

2.5. Contoare

2.5.1. Definirea și clasificarea contoarelor

Definiție. Numim contor un dispozitiv electronic la ieșirile căruia se obține un cod binar, determinat de numărul de impulsuri aplicate la intrare.

Contoarele pot fi clasificate conform:

- direcției de numărare** – sumative (de adunare), de numerare inversă (de scădere) și reversibile;
- modului de numărare** – binare, binar-zecimale, cu modul de numărare constant și cu modul de numărare arbitrar;
- metodei de transfer a datelor dintre bistabili** – cu transfer consecutiv, cu transfer paralel accelerat, cu transfer combinat și cu transfer în ciclu;
- procesului de schimbare a stărilor bistabililor** – sincroni și asincroni.

Contoarele au următorii parametri principali:

- modulul de numărare – este determinat de numărul de impulsuri N_{max} pe care le poate număra contorul;
- viteza de lucru – este măsurată în operații pe secundă și depinde de frecvența maximală posibilă a semnalului de tactare utilizat de registru;
- timpul de reacție – este un interval de timp din momentul aplicării impulsului la intrarea contorului până în momentul instalării stărilor stabile pe toate ieșirile contorului ($\Delta t_{reac} = 1/f_{max}$);
- parametrii electrici – mărimea tensiunii, intensitatea curentului, energia electrică consumată etc.

2.5.2. Contor asincron sumativ

În fig. 2.26 este prezentată schema electrică a contorului asincron sumativ de ordinul trei, construit din bistabili de tip D cu circuit cu reacție (ieșirile \bar{Q} ale bistabililor B0 și B1 sunt conectate cu intrările următorilor bistabili).

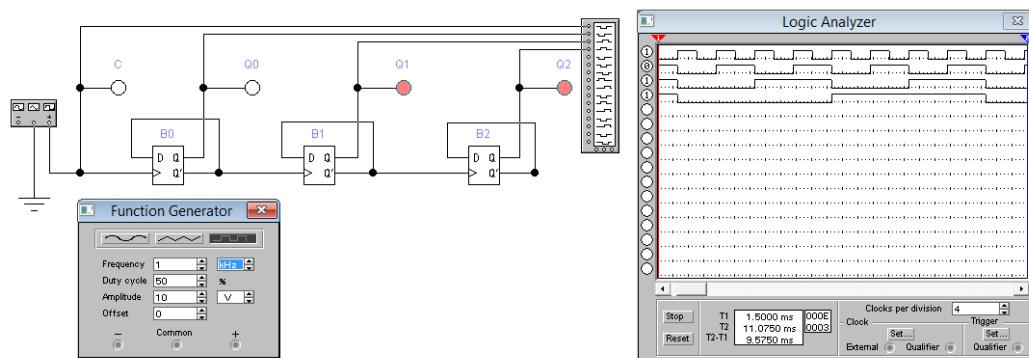


Fig. 2.26. Schema electrică a contorului sumativ de ordinul trei.

În fig. 2.26 sunt următoarele notări:

- C – canalul prin care se aplică semnalul de tactare;
- $Q_2Q_1Q_0$ – ieșirile contorului (magistrala de date) pentru prezentarea datelor în cod binar direct.

Este necesar să fie menționat, că numerarea bistabililor în schema de tip consecutiv a contorului începe cu bitul inferior, iar pentru registrele de tip consecutiv – cu bitul superior.

Principiul de lucru al contorului. Stările bistabililor se schimbă după frontul anterior al impulsului aplicat la intrările lor în momentul schimbării valorii impulsului din 0 în 1. Conform schemei electrice stările bistabilului B0 se schimbă prin aplicarea impulsurilor de la generator,

stările bistabilului B1 se schimbă cu o frecvență de 2 ori mai mică prin aplicarea impulsurilor de la ieșirea \bar{Q} a bistabilului B0, iar stările bistabilului B2 se schimbă cu o frecvență de 4 ori mai mică prin aplicarea impulsurilor de la ieșirea \bar{Q} a bistabilului B1 (vezi diagramele temporale din fig. 2.26).

Fie timpul de propagare a semnalului de la intrarea C până la ieșirea \bar{Q}_0 a bistabilului B0 este Δt_0 , iar timpul de propagare a semnalului prin bistabilul B1 este Δt_1 . Din aceasta rezultă, că frontul anterior al semnalului \bar{Q}_0 nu coincide în timp cu frontul anterior al semnalului C sau întârzie cu Δt_0 și prin urmare bistabilul B1 își schimbă starea peste un interval de timp Δt_0 . Respectiv frontul anterior al semnalului \bar{Q}_1 nu coincide în timp cu frontul anterior al semnalului C sau întârzie cu $\Delta t_0 + \Delta t_1$ și prin urmare bistabilul B2 își schimbă starea peste un interval de timp $\Delta t_0 + \Delta t_1$. Această demonstrează că bistabilii unui contor de tip consecutiv, fiind comandați de semnale diferite, un pot și-si schimbe stările sincron cu semnalul de tactare aplicat la intrarea C a bistabilului B0. Din acest motiv așa contoare se numesc contoare asincrone.

