

Skaitikliai

Bendros žinios. Skaitikliai - tai iš n trigerių (angl. flip-flop) sudaryti įtaisai, skirti į jėimą paduodamiems impulsams skaičiuoti. Skaitiklio išėjimų skaičius lygus n - po vieną iš kiekvieno trigerio. Padavus jėjimo impulsą, trigerių būsenos pasikeičia taip, kad skaitiklio išėjimų lygiai dvejetainiame kode reikštų skaičių vienetu didesnį arba mažesnį už buvusį. Kai didėjant impulsų skaičiui, dvejetainis skaičius gaunamas skaitiklio išėjimuose didėja, skaitiklis vadinamas sudėties skaitikliu. Jeigu didėjant impulsų skaičiui išėjimo kodas reik mažėja, skaitiklis vadinamas atimties skaitikliu.

Pagrindinis skaitiklio parametras jo talpa K . Tai didžiausias impulsų skaičius, kurį skaitiklis gali suskaičiuoti. Kai į skaitiklio jėjimą paduotų impulsų skaičius lygus K , skaitiklis grįžta į pradinę būseną. Sudėties skaitikliui pradinė būsena paprastai lygi nuliui. Atimties - ($K - 1$). Skaitikliai gali būti dvejetainiai ($K = 2^n$) ir ne dvejetainiai ($2^{n-1} < K < 2^n$). Plačiai paplitę dešimtainiai skaitikliai ($K = 10$). Įtaisuose skaičiuojančiuose laiką reikalingi skaitikliai su $K = 60$ (sekundės, minutės). $K = 24$ (valandų skaičius paroje) ir t. t.

Nepriklausomai nuo talpos skaitikliai skirstomi į asinchroninius (angl. dažniausiai "ripple counter" vadinami) ir sinchroninius. Tokį skirstymą pateikia dauguma firmų gamintojų. Sinchroniniai gali būti nuoseklus perkėlimo (trumpai vadinami sinchroniniai nuoseklieji, angl. synchronous serial), arba sinchroniniai lygiagretaus perkėlimo (trumpai - sinchroniniai lygiagretieji, angl. synchronous parallel). Sinchroniniuose skaitikliuose jėjimo (skaičiuojamieji) impulsai paduodami į visų skilčių trigerius lygiagrečiai, todėl trigerių būsenos keičiasi vienu metu (sinchroniškai). Asinchroniniuose skaitikliuose signalą būsenos pakeitimui tolimesnis trigeris gauna iš prieš jį esančio, todėl trigerių būsenos keičiasi ne vienu metu (asinchroniškai). Smulkiau skirtumai tarp šių skaitiklių ir iš to išplaukiančios problemos bus aptartos toliau, nagrinėjant jų logines sandaras.

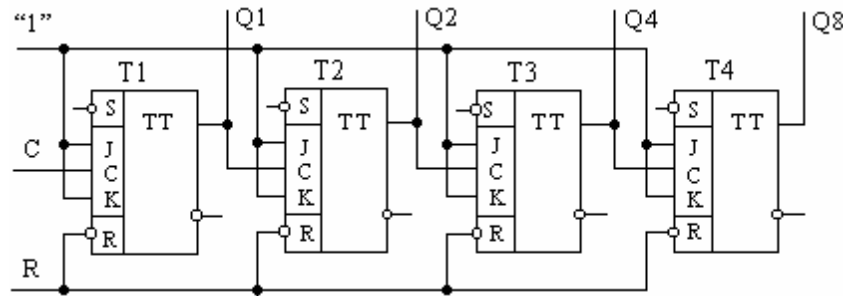
Sudėties ir atimties skaitiklius galima pakeisti vienu universaliuoju reversiniu skaitikliu, dirbančiu sudėties arba atimties veika (angl. up/down). Toks skaitiklis gali turėti atskirus sudėties ir atimties jėjimus, arba vieną bendrą jėjimą. Pastaruoju atveju skaičiavimo kryptis nurodoma valdymo signalu (signalais).

Paprastai skaitiklis turi jėjimą į kurį padavus atitinkamą lygį jis perjungiamas į pradinę būseną (dažniausiai nulį). Universalieji skaitikliai kartais turi n papildomų jėjimų $D1 - Dn$, į kuriuos padavus signalus (dvejetainio skaičiaus kodą) ir esant papildomam valdančiajam signalui, kiekviena skaitiklio skiltis (kiekvienas trigeris) gali būti nustatytas į norimą būseną. Šiuo atveju skaitiklis pradės skaičiuoti ne nuo pradinės būsenos, o nuo į skaitiklį įrašyto skaičiaus. Kai kurie skaitikliai turi papildomus išėjimus, kurie gali būti panaudoti jungiant skaitiklius nuosekliai, norint padidinti skaitiklių talpą K .

Vienas iš svarbesnių skaitiklio parametrų yra jo veikimo sparta. Ji nusakoma didžiausiu leidžiamuoju jėjimo impulsų dažniu. Paprastai gamintojai pateikia ir daugiau skaitiklio spartą nusakančių parametrų.

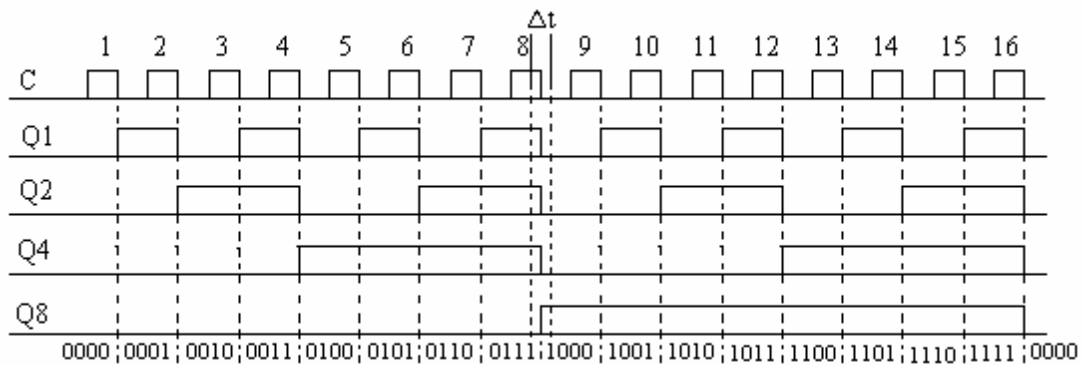
Dvejetainiai asinchroniniai skaitikliai. Paprasčiausio keturių skilčių dvejetainio asinchroninio skaitiklio funkcinė (loginė) schema pavaizduota 1 pav. Šioje schemoje skaitiklio išvadai pažymėti Q1, Q2, Q4, Q8. Čia skaitmuo prie simbolio "Q" reiškia dvejetainio skaičiaus skilties dešimtainį atitikmenį ($1 = 2^0$, $2 = 2^1$, $4 = 2^2$, $8 = 2^3$, ...). Paprastai loginių elementų jėjimai vaizduojami kairėje, o išėjimai dešinėje pusėje. Nenorint schemą padaryti painia, jauniausioji skiltis šiame paveiksle (ir kituose) atvaizduota kairėje pusėje. Skaitiklis sudarytas iš universaliųjų

dvipakopių (MS) JK trigerių (gali būti ir dvipakopiai T trigeriai). Trigerių R asinchroniniai įėjimai (inversiniai) sujungti lygiagrečiai. Padavus į juos žemą lygį skaitiklis nustatomas į pradinę būseną (nulį). Analogiškai lygiagrečiai sujungti trigerių J bei K įėjimai, ir į juos paduota loginis 1 (aukštas lygis). Prisiminus, kad šiuo atveju JK trigeris, esant įėjime C signalui (tiksliau jam pasibaigus, nes trigeriai dvipakopiai) keičia būseną į priešingą (0 → 1, 1 → 0) nesunku suprasti skaitiklio veikimą



