rə **dərəcələrə görə tarazlaşan ARÇ-ri deyilir** (şəkil 5). Bu sxemdə ikilik sayğac ardıcıl yaxınlaşma registri (RG) ilə əvəz edilir.

RG DD1-in bütün dərəcələri ilkin sıfır vəziyyətinə R girişdə atma impulsu ilə quraşdırılır. “İşə salma” signalı icazə girişi E ilə ARÇ-ni işə salır, amma onda çevirmənin bütün sikli $U_i(t)$ n takt impulsu ərzində hər zaman başa çatır, burada n-ARÇ-nin dərəcəliyidir. Hər takt impulsun müsbət düşgüsündə böyükdən başlayaraq registrdə onun bir dərəcəsi qurulur, lakin bu dərəcənin son vəziyyəti takt impulsun mənfi düşgüsü anında D-nin girişinin məntiqi səviyyəsi ilə təyin edilir. Öz növbəsində, D girişinin vəziyyəti DA1 komparatorunun $U_i(t)$ müsbət düşgü anında quraşdırılmış DA2-dəki kodda $U_{RAÇ}$ çıxış gərginliyi ilə U_{gir} gərginliyinin müqaisəsi nəticəsində təyin edilir. Əgər $U_{gir} < U_{RAÇ}$ D-nin girişində vahid quraşdırılır, $U_{gir} > U_{RAÇ}$ olsa – sıfır.



Şəkil 5. Dərəcələrlə tarazlaşan analoq-rəqəmsal çeviricinin struktur sxemi



Göstərilən ARC-də bütün çevirmə sikli $n=4$ takt impulsunda başa çatır (şəkil 6). Dörd dərəcəli ARC-nin dərəcələrə görə tarazlaşmada $U_{\text{şk}}=15\text{V}$ şkala gərginliyi və $U_{\text{gir}}=9,5\text{V}$ olduqda komparatorun çıxış və $U_{\text{RAÇ}}$ giriş gərginlikləri diaqramından görüldüyü kimi, ($t=0$) ilkin vəziyyətdə registrin bütün dərəcələri tullanmış olur. Odur ki, birinci takt impulsuna qədər $U_{\text{RAÇ}}(t)=0$, $U_{\text{kamp}}(t)=1$ ($U_{\text{çix}} \hat{=} 0$).

Takt impulsun müsbət düşğüsündə 1 registrin böyük dərəcəsinə vahid yazılır, RAÇ-nin çıxışında gərginlik 8V-a bərabər olur. Madam ki, bu zaman

$$U_{\text{çix}}=9,5\text{V} \hat{=} U_{\text{RAÇ}}=8\text{V}$$

olursa $U_{\text{kamp}}(t)=1$ böyük dərəcədə yazılı, bu da RG registrin D girişinin birinci takt impulsunun mənfi düşğüsü anına aid olur.

1 və 2 takt impulslarının aralığında RAÇ-nin çıxışında 8V gərginliyi olacaq, komparatorun çıxışında isə - 1 vəziyyəti.

Müsbət takt impulsunun 2-ci müsbət düşğüsündə qonşu daha kiçik dərəcəyə 1 yazılacaq, RAÇ-nin çıxışında $U_{\text{RAÇ}}=12\text{V}$ gərginliyi olacaqdır. $U_{\text{RAÇ}} \hat{=} U_{\text{gir}}$ olduğundan, komparatorun çıxışında sıfır quraşdırılacaqdır. Bu sıfır 2-ci takt impulsunun mənfi düşğüsündə registrə yazılacaq, bunun da nəticəsində RAÇ-nin çıxış gərginliyi yenidən 8V-a bərabər olacaq, odur ki, 2 və 3-cü takt impulsların aralığında komparatorun çıxışında yenədə 1 olacaq ($U_{\text{gir}} \hat{=} U_{\text{RAÇ}}$) və s.