Conform diagramelor temporale din fig. 2.26 este completat tabelul de adevăr al contorului sumativ (vezi tabelul 2.10). Stările $Q_2Q_1Q_0$ sunt luate după fiecare impuls de tactare C.

Tabelul 2.10. Tabelul de adevăr al contorului sumativ de ordinul trei

Nr. d/o	C	Q_2	Q_1	Q_0	\bar{Q}_2	\bar{Q}_1	\bar{Q}_0
0	$0 \rightarrow 1$	0	0	0	1	1	1
1	$0 \rightarrow 1$	0	0	1	1	1	0
2	$0 \rightarrow 1$	0	1	0	1	0	1
3	$0 \rightarrow 1$	0	1	1	1	0	0
4	$0 \rightarrow 1$	1	0	0	0	1	1
5	$0 \rightarrow 1$	1	0	1	0	1	0
6	$0 \rightarrow 1$	1	1	0	0	0	1
7	$0 \rightarrow 1$	1	1	1	0	0	0
8	$0 \rightarrow 1$	0	0	0	1	1	1

Din tabelul de adevăr se vede, că numărul maximal prezentat de contor este $N_{\max} = 111_2$ și la ieșirile $\bar{Q}_2\bar{Q}_1\bar{Q}_0$ ale contorului se realizează numărarea inversă.

Contoarele asincrone cu N_{\max} de ordin mare au viteză de lucru relative mică. Unicul avantaj al contoarelor asincrone constă în simplitatea schemei electrice.

2.5.3. Contor asincron cu numărare inversă

În fig. 2.27 este prezentată schema electrică a contorului asincron cu numărare inversă de ordinul trei, construit din bistabili de tip D cu circuit cu reacție (ieșirile Q ale bistabililor B0 și B1 sunt conectate cu intrările următorilor bistabili).

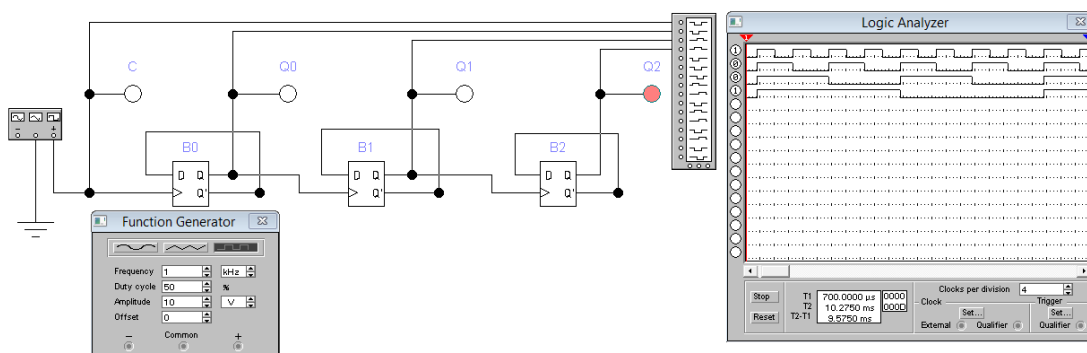
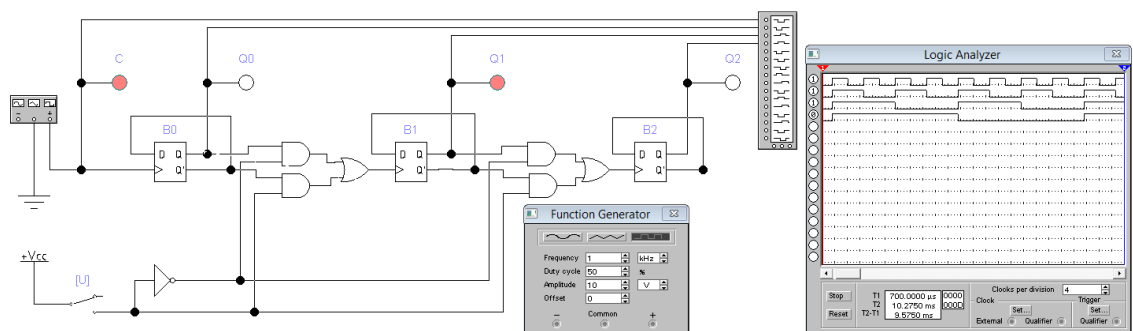


Fig. 2.27. Schema electrică a contorului sumativ de ordinul trei.

d) $Q_2Q_1Q_0$ – ieșirile contorului (magistrala de date) pentru prezentarea datelor în cod binar direct.