1 pav. Keturių skilčių asinchroninio dvejetainio skaitiklio, sudaryto iš dvipakopių JK trigerių schema

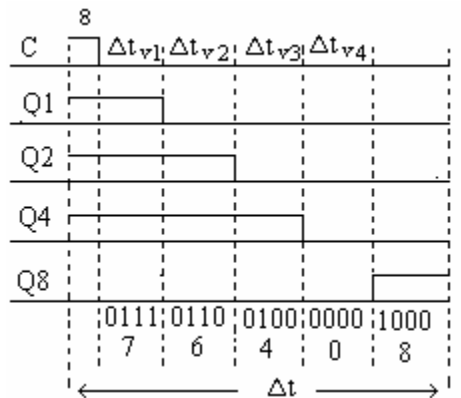
Kai pradiniu momentu visų trigerių išėjimuose 0, pasibaigus įėjimo impulsui trigeris T1 pereis į būseną 1 ($Q_1 = 1$). Skaitiklio išėjimuose gaunama dešimtainio 1 dvejetainis atitikmuo 0001. Pasibaigus 2 -jam impulsui pirmasis trigeris grįš į būseną 0. Lygio pokytis į žemą pirmojo trigerio išėjime lems tai, kad trigeris T2 pereis į būseną 1. Gaunama dvejetainis skaičius 0010 atitinkantis dešimtainį skaičių 2. Trečiasis įėjimo impulsas grąžins trigerį T1 į būseną 1. Skaitiklio išėjimuose gausime dešimtainio skaičiaus 3 dvejetainį atitikmenį 0011. Šiuos ir tolimesnius trigerių būsenų kitimus parodo skaitiklio veikimo laikinės diagramos, pateiktos 2 pav.



2 pav. Keturių skilčių skaitiklio veikimo laikinės diagramos

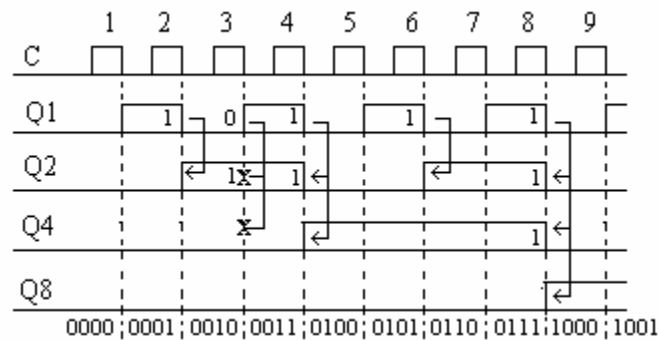
Kaip jau buvo minėta ir kaip matyti iš pateikto paaiškinimo, trigerių būsenos keičiasi viena po kitos, t. y. - nuosekliai. Kartais toks skaitiklis neteisingai vadinamas nuoseklaus perkėlimo.

3 pav. padidintu masteliu pavaizduota, kaip kinta trigerių būsenos, kai skaitiklio išėjimuose dvejetainis skaičius 0111 po aštunto impulso keičiasi į 1000 (intervalas Δt). Kaip matyti iš 3 pav., prieš gaunant skaičių 1000, skaitiklio išėjimuose susidaro tarpinės būsenos 0110, 0100, 0000. Tai pagrindinis asinchroninių skaitiklių trūkumas. Panaudojus tokį skaitiklį sudėtingesniame skaitmeniniame įrenginyje, susidarancios tarpinės būsenos, gali sutrikdyti viso įrenginio veikimą.



3 pav. Asinchroniniame skaitiklyje susidarančios trigerių būsenos laiko intervale Δt , kai dvejetainis skaičius 0111 keičiasi į 1000

Dvejetainiai sinchroniniai skaitikliai. Skaitiklio veikimo laikinių diagramų analizė rodo, kad pirmojo trigerio išėjime Q_1 loginis lygis visada keičiasi, kai pasibaigia įėjimo impulsas. Tolimesniojo trigerio išėjime Q_2^n ($n > 0$) lygis pakinta (pasikeičia trigerio būseną) tik tada, kai prieš būsenos pasikeitimą visų prieš jį esančių trigerių išėjimuose yra vienetai (5 pav.).

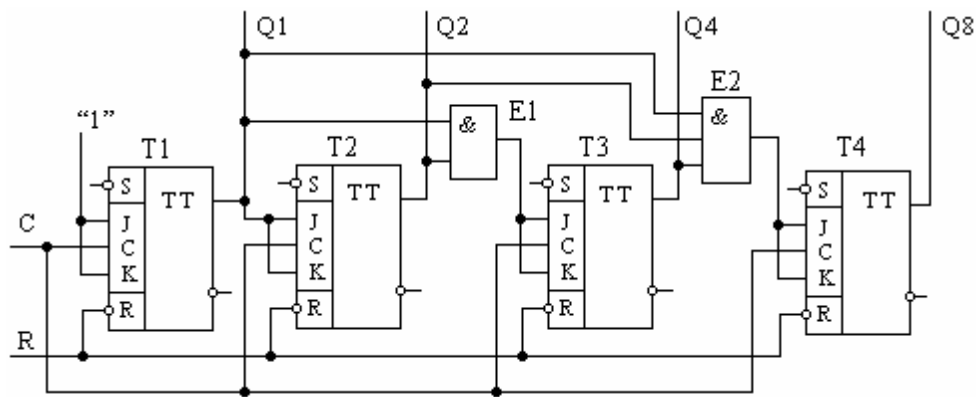


4 pav. Skaitiklio veikimo laikinės diagramos, iliustruojančios trigerių būsenų pasikeitimų sąlygas