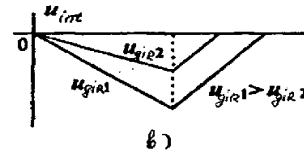
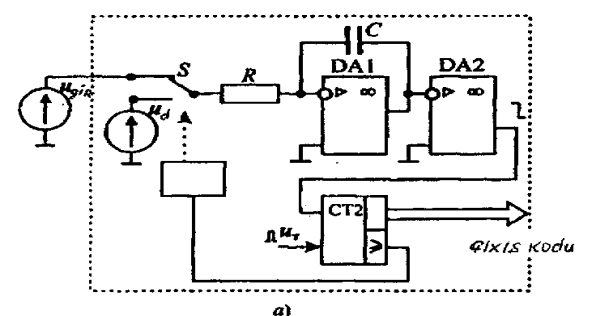
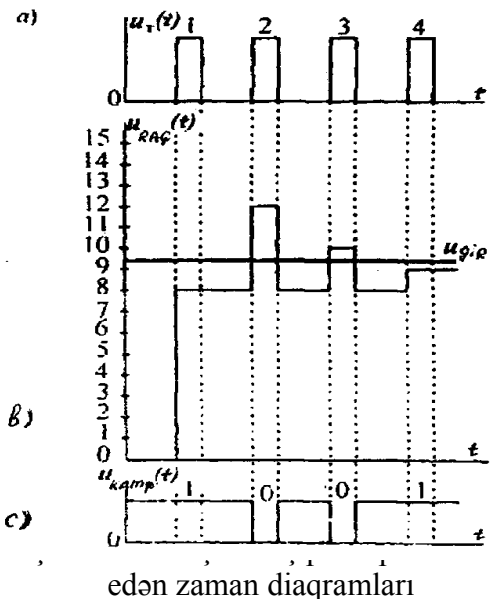
Yüksək həssaslığa malik olan sabit cərəyan rəqəmsal cihazlar üçün inteqrallaşdırıcı ARC istifadə olunur. Belə ARC-lər üçün teztəsirlilik hələ də böyük əhəmiyyət kəsb etmir, onlar üçün daha vacib odur ki, intensiv xətlərin təsirindən sazlaşma təmin olunsun, onların da tezliyi sənaye qida şəbəkəsinin dəyişən cərəyan tezliyinə $f=50\text{ Hz}$ bölünən olsun. Ardıcıl təsirli adi ARC-dən fərqli olaraq inteqrallaşdırıcı ARC-ri RAC əvəzinə inteqrator istifadə edir. Nəzərə alsaq ki, onun perioduna bölünən, inteqrallaşma parçalarından götürülən, harmonik funksiyadan intqral sıfıra bərabər olduğundan, bu növ ARC-lər sabit cərəyan rəqəmsal cihazların göstəricisinə şəbəkə xətlərinin təsirini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa qadirdir. İkilik inteqrallaşmanın ARC-sının ilkin vəziyyətində ikilik sayğac CT2 sıfıra qoyulur, S çeviricisi isə ölçülən sabit giriş gərginliyinə qoşulur (şəkil 7). Xətlər olmadığı halda DA1 invertləyici inteqratorun çıxışındakı gərginlik xətti qanununa uyğun dəyişir, DA2 komparatorunun çıxışında gərginlik müsbətdir, U_t takt impulsları təsirindən öz vəziyyətini dəyişən sayğacın işinə icazə verilir. Onların ardıcıl periodu $T=KT_s/2^N$ mütnasib-likdən seçilir.

Burada K-tam ədəddir;

N-sayğacın dərəcəliyidir; $T_s=1/f_s=0,02\text{ s}$ -dəyişən cərəyan gərginliyinin periodudur.