Conform diagramelor temporale din fig. 2.27 este completat tabelul de adevăr al contorului cu numărare inversă (vezi tabelul 2.11). Stările $Q_2Q_1Q_0$ sunt luate după fiecare impuls de tactare C.

Nr. d/o	C	Q_2	Q_1	Q_0	\bar{Q}_2	\bar{Q}_1	\bar{Q}_0
0	$0 \rightarrow 1$	1	1	1	0	0	0
1	$0 \rightarrow 1$	1	1	0	0	0	1
2	$0 \rightarrow 1$	1	0	1	0	1	0
3	$0 \rightarrow 1$	1	0	0	0	1	1
4	$0 \rightarrow 1$	0	1	1	1	0	0
5	$0 \rightarrow 1$	0	1	0	1	0	1
6	$0 \rightarrow 1$	0	0	1	1	1	0
7	$0 \rightarrow 1$	0	0	0	1	1	1
8	$0 \rightarrow 1$	1	1	1	0	0	0



În schema electrică, prezentată în fig. 2.28, ieșirile Q , \bar{Q} ale bistabililor B0 și B1 sunt conectate cu intrările bistabililor B1 și B2 cu ajutorul porturilor construite din un element NU,

două elemente ȘI și un element SAU. Comutatorul U se utilizează pentru schimbarea regimului de lucru al contorului.

Fie $U = 1$ (comutatorul conectat). În acest caz ieșirile \bar{Q} ale bistabililor B0 și B1 sunt conectate cu intrările bistabililor B1 și B2. Contorul funcționează în regim de contor asincron sumativ (vezi paragraful 2.5.2).

Fie $U = 0$ (comutatorul deconectat). În acest caz ieșirile Q ale bistabililor B0 și B1 sunt conectate cu intrările bistabililor B1 și B2. Contorul funcționează în regim de contor asincron cu numărare inversă (vezi paragraful 2.5.3).

2.5.5. Contor asincron cu modul de numărare

În fig. 2.29 este prezentată schema electrică a contorului asincron cu modul de numărare variabil $M < N_{\max}$ (pentru acest contor $N_{\max} = 1111_2$) de ordinul patru, construit din bistabili de tip D cu circuit cu reacție. Valoarea modulului de numărare M depinde de stările comutatoarelor 3, 2, 1 și 0 (conectate/deconectate).

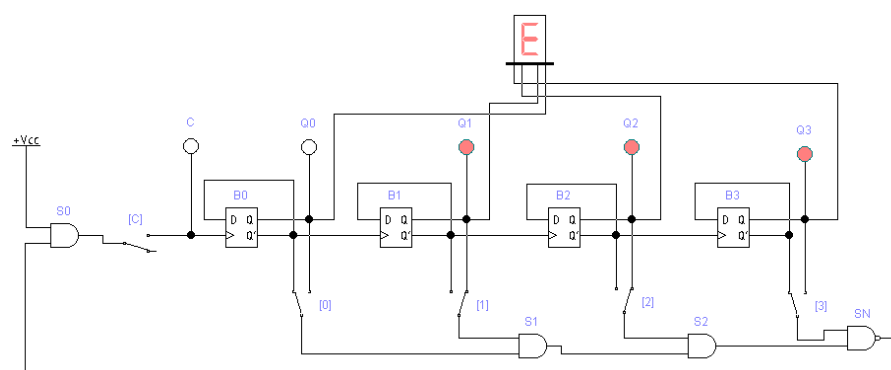


Fig. 2.29. Schema electrică a contorului asincron cu modul de numărare M .

În fig. 2.29 sunt următoarele notări:

- C – comutatorul utilizat pentru aplicarea impulsurilor la intrarea contorului;
- 3, 2, 1 și 0 – comutatoarele utilizate pentru conectarea ieșirilor Q , \bar{Q} ale bistabililor B0, B1, B2, și B3 la intrările elementelor logice S1(ȘI), S2(ȘI), SN(ȘI-NU);
- S0 – elementul ȘI care transmite la intrarea C a contorului semnalul obținut în rezultatul înmulțirii logice a semnalelor $+V_{cc}$ și SN:
 - **dacă $SN = 1$** , atunci $+V_{cc} \times SN = +V_{cc}$ și la intrarea contorului se aplică impulsul sau contorul este în regim de numărare;
 - **dacă $SN = 0$** , atunci $+V_{cc} \times SN = 0$ și la intrarea contorului impulsul nu se aplică sau contorul este în regim de pauză;
- $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$ – ieșirile contorului.