Iš 4 pav. matyti, kad kai iki antrojo impulso pabaigos $Q_1 = 1$, impulsui pasibaigus Q_2 pasikeičia į $\overline{Q_2}$. Prieš trečiojo impulso pabaigą $Q_1 = 0$, $Q_2 = 1$, o jam pasibaigus tiek Q_2 tiek ir Q_4 nekinta (4 pav. pažymėta "x"). Baigiantis ketvirtam - $Q_1 = 1$, $Q_1 \cdot Q_2 = 1$. Impulsui pasibaigus - $Q_2 \rightarrow \overline{Q_2}$, $Q_4 \rightarrow \overline{Q_4}$. Tuo tarpu, kad lygis pakistų išėjime Q_8 , turi būti patenkinta sąlyga $Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_4 = 1$. Leidžiamieji būsenų pasikeitimai 4 pav. parodyti rodyklėmis. N - tojo trigerio (Q_2^n) būsenos pasikeitimo sąlygą galima užrašyti logine lygtimi:

$$Q_1 \cdot Q_2 \cdot \dots \cdot Q_2^{n-1} = 1.$$

Atlikta analizė rodo, kad galimi skaitikliai kuriuose visi trigeriai keistų būsenas vienu metu (sinchroniniai skaitikliai). Šiuo atveju įėjimo (skaičiuojamieji) impulsai į visų skaitiklio trigerių sinchronizavimo įėjimus turi būti paduoti lygiagrečiai. Atitinkamas trigeris savo būseną turėtų pakeisti tik tada, kai patenkinamos anksčiau suformuluotos būsenų pasikeitimo sąlygos. Tokio skaitiklio funkcinė schema parodyta 5 pav.



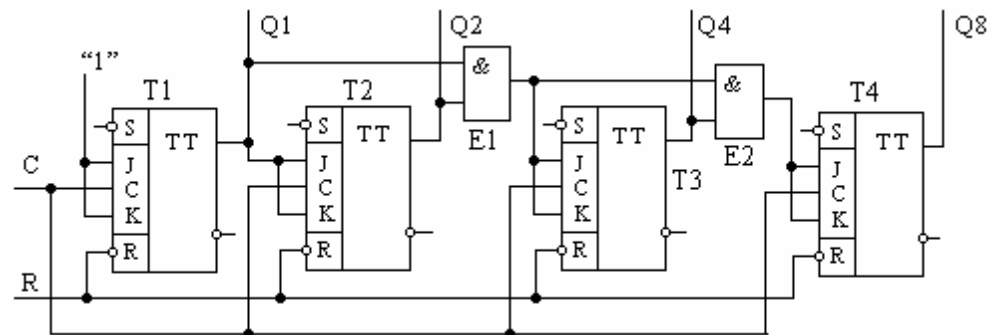
5 pav. Keturių skilčių sinchroninio lygiagretaus perkėlimo dvejetainio skaitiklio, sudaryto iš JK trigerių schema

Keturių skilčių skaitiklis, sudarytas iš dvipakopių JK trigerių. Kaip buvo minėta, šiame skaitiklyje įėjimo impulsai į trigerių C įėjimus paduodami vienu metu. Į JK trigerių J ir K įėjimus paduodamas signalas (1 arba 0) suformuotas loginiais elementais. Šis signalas leidžia arba uždraudžiantis trigeriui pakeisti būseną. Priminsime, kad JK trigeris pakeičia būseną į priešingą, kai $J = K = 1$.

Trigerio T1 išėjimas Q1 su trigerio T2 J ir K įėjimais sujungtas tiesiogiai. Jis galės pakeisti savo būseną kai $Q1 = 1$. Elementas E1 užtikrina trigerio T3 būsenos pasikeitimo sąlygą $Q1 \cdot Q2 = 1$. Elementas E2 užtikrina trigerio T4 būsenos pasikeitimo sąlygą $Q1 \cdot Q2 \cdot Q3 = 1$. Būsenos keisis pasibaigus įėjimo impulsui. Būsenų pasikeitimo signalas visiems trigeriams formuojamas tuo pačiu metu (lygiagrečiai), todėl toks skaitiklis vadinamas lygiagretaus perkėlimo.

Tokio tipo skaitikliui, didinant skilčių skaičių (didinant talpą K), reikia ir didesnio įėjimų skaičiaus elementų IR. Jo sandara nereguliari. Manoma, kad tai yra šio skaitiklio trūkumas.

6 pav. pavaizduota skaitiklio schema nuo anksčiau aprašytos skiriasi tik būsenos pasikeitimo signalo formavimo schema.

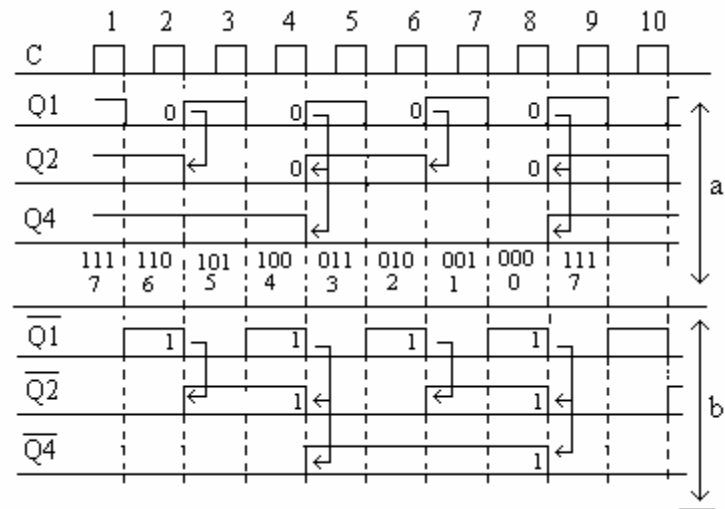


6 pav. Keturių skilčių sinchroninio nuoseklaus perkėlimo dvejetainio skaitiklio, sudaryto iš dvipakopių JK trigerių, funkcinė schema

Elementas E1 kaip ir ankstesnėje schemoje suformuos T3 būsenos pasikeitimo sąlygą $Q1 \cdot Q2 = 1$. Dviejų įėjimų elementas E2 būsenos pasikeitimo sąlygą formuoja iš E1 ir trigerio T3 išėjimų (loginė lygtis $(Q1 \cdot Q2) \cdot Q3 = 1$ vietoje buvusios $Q1 \cdot Q2 \cdot Q3 = 1$). Čia trigeris T4 informaciją apie trigerio T1 būseną gaus nuosekliai per E1 ir E2. Todėl tokią schemą turintys skaitikliai vadinami sinchroniniais nuoseklaus

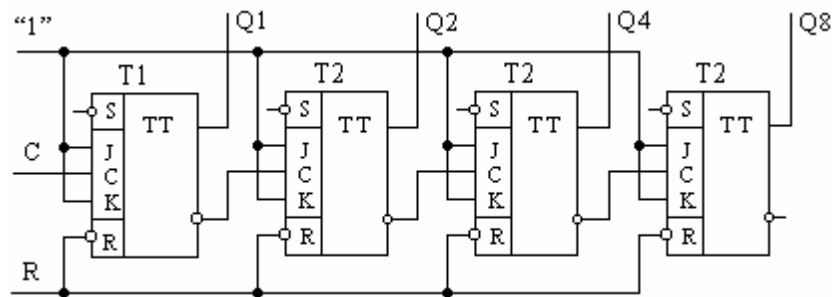
perkėlimo. Dėl tam tikros signalo vėlinimo trukmės elementuose E1, E2 sumažėja skaitiklio veikimo sparta.