Sayğac impulsla dolu halda idarəetmə sxeminin girişinə (İŞ) verilən daha yüksək

dərəcəyə keçid çıxışında $\begin{matrix} 2^n-1 \\ \geq \hat{=} \end{matrix}$ S Şəkil 7. İkiqat intqralaşdırıcı analoq-rəqəmsal çeviricisi

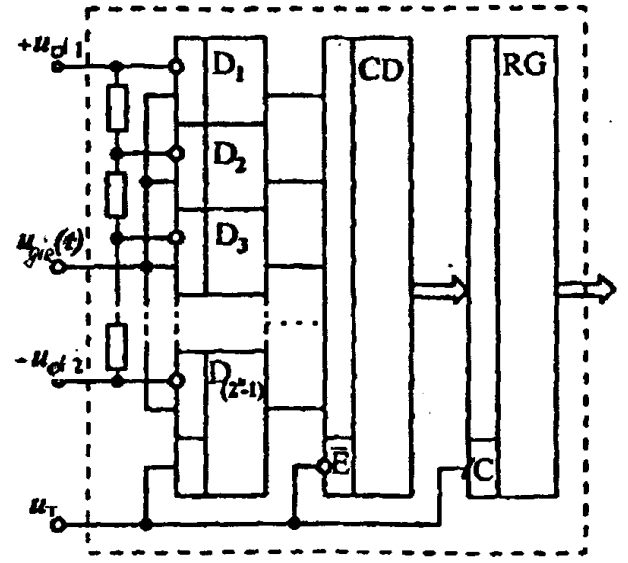


çevirilir, o da qütbü U_{gir} gərginliyinə əks olan U_{day} dayaq gərginliyi mənbəyini integratorun girişinə qoşur. DA1 integratorun çıxındaki gərginlik xətti artmağa başlayır və sifıra çatan anda DA2 komparatoru işə düşərək CT2 sağacın işini dayandırır.

Paralel təsirli ARÇ-lər tezdəyişən analoqlu siqnalların çevirilməsinə təyin edilib, buna görə də əhəmiyyətli böyük teztəsirliliyə malikdirlər. Belə ARÇ-lər $(2n-1)$ olan $D_1-D_{2^{n-1}}$ teztəsirli çıxış komparatorlarından (n -ARÇ-nin dərəcəliyidir), komparatorun çıxış siqnalını ikilik koda çevirən CD çifratorundan, ARÇ-nin iki qonşu aralıq hesablamaların zamanı ərzində bu kodun saxlanması təmin edən RG registrindən ibatərdir (şəkil 8). Bu sayların tezlik ardıcılığı U_t takt impulslarının təkrar etmə tezliyi ilə təyin edilir.

Komparatorun işi E-nin icazə verən düz girişinin siqnalı ilə baş verir. Komparatorun düz girişinə $U_{gir}(t)$ siqnalı verilir, inversləyiciyə isə çevirilən siqnalın amplitudasını təyin edən $+U_{day1}$, $-U_{day2}$ gərginlik mənbəyinin bölücüsünün rezistorundan götürülən dayaq gərginlikləri verilir, onlarda çevirilən siqnalın amplitudunu təyin edir. Əgər giriş siqnalı U_{day1} , U_{day2} gərginliklər hüdudundan çıxırsa, $U_t=1$ bərabər olanda bütün komparatorlar eyni vəziyyətlərdə (1 və ya 0) quraşdırılmış olur və bu vəziyyətdə $U_{gir}(t)$ yenidən bu hüdudlara qayıdana qədər qalır. Giriş siqnalının müəyyən orta qiymətlərində D_1-D_i komparatorlar 0 vəziyyətində olacaqlar, $D_{i+1}...D_{2^{n-1}}$ isə - 1 vəziyyətində.

Komparatorların çıxışından siqnallar CD deşifratoruna daxil olur, o da $U_t=1$ olduqda E icazə vermə invers görə bağlanır. U_t -nin 1 vəziyyətindən 0 vəziyyətinə keçid zamanı şifrator ikilik kodu çıxarır, o da U_t -nin sonrakı 0-dan 1-ə keçidi zaman C -nin düz dinamik girişi ilə RG registrinə köçürülür və bu zaman onda kodun keçmiş qiymətini ARÇ-nin çıxışında əvəz edir.