Pentru circuitul format din elementele logice S1(ȘI), S2(ȘI), SN(ȘI-NU) este valabilă următoarea formulă

$$SN = S2 \times (Q_3 \text{ sau } \bar{Q}_3) = S1 \times (Q_2 \text{ sau } \bar{Q}_2) \times (Q_3 \text{ sau } \bar{Q}_3) = \\ = (Q_0 \text{ sau } \bar{Q}_0) \times (Q_1 \text{ sau } \bar{Q}_1) \times (Q_2 \text{ sau } \bar{Q}_2) \times (Q_3 \text{ sau } \bar{Q}_3)$$

Valoarea logică a semnalului SN depinde de valoarea modulului M și respectiv de conectarea comutatoarelor 0, 1, 2, 3 la ieșirile Q_i sau \bar{Q}_i ale contorului, unde $i = 0, 1, 2, 3$. Pentru funcționarea contorului în regim de numărare este necesar ca valoarea logică SN să fie 1 pînă în momentul de timp, cînd la ieșirile contorului se instalează numărul M .

Drept exemplu, $M = 1011_2 = 11_{10}$. În acest caz pentru SN se obține următoarea formulă

$$SN = (Q_0) \times (Q_1) \times (\bar{Q}_2) \times (Q_3).$$

Conform acestei formule comutatoarele 3, 2, 1 și 0 trebuie conectate la ieșirile Q_3, \bar{Q}_2, Q_1 și Q_0 respectiv.

În conformitate cu mărimea modului M și configurarea conectărilor între ieșirile contorului și comutatoarele 3, 2, 1 și 0 schema prezentată în fig. 2.29 poate fi numită:

- $M = 1001_2 = 9_{10}$ – contor binar-zecimal (poate număra pînă la 9);
- M fixat, unde $M < N_{max}$ și $M \neq 1001_2$ – contor cu modul de numărare constant;
- valoarea modului $M < N_{max}$ poate primi diferite valori conform programului care poate schimba stările comutatoarelor 3, 2, 1 și 0 – contor cu modul de numărare arbitrar.

2.5.6. Contor sincron

În compartimentul 2.5.2 a fost menționat faptul, că contoarele asincrone cu N_{max} de ordin mare au viteză de lucru relativ mică. În scopul majorării vitezei de lucru a contoarelor au fost elaborate contoare sincrone. Drept exemplu, în fig. 2.30 este prezentată schema electrică a contorului sincron, construit din bistabili de tip JK.

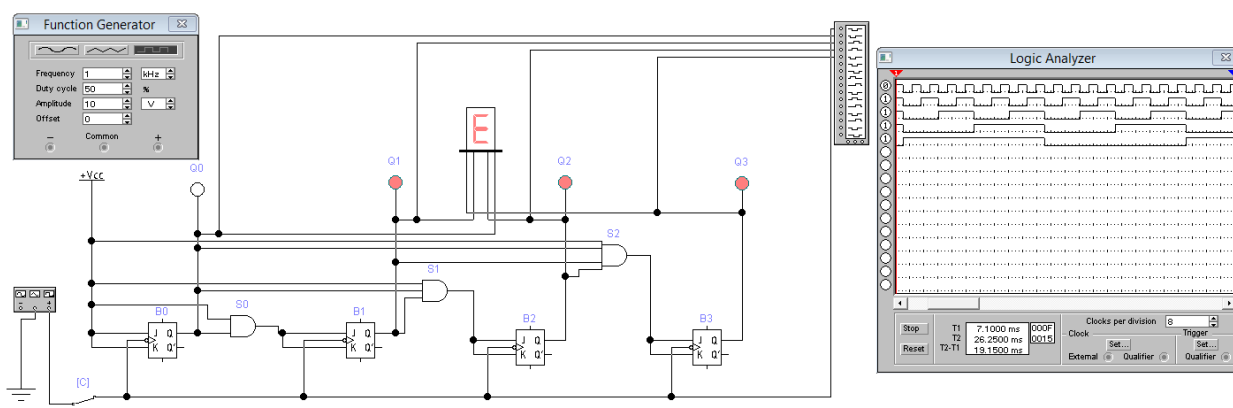


Fig. 2.30. Schema electrică a contorului sincron.

În schema din fig. 2.30 toți bistabilii își schimbă starea în același moment de timp, deoarece semnalul de tactare C , emis de generator, este aplicat simultan la toate intrările C ale bistabililor. Permișunea de schimbare a stării bistabililor $B3, B2, B1$ este formată de elementele logice ȘI ($S2 = 1, S1 = 1, S0 = 1$).

Drept exemplu, bistabilul $B3$ își va schimba starea la ieșirile Q_3, \bar{Q}_3 după frontul posterior al semnalului de tactare C ($1 \rightarrow 0$), numai în cazul cînd $S2 = S1 \times S0 \times (+V_{cc}) = 1$.