Atimties ir reversiniai skaitikliai. Kaip, kad buvo pasakyta, jeigu didėjant impulsų skaičiui skaitiklio išėjimuose dvejetainio kodo reikšmė mažėja, skaitiklis vadinamas atimties skaitikliu. Tokio skaitiklio trijų skilčių darbo laikinės diagramos parodytos 7 pav. (a)



7 pav. Trijų skilčių atimties skaitiklio darbo laikinės diagramos tiesioginiuose (a) ir inversiniuose (b) trigerių išėjimuose

Čia reikia atkreipti dėmesį į tai, kad trigeriai turi keisti būsenas tada, kai prieš esančioje skiltyje lygis kinta $0 \rightarrow 1$ (sumuojančiajam skaitikliui buvo $1 \rightarrow 0$). Priminsime, kad pokytis $0 \rightarrow 1$ dvipakopio trigerio būsenos nekeičia. Tame pačiame 7 pav. (b) parodyta lygių kitimo diagramos inversiniuose trigerių išėjimuose. Nesunku suprasti, kad norint gauti atimties skaitiklį trigerius reikia valdyti šiais lygiais. Paprasčiausio asinchroninio dvejetainio atimties skaitiklio loginė schema parodyta 8 pav.



8 pav. Paprasčiausio asinchroninio dvejetainio atimties skaitiklio loginė schema

Jeigu pradiniu momentu visų trigerių išėjimuose 1, (dešimtainio skaičiaus 7 dvejetainis atitikmuo 111) pasibaigus įėjimo impulsui trigeris T1 pereis į būseną 0 (žiūr. 7 pav.). Skaitiklio išėjimuose gaunama dešimtainio skaičiaus 6 dvejetainis atitikmuo 110. Pasibaigus 2 -jam impulsui pirmasis trigeris grįš į būseną 1. Lygio pokytis į žemą pirmojo trigerio inversiniame išėjime lems tai, kad trigerio T2 būseną pakis, ir jo tiesioginiame išėjime gausime 0. Gauta kombinacija 101 atitinka dešimtainį skaičių 5. Trečiasis įėjimo impulsas grąžins trigerį T1 į būseną 0.

Skaitiklio išėjimuose gausime dešimtainio skaičiaus 4 dvejetainį atitikmenį 100. Šiuos ir tolimesnius trigerių būsenų kitimus atimties skaitiklyje parodo skaitiklio veikimo laikinės diagramos

Sinchroniniam atimties skaitikliui bendra $Q2^n$ skilties būsenos pasikeitimo sąlyga (7 pav. (a) parodyta rodyklėmis):

$$Q1 + Q2 + \dots + Q2^{n-1} = 0.$$

Valdant trigerius jų inversinių išėjimų signalais, kaip matyti iš laikinių diagramų (7 pav. (b), skilties būsenos pasikeitimo sąlyga:

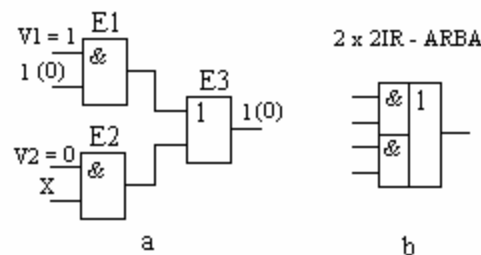
$$\overline{Q1} \cdot \overline{Q2} \cdot \dots \cdot \overline{Q2^{n-1}} = 1.$$

Šią sąlygą galima įrodyti ir remiantis loginės algebros dėsniais. Prisiminę lygties $Y = A + B$ dualumo (de Morgano) teoremą $\overline{Y} = \overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ galime parašyti:

$$\overline{0} = \overline{Q1 + Q2 + \dots + Q2^{n-1}} = \overline{Q1} \cdot \overline{Q2} \cdot \dots \cdot \overline{Q2^{n-1}} = 1.$$

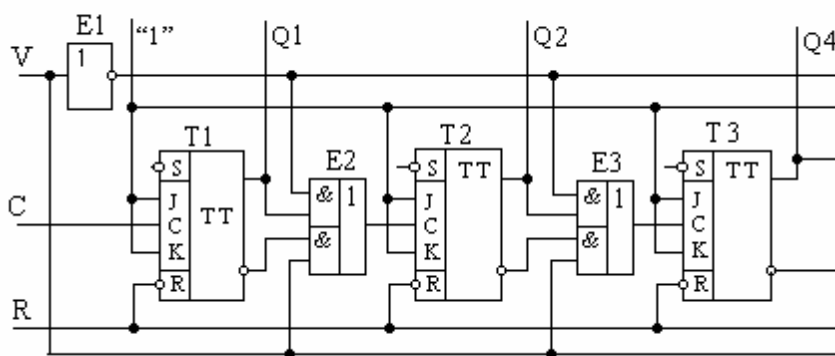
Iš pateiktų lygčių matyti, kad sinchroniniame atimties skaitiklyje trigerių būsenų pasikeitimo sąlygos turėtų būti formuojamos loginiais elementais iš trigerių inversinių išėjimų signalų. Tokio skaitiklio loginė schema būtų panaši į sudėties skaitiklio schemą.

Iš 6 pav. ir 8 pav. matyti, kad nesunkiai galima gauti keičiamos skaičiavimo krypties (reversinį) skaitiklį. Tuo tikslu tarp skilčių reikėtų įjungti loginiais lygiais valdomą įtaisą, kuris prie tolimesnio trigerio C įėjimo galėtų prijungti prieš esančio trigerio Q arba \overline{Q} išėjimą. Tokio įtaiso, sudaryto iš dviejų elementų IR ir elemento ARBA, loginė schema parodyta 9 pav. (a).



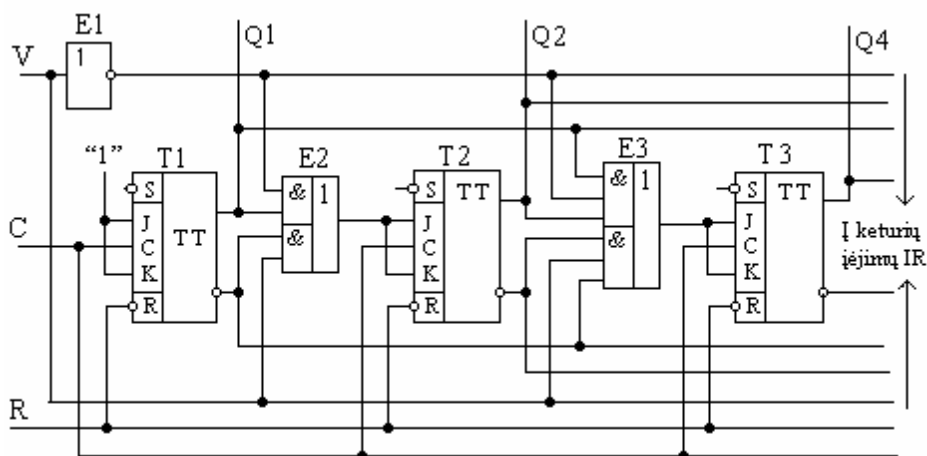
9 pav. Ryšio tarp skilčių perjungimo įtaiso, sudaryto iš dviejų elementų IR ir elemento ARBA, loginė schema (a) ir jo grafinis žymuo (b)