Sərbəst iş №10

Say sistemləri, bir say sistemindən digərinə keçid. Məntiqi qurğuların minimizasiyası

Say (hesablama) sistemi ədədlərin rəqəmlər adlanan məhdud simvollar əlifbası vasitəsilə ifadə olunması üsuludur. Say sistemi kodlaşdırmanın bir üsuludur. Müəyyən əlifba vasitəsilə müəyyən üsullarla yazılan sözə **kod** deyilir, kodun alınma prosesinə isə **kodlaşdırma** deyilir.

Say sistemləri 2 cür olur: mövqeli və mövqesiz.

Mövqesiz say sistemlərində hər bir ədəd simvolların (rəqəmlərin) müəyyən yığımları ilə ifadə olunur. Burada ədədi təşkil edən rəqəmlərin qiymətləri onların tutduğu yerdən (mövqedən) asılı olmur və hesab əməlləri mürəkkəb qaydalarla aparılır. Bu say sistemlərinə 2500 min il bundan əvvəl

Qədim Romada istifadə olunan Rum say sistemini, Əlifba say sistemlərini misal göstərmək olar.

Rum say sisteminin əsasında I (bir barmaq) – 1 ədədi üçün, V (açılmış ovuc) – 5 ədədi üçün, X (iki açılmış ovuc) – 10 ədədi üçün istifadə olunmuşdur. 100, 500, 1000 ədədlərini təsvir etmək üçün isə uyğun olaraq latın dilində onların adlarının (Centum – yüz, Demimille – 5 yüz, Mille – min) baş hərflərindən istifadə etmişdilər:

I = 1, **X** = 10, **C** = 100, **M** = 1000

V = 5, **L** = 50, **D** = 500

Romalılar ədədi təsvir etmək üçün onu minliklərin, yüzlüklərin, onluqların, təklidlərin cəmi şəklində yazırdılar.

Məsələn, 28 ədədi aşağıdakı kimi təsvir olunurdu:

XXVIII = 10 + 10 + 5 + 1 + 1 + 1

(iki onluq, bir beşlik və üç təklik)

Aralıq ədədləri təsvir etmək üçün romalılar yalnız toplamadan deyil, həmçinin fərqdən də istifadə etməyə başladılar. Belə bir qayda tətbiq olunurdu: böyük işarədən sağda yerləşən hər bir kiçik işarə onun qiymətinin üzərinə gəlirdi, böyük işarədən solda yerləşən hər bir kiçik işarə isə həmin ədəddən çıxılırdı. Məsələn: IX – doqquzu, XI – on biri ifadə edir.

Ümumiyyətlə, ədədləri bu ardıcılıqla yaza bilərik:

I (1), II (2), III (3), IV(4), V(5), VI (6), VII (7), VIII (8), IX (9), X (10)

XX (20), XXX (30), XL (40), L (50), LX (60), LXX (70), LXXX (80), XC (90), C (100)

CC (200), CCC (300), CD (400), D (500), DC (600), DCC (700), DCCC (800), CM (900), M (1000)

Rum say sistemində uzun müddət istifadə etmişlər. Hələ 200 il bundan öncə iş vərəqələrində ədədlər rum rəqəmləri ilə yazılmalı idilər (o zaman belə düşünülürdü ki, adi ərəb rəqəmlərini saxtalaşdırmaq asandır). Hal-hazırda rum say sistemindən əsasən kitablarda məşhur tarixlərin, cildlərin, fəsillərin, başlıqların adlandırılmasında istifadə olunur. Kompüter texnikasında da isə bu say sistemlərindən istifadə olunmur.

Nisbətən müasir mövqesiz say sistemlərindən hesab olunan Əlifba say sistemlərinə yunan, slavyan, fin və başqa say sistemləri aiddir.

Qədim Yunan əlifba say sistemində 1, 2, ... , 9 ədədləri yunan əlifbasının ilk doqquz hərfi ilə işarə olunurdu. Məsələn: $\alpha = 1$, $\beta = 2$, $\gamma = 3$ və s. 10, 20, ... , 90 ədədlərini təsvir etmək üçün isə növbəti doqquz hərfdən ($\iota = 10$, $\kappa = 20$, $\lambda = 30$, $\mu = 40$ və s.), 100, 200, ... , 900 ədədlərini təsvir etmək üçün isə son doqquz hərfdən ($\rho = 100$, $\sigma = 200$, $\tau = 300$ və s.) istifadə edilmişdir. Məsələn: 141 ədədi bu say sistemində $\rho\mu\alpha$ kimi yazılırdı.

Mövqeli say sistemləri ədədlərin təsvirindəki əyaniliyə və hesab əməllərinin aparılmasındakı sadəliyə görə böyük üstünlüklərə malikdir. Bu say sistemində ədədi təşkil edən rəqəmlərin qiymətləri onların ədəddəki mövqeləri ilə təyin olunur. Məsələn: 333 ədədindəki 3 rəqəmlərinin qiymətləri fərqlidir. Soldan birinci 3 üç yüzü, ikinci 3 otuzu, üçüncü isə üçü göstərir.

Mövqeli say sistemlərinin tipik nümayəndəsi bizim istifadə etdiyimiz onluq say sistemidir. Bundan əlavə, informatikada digər mövqeli say sistemlərindən də istifadə olunur.

Ədədlərin yazılışı üçün istifadə olunan simvolların (rəqəmlərin) sayına say sisteminin **əsası** deyilir. Əsası q olan mövqeli say sistemindəki ixtiyari A ədədini belə təsvir etmək olar:

$$A_{(q)} = a_{n-1}q^{n-1} + a_{n-2}q^{n-2} + \dots + a_0q^0 + a_{-1}q^{-1} + a_{-2}q^{-2} + \dots + a_{-m}q^{-m} \quad (1)$$

Burada $A_{(q)}$ - q əsaslı say sistemində verilən ədəd;

q - say sisteminin əsası;

a_i - verilmiş say sisteminin əlifbasına daxil olan rəqəmlər ($a_i < q$);

n - tam hissədəki mərtəbələrin (rəqəmlərin) sayı;

m - kəsr hissədəki mərtəbələrin (rəqəmlərin) sayıdır.

Onluq say sisteminin (DECimal) əsası ondur, yəni burada ədədlərin yazılışı üçün on rəqəmdən (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9) istifadə olunur.

Əsas: $q = 10$.

Əlifba: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Məsələn, onluq say sistemində $A_{10} = 4718,63$ açıq şəkildə belə yazılır:

$$A_{10} = 4 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^2 + 1 \cdot 10^1 + 8 \cdot 10^0 + 6 \cdot 10^{-1} + 3 \cdot 10^{-2}$$

Say sisteminin əsası mötərizə içərisində indeks kimi göstərilir. $A_{(q)}$ ədədi adi halda belə yazılır:

$$A_{(q)} = a_n a_{n-1} \dots a_2 a_1, a_{-1} \dots a_{-m} \quad (2)$$

Vergül işarəsi tam hissəni kəsr hissədən ayırır və mövqelərin (mərtəbələrin) çəki qiymətlərinin hesablanması üçün başlanğıcını təyin edir. Gündəlik həyatımızda da biz məhz bu cür yazılışdan istifadə edirik.

Onluq say sisteminin

informatikada əsası 2 olan ikilik və bu say sistemi ilə asan əlaqə yaratmağa imkan verən 8-lik (2^3) və 16-lıq (2^4) say sistemlərindən istifadə olunur. Ən geniş tətbiq olunan ikilik say sistemidir. İndiyə qədər mövcud olan, o cümlədən, müasir kompyuterlərdə informasiyanın məşinaxili təsviri üçün 2-lik say sistemindən istifadə olunur.

İkilik say sisteminin (BINary) əsası ikidir ($q=2$). Bu say sistemində istənilən ədəd 0 və 1-lərlə ifadə olunur.

Əsas: $q = 2$.

Əlifba: 0, 1.

İkilik say sistemində istənilən ədədi aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:

$$A_2 = a_n 2^{n-1} + a_{n-1} 2^{n-2} + \dots + a_2 2^1 + a_1 2^0 + a_{-1} 2^{-1} + a_{-2} 2^{-2} + \dots + a_{-m} 2^{-m} \quad (3)$$

Burada a_i - (0, 1) çoxluğuna daxil olan ədədlərdir.