Kai elemento E2 viename įėjime valdantis signalas $V2 = 0$, jo išėjime visada bus loginis 0 ir nepriklausys nuo antrojo įėjimo signalo X. Jeigu tuo metu elemento E1 valdantis signalas $V1 = 1$, tai jo išėjimo signalą lems antrojo įėjimo lygiai. Šis signalas per elementą E3 pateks į įtaiso išėjimą. Kai valdančiųjų signalų lygiai priešingi ($V1 = 0, V2 = 1$), tada įtaiso išėjime signalą lems elemento E2 antrojo įėjimo lygiai. Tokiu būdu, šis įtaisas prie tolimesnio trigerio C įėjimo galės prijungti prieš tai esančio trigerio Q arba \overline{Q} išėjimą. Keičiamos skaičiavimo krypties skaitiklio loginė schema parodyta 10 pav. Nesunku pastebėti, kad, kai valdantis signalas $V = 1$, per elementus E2 ir E3 signalas į trigerius T2 ir T3 pateks iš prieš esančiųjų trigerių inversinių išėjimų. Skaitiklis atiminės. Kai $V = 0$ po inverterio E1 gaunamas loginis 1 leis į atitinkamus trigerius patekti signalams iš prieš tai esančių trigerių neinversinių išėjimų. Skaitiklis sumuos.



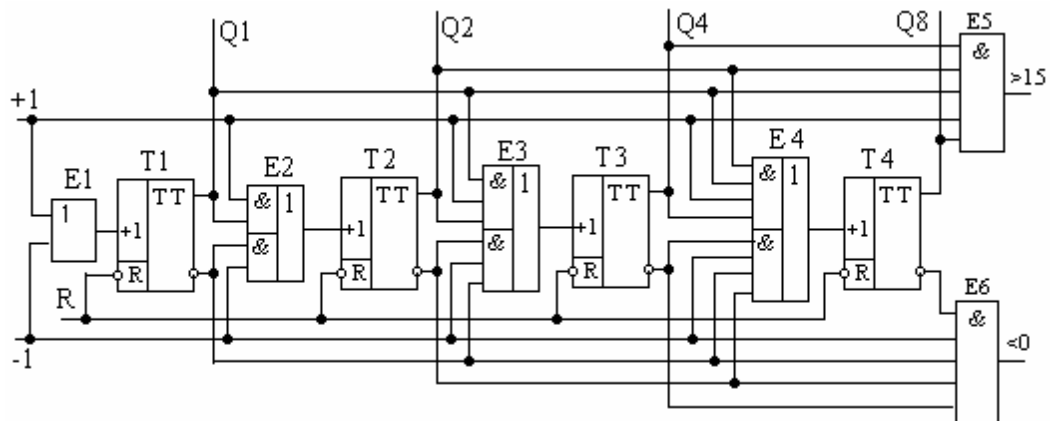
10 pav. Asinchroninio valdomos skaičiavimo krypties (reversinio) dvejetainio skaitiklio fragmentas

Reversiniai skaitikliai gali būti ir sinchroniniai. Tokio skilčių loginė skaitiklio trijų schema parodyta 11 pav. Šiame skaitiklyje komutavimo įtaisai kartu formuoja ir trigerių būsenų pasikeitimo signalus, kurie paduodami į trigerių J ir K įėjimus.



11 pav. Sinchroninio lygiagreto perkėlimo valdomos skaičiavimo krypties (reversinio) dvejetainio skaitiklio schemas fragmentas

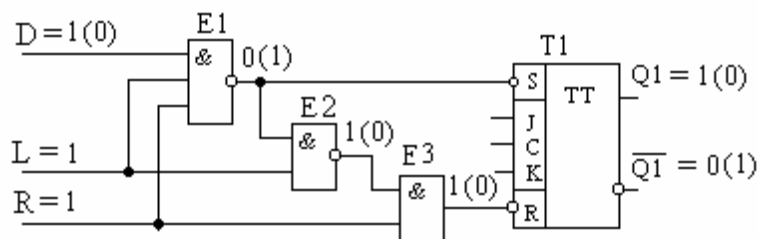
Dažnai reikalingi skaitikliai su dviem atskirais įėjimais sudėčiai ir atimčiai. Tokio skaitiklio loginė schema parodyta 12 pav. Šiame skaitiklyje skaičiuojamieji impulsai kartu valdo ir skaičiavimo kryptį. Kai jie paduodami į įėjimą „+1“, elementų E2, E3 E4 viršutinio IR viename iš įėjimų gaunamas impulso sukurtas aukštas lygis. Į kitus IR įėjimus paduodami signalai iš prieš tai esančių trigerių tiesioginių išėjimų. Kai šių trigerių tiesioginiuose išėjimuose bus aukšti lygiai, atitinkamo elemento išėjime susiformuos impulso trukmės signalas, ir pakeis prie jo prijungto trigerio būseną į priešingą. Šiuo atveju skaitiklis sumuos. Kai skaičiuojamieji impulsai paduodami į „-1“ įėjimą trigerio būseną keičiantį impulsą formuos trigerių inversinių išėjimų lygiai. Kaip buvo parodyta anksčiau, šiuo atveju skaitiklis atiminės. Skaitiklyje, signalas leidžiantis trigeriui keisti būseną, paduodamas ne į J ir K įėjimus, o tiesiog į skaičiavimo įėjimą „+1“. Todėl čia galima panaudoti ne JK, o paprastus dviejų laipsnių T trigerius. Galima tarti, kad elementai E2, E3 ir E4, priklausomai nuo prie jų įėjimų prijungtų trigerių būsenų, praleidžia arba ne įėjimo impulsus.



12 pav. Sinchroninis reversinis dvejetainis skaitiklis su dviem atskirais sudėties (+1) ir atimties (-1) įėjimais

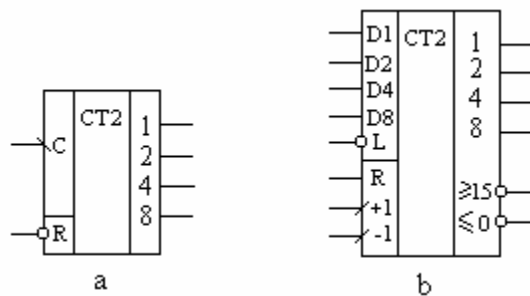
12 pav. parodytame skaitiklyje elementas E5 suformuoja signalą kai sumuojant skaitiklyje gaunamas skaičius 1111 ir yra įėjimo impulsas. Elementas E6 suformuos signalą, kai atimtinėjant skaitiklyje gaunamas skaičius 0000 ir yra įėjimo impulsas. Šie signalai panaudojami jungiant skaitiklius nuosekliai, norint padidinti skaitiklių talpą.