Misal üçün, $A_2 = 1001,1$ ikilik ədədini açıq şəkildə yazıb hesablama aparsaq, bu ədədin onluq say sistemində təsvirini alacağıq:

$$A_2 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} = 8 + 1 + 0,5 = 9,5_{10}$$

Səkkizlik say sisteminin (OCTal) əsası 8-dir:

$q = 8$;

Əlifba: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

$A_8 = 7764,1$ səkkizlik ədədini açıq şəkildə yazıb hesablama aparsaq, bu ədədi onluq say sistemində təsvir etmiş olarıq:

$$A_8 = 7 \cdot 8^3 + 7 \cdot 8^2 + 6 \cdot 8^1 + 4 \cdot 8^0 + 1 \cdot 8^{-1} = 3584 + 448 + 48 + 4 + 0,125 = 4084,125_{10}$$

16-lıq say sistemi (HEXadecimal). Kompüter üçün məqbul olan 2-lik say sistemi bir tərəfdən ədədlərin yazılışının uzun olmasına görə, digər tərəfdən istifadə vərdişi olmadığından insan üçün əlverişli deyil. Odur ki, 2-lik və 10-luq say sistemləri arasında əlaqə yaratmaq məqsədilə kompüter texnikasında 8-lik və 16-lıq say sistemlərindən istifadə olunur. Müasir kompüterlərdə əsasən 16-lıq say sistemi tətbiq olunur.

Onaltılıq say sisteminin əsası 16-dır. 16-lıq say sisteminin 0-dan 9-a qədər rəqəmi onluq say sistemindən götürülmüş, qalan 6 rəqəm kimi (10-dan 15-ə qədər) latın əlifbasını A-dan F-ə qədər hərfləri qəbul olunmuşdur.

Əsas: $q = 16$.

Əlifba: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.

Onaltılıq say sistemində verilmiş $3AF_{16}$ ədədini açıq şəkildə belə yazıla bilər:

$$3AF_{16} = 3 \cdot 16^2 + 10 \cdot 16^1 + 15 \cdot 16^0 = 768 + 160 + 15 = 943_{10}$$

Kompüter ikilik say sistemində işləyir, istifadəçilər üçün isə onluq və ya onaltılıq say sistemləri əlverişlidir. Odur ki, ədədlərin bir say sistemindən digərinə çevrilməsi lazım gəlir.

q əsaslı say sistemindəki A ədədinin p əsaslı say sistemində çevrilməsi ($A_q \rightarrow A_p$) üçün əvəzetmə və say sisteminin əsasına bölmə-vurma qaydalarından istifadə olunur.

Əvəzetmə qaydası (1) düsturu əsasında yerinə yetirilir və hesab əməllərinin yeni say sistemində aparılmasını nəzərdə tutur. Ona görə də həmin qaydadan əsas etibarilə ədədlərin qeyri-onluq say sistemlərindən (2-lik, 8-lik, 16-lıq) onluq say sistemində çevrilməsində istifadə olunur.

Misal . İkilik say sistemindəki $x_2=11011,1$ ədədini onluq say sistemində təsvir edək:

$$x_{10}=1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} = 27,5$$

Misal . Səkkizlik say sistemindəki $x_8=21,7$ ədədini onluq say sistemində təsvir edək:

$$x_{10}=2 \cdot 8^1 + 1 \cdot 8^0 + 7 \cdot 8^{-1} = 17\frac{7}{8}$$

Misal . 363_{10} onluq ədədini 2-lik say sistemində təsvir edək:

Bölünən	363	181	90	45	22	11	5	2	1
Bölən	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Qalıq	1	1	0	1	0	1	1	0	1



$363_{10} = 101101011_2$ alırıq.

q əsaslı say sistemindəki kəsr ədədin tam hissəsini p say sistemində çevirmək üçün **bölmə qaydasından**, kəsr hissəni çevirmək üçün isə **vurma qaydasından** istifadə olunur.