Kaip jau buvo minėta, skaitikliai gali turėti n papildomų įėjimų $D_1 - D_n$, į kuriuos padavus dvejetainio skaičiaus kodą ir esant papildomam valdančiam signalui, kiekvienas skaitiklio trigeris nustatomas į norimą būseną. Šiuo atveju skaitiklis pradės skaičiuoti ne nuo pradinės būsenos, o nuo į skaitiklį įrašyto skaičiaus. Šis skaičius turėtų būti iš naujo įrašomas pasibaigus kiekvienam skaičiavimo ciklui. Priešingu atveju skaitiklis grįš į pradinę būseną ir pradės nuo jos skaičiuoti. Norimo skaičiaus įrašymui gali būti panaudoti JK trigerių S ir R įėjimai. Galima tokio įrašymo schema pateikta 13 pav.



13 pav. Trigerio valdymo S ir R įėjimų lygiais schema.

Šioje schemoje pažymėta: D - duomenys (Data), L - įrašymas (Load), R - trigerio nustatymo į "nulį" ($Q_1 = 0$) įėjimas. Nepriklausomai nuo signalų L ir D, kai $R = 0$, per elementą E3 žemas lygis pateks į trigerio įėjimą R. Prisiminus, kad, kai elemento IR - NE bent viename įėjime yra žemas lygis, jo išėjime lygis aukštas, nesunku suprasti, kad E1 trigerio įėjime S užtikrins aukštą lygį. Esant tokiems S ir R lygiams, trigeris pereis į būseną $Q_1 = 0$. Trigerio būsena priklausys nuo D įėjime esančio lygio, kai L ir R įėjimuose bus aukšti lygiai ($R = L = 1$). Kaip šiuo atveju priklauso elementų E1, E2, E3 ir trigerio išėjimuose lygiai parodyta 13 pav. Kai $R = 1$, o $L = 0$, trigerio įėjimuose S ir R lygiai aukšti. Šiuo atveju trigerį galima valdyti įėjimų J, K ir C signalais. Skaitiklių grafiniai žymenys parodyti 14 pav. (a) ir (b).

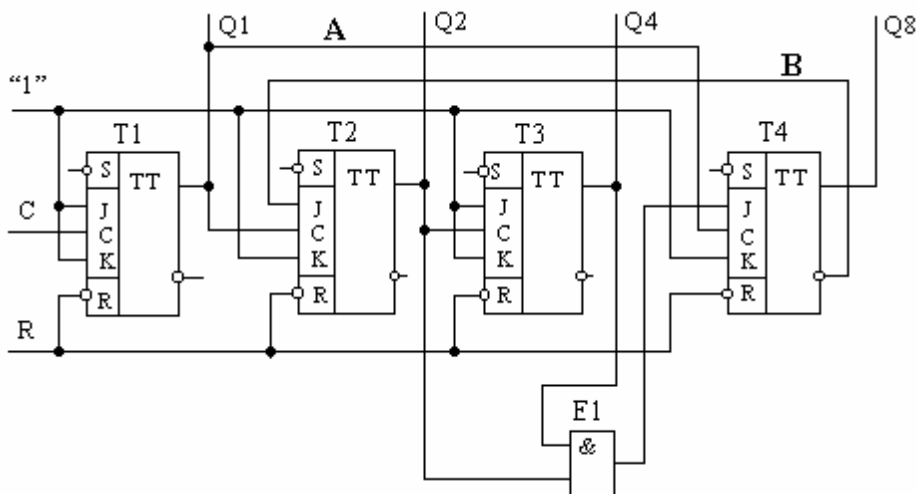


14 pav. Sutartiniai grafiniai skaitiklių žymenys

Į pagrindinį lauką įrašytas CT2 reiškia, kad skaitiklis yra dvejetainis. 14 pav. (a) parodytas paprastas keturių skilčių skaitiklis, turintis tik R (Reset) ir C (Count) įėjimus bei keturis išėjimus (1, 2, 4, 8). Tame pačiame paveiksle (b) parodytas universalusis skaitiklis su atskirais sudėties (+1) ir atimties (-1) įėjimais. Tokio skaitiklio loginė sandara buvo parodyta 12 pav. Skaitiklį galima pervesti į norimą būseną paduodant signalus į įėjimus D1 - D8 ir signalą L = 0.

Priede pateikta firmos "Fairchild Semiconductor" vieno iš gaminamų skaitiklių (DM74LS193) aprašas, loginė sandara ir laikinės diagramos. Skaitiklis pavadintas "Synchronous 4 - Bit Binari Counter With Dual Clock" (sinchroninis keturių bitų dvejetainis skaitiklis su dviem įėjimais). Nesunkiai matyti, kad šio skaitiklio sandara analogiška 12 pav. pavaizduotam skaitikliui. Pavedimo į norimą pradinę būseną grandinė panaši į parodytą 13 pav. Reikėtų atkreipti dėmesį į tai, kad skaičiuojamųjų impulsų įėjimuose įjungti inverteriai, todėl skaitiklis būseną keis nuo kylančios impulso dalies (priekinio fronto).

Dešimtainiai skaitikliai. Tai skaitikliai kurių talpa $K = 10$. Bet kokio ne dvejetainio K talpos skaitiklio mažiausias skilčių skaičius skaičiuojamas iš išraiškos $2^{n-1} < K < 2^n$. Šie skaitikliai visada turi tam tikrą būsenų perteklių. Dešimtainis ($K = 10$) turi būti sudarytas iš keturių trigerių ($2^3 < 10 < 2^4$) ir turi šešias perteklines būsenas ($2^4 - 10 = 6$). Galima sakyti, kad informacija dešimtainio skaitiklio

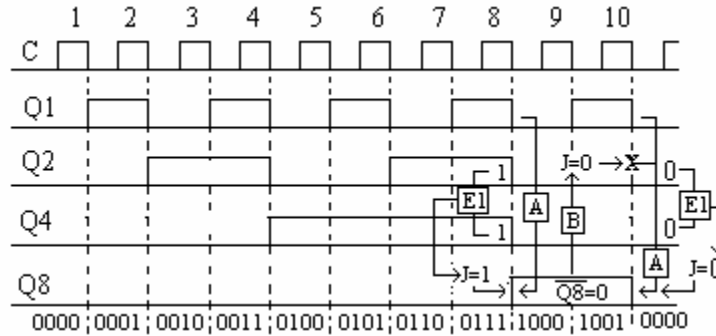


Pav. 15 Dešimtainio asinchroninio skaitiklio schema

išėjimuose gaunama dvejetainiame-dešimtainiame kode (kitai vadinamame 1248 arba BCD).

Taigi dešimtainį skaitiklį galima sudaryti iš keturių skilčių dvejetainio skaitiklio, tik reikia pašalinti perteklines būsenas. Skaitiklis, pasibaigus dešimtajam

skaičiuojamajam impulsui, turi grįžti į pradinę būseną. Tokio asinchroninio dešimtainio skaitiklio schema parodyta 15 pav. Palyginus šią schemą su dvejetainio skaitiklio schema matyti, kad perteklinėms būsenoms pašalinti čia įvesti ryšiai: $Q1_{T1} \rightarrow C_{T4}$ (ryšis **A**), $\overline{Q8} \rightarrow J_{T2}$ (ryšis **B**), $(Q2 \cdot Q4) \rightarrow J_{T4}$ (elementas E1). Skaitiklio laikinės diagramos parodytos 16 pav. Paveiksle rodyklėmis parodyta ryšių **A**, **B** ir elemento E1 įtaka trigerių būsenų pasikeitimui.

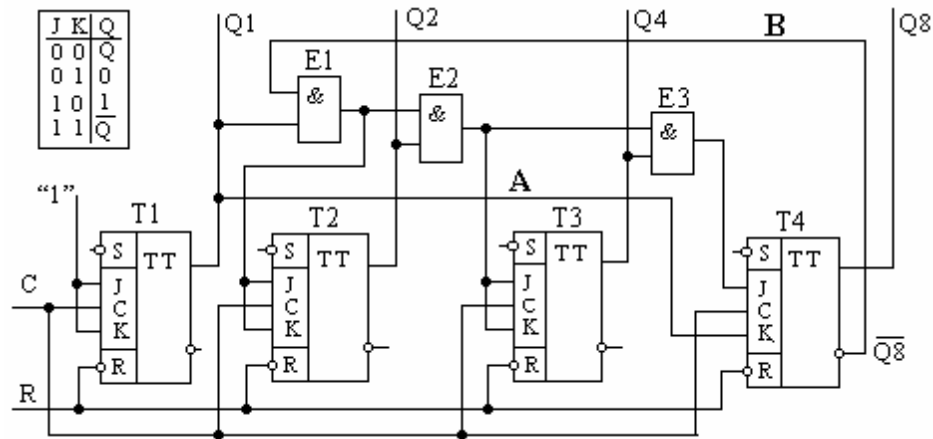


Pav. 16 Dešimtainio skaitiklio laikinės diagramos (rodyklėmis parodyta ryšių **A**, **B** ir elemento E1 įtaka trigerių būsenų pasikeitimui)

Dešimtainio skaitiklio veikimas iki aštuntojo impulso pabaigos niekuo nesiskiria nuo dvejetainio (žiūr. dvejetainiai asinchroniniai skaitikliai). Nepaisant to, kad trigerio T1 išėjimas Q1 sujungtas su T4 įėjimu C (ryšis **A**), išėjimo Q1 lygio pokyčiai trigerio T4 būsenos nekeičia (išlieka 0). Tai užtikrina elemento E1 suformuotas signalas $J_{T4} = 0$. Čia reikia prisiminti, kad JK trigeriui, kai $K = 1$, $J = 0$ ir $C \rightarrow 0$, išėjimo lygis $Q \rightarrow 0$. Kai baigiasi aštuntasis impulsas, jau yra elemento E1 iš signalų $Q2 = 1$ ir $Q4 = 1$ suformuotas $J_{T4} = 1$, todėl pokytis $Q1 \rightarrow 0$ pakeičia T4 būseną ($Q8 \rightarrow 1$). 16 pav. tai pailiustruota rodyklėmis. Baigiantis dešimtajam impulsui, $J_{T2} = 0$ (tai užtikrina $\overline{Q8} = 0$ per ryšį **B**) ir Q2 išlieka nepakitęs ($Q2 = 0$). Tuo metu elemento E1 suformuotas $J_{T4} = 0$ lems būsenos pokytį $Q8 \rightarrow 0$ (žiūr. 16 pav.). Tokiu būdu, skaitiklis po dešimtojo impulso grįš į pradinę padėtį.

Panašios sandaros skaitiklį gamina ir firma “Fairchild Semiconduktor”. Jos gaminamo skaitiklio loginė schema pateikta priede (Decade and Binary Counters). Iš schemas matyti, kad nėra vidinio ryšio tarp pirmojo trigerio išėjimo Q_A ir antrojo įėjimo “INPUT B”. Taigi norint gauti dešimtainį skaitiklį, turi būti padarytas išorinis ryšis. Padavus skaičiuojamus impulsus į įėjimą “INPUT B” ir sujungus išėjimą Q_D su įėjimu “INPUT A”, gaunamas penktainis (5 - 2, Bi-Quinary) skaitiklis. Trims perteklinėms būsenoms (101, 110 ir 111) pašalinti įvestas papildomas ryšis $Q_D \rightarrow K$.

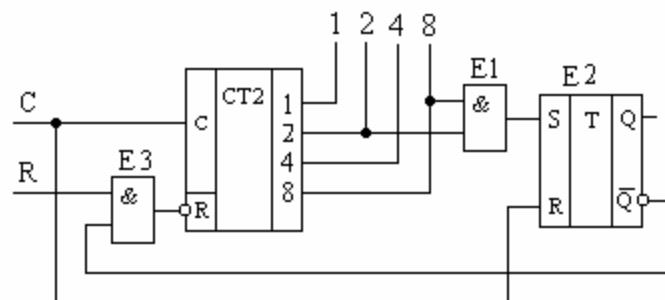
Dešimtainiai skaitikliai gali būti ir sinchroniniai. Sinchroniniame dešimtainiame skaitiklyje kaip ir sinchroniniame dvejetainiame įėjimo impulsai į visus trigerius turėtų būti paduodami tuo pačiu metu. Atitinkami trigeriai turėtų keisti savo būsenas, kai patenkinamos anksčiau aptartos būsenų pasikeitimo sąlygos. Perteklines būsenas uždraudžiantys ryšiai turi išlikti. Tokio skaitiklio schema parodyta 17 pav.



17 pav. Nuoseklaus perkėlimo sinchroninis dešimtainis skaitiklis

Iki aštunto impulso pabaigos skaitiklio veikimas analogiškas sinchroninio dvejetainio skaitiklio veikimui (žiūr. sinchroniniai dvejetainiai skaitikliai). Čia reikėtų atkreipti dėmesį į tai, kad iki aštunto impulso pabaigos $\bar{Q}_8 = 1$ ir elemento E1 išėjimo signalas priklauso tik nuo Q1. Baigiantis aštuntajam impulsui skaitiklio $Q_1=Q_2=Q_4=1$ (dvejetainis skaičius 0111) ir elementai E1, E2, E3 suformuos trigerių J ir K įėjimuose aukštus lygius. Trigerio T4 įėjime K aukštą lygį lems ryšis A ($Q_1 \rightarrow K_{T4}$). Taigi, kai $C \rightarrow 0$ visi trigeriai būsenas pakeis į priešingas. Skaitiklyje gausime dvejetainį skaičių 1000. Baigiantis devintajam įėjimo impulsui trigerio T4 įėjime K žemą lygį lems ryšis A ($Q_1 = K_{T4} = 0$). Žemas \bar{Q}_8 lygis per ryšį B patekęs į E1 vieną iš įėjimų, neleis trigeriams T2, T3 ir T4 keisti savo būsenų ($J_{T2} = K_{T2} = 0$, $J_{T3} = K_{T3} = 0$, $J_{T4} = K_{T4} = 0$), todėl savo būseną pakeis tik trigeris T1. Skaitiklio išėjimuose gausime dvejetainį skaičių 1001. Baigiantis dešimtajam impulsui, kaip ir anksčiau trigeriai T2 ir T3 būsenų nekeis. Kaip ir anksčiau trigerio T4 įėjime J turėsime žemą lygį ($J_{T4} = 0$), tuo tarpu ryšis A trigerio T4 įėjime K sukurs aukštą lygį ($K_{T4} = Q_1 = 1$), todėl savo būseną pakeis ne tik trigeris T1, bet ir T4. Čia reikia prisiminti, kad, kai JK trigerio $J = 0$, $K = 1$ ir $C \rightarrow 0$, jo išėjimo $Q \rightarrow 0$. Taigi skaitiklis pereis į būseną 0000.

Dešimtainį skaitiklį galima gauti iš dvejetainio, sudarius jame perteklines būsenas šalinančius išorinius ryšius. Tokio skaitiklio schema parodytas 18 pav.



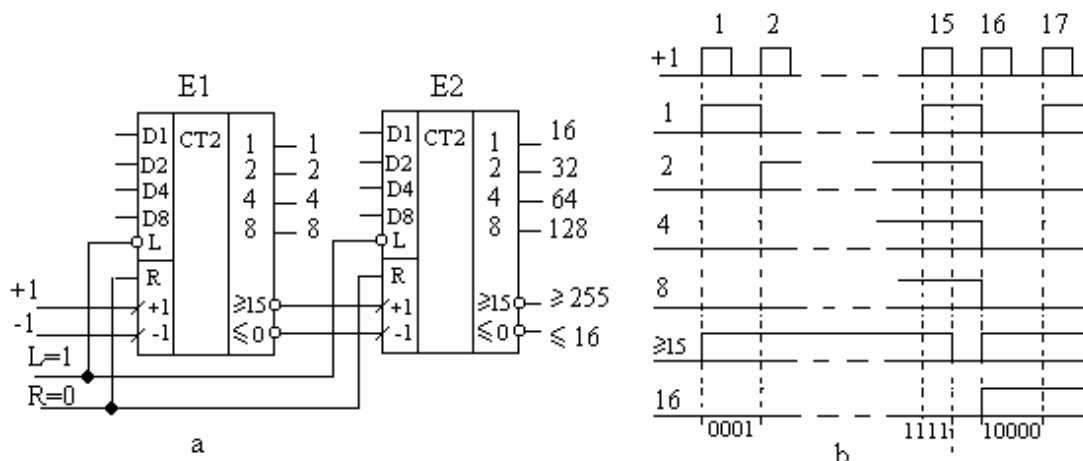
18 pav. Dešimtainis skaitiklis su išorine grąžinimo į pradinę būseną schema

Kai tik skaitiklis po dešimtojo impulso pereina į būseną 1010, atitinkančią skaičiaus 10 dvejetainį kodą, elemento E1 išėjime generuojamas aukšto lygio signalas. Šis signalas, jį invertavus, galėtų būti naudojamas kaip grąžinimo signalas,

tada nereikėtų elemento E2. Tačiau tada sunku garantuoti stabilų šio įtaiso darbą. Jei veikiant grąžinimo signalui, dėl nevienodos skaitiklio trigerių veikimo spartos vienas trigeris pereina į kitą būseną anksčiau, elemento E1 išėjime dingsta grąžinimo signalas, ir kiti skaitiklio trigeriai gali likti toje pačioje būsenoje. Todėl naudojamas papildomas elementas E2 (RS trigeris su tiesioginiais R ir S įėjimais), skirtas grąžinimo signalui pratęsti. Reikėtų pastebėti, kad kol skaitiklis grįžta į pradinę būseną, jo išėjimuose yra perteklinė būsena 1010.

Dešimtainiai skaitikliai gali būti netik sudėties, bet ir atimties bei reversiniai. Dėl to, kad būtina išsaugoti perteklines būsenas uždraudžiančius ryšius, jų schemas yra šiek tiek sudėtingesnės kaip panašios paskirties dvejetainių skaitiklių.

Nuoseklus skaitiklių jungimas. Kaip jau buvo minėta, norint padidinti skaitiklių talpą, jie gali būti jungiami nuosekliai. Paprasčiausias jungimo būdas kai prie skaitiklio vyriausios skilties išėjimo jungiamas kito skaitiklio įėjimas. Taip gali būti jungiami skaitikliai, jeigu jų trigerių būsenos keičiasi, kai įėjimo impulso lygis kinta $1 \rightarrow 0$. Tokiu būdu dažniausiai jungiami paprasčiausi asinchroniniai skaitikliai. Informacijos perdavimas iš vieno skaitiklio į kitą panašus į informacijos perdavimą iš vieno trigerio į kitą asinchroniniame skaitiklyje. Sujungus tokiu būdu sinchroninius skaitiklius, bendra įtaiso veikimas išliks asinchroninė. Sinchroniniai skaitikliai nuosekliai jungimui paprastai turi tam skirtus išėjimus (žiūr. 12 pav.). Tokius išėjimus turi ir dvejetainis skaitiklis, kurio schema pateikta priede (DM74LS193). 19 pav. parodyta tokių skaitiklių nuoseklaus jungimo schema (a) ir darbo laikinės diagramos (b).



19 pav. Aštuonių skilčių dvejetainis skaitiklis, sudarytas iš dviejų keturių skilčių skaitiklių (a) ir jo darbo laikinės diagramos (b)

Laikinėse diagramose parodyta kaip formuojamas perkėlimo į kitą skaitiklį signalas ≥ 15 , kai skaitikliui E1 sumuojant susidarė būsena 1111. Skaitiklio trigeriai keičia būseną, kai įėjimo impulsas kinta $0 \rightarrow 1$ (inverteriai ± 1 įėjimuose). Pasibaigus penkioliktajam impulsui elementas IR-NE iš visų trigerių išėjimo signalų ir invertuoto įėjimo signalo suformuoja išėjime ≥ 15 žemą lygį. Šešioliktojo įėjimo impulso priešakinis frontas visus E1 skaitiklio trigerius pradeda pervedinėti į būseną 0000, ir tuo pačiu metu naikina signalą ≥ 15 . Šio signalo pokytis $0 \rightarrow 1$ perveda E2 pirmąjį trigerį į būseną 1 ($16_{E2} \rightarrow 1$). Aišku, kad taip sujungus skaitiklius užtikrinamas abiejų skaitiklių trigerių vienlaikis būsenų pasikeitimas. Nesunku suprasti, kad, kai skaitikliai atima, schemas veikimas panašus.