

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.1 DEKODER

VII.2 KODER

VII.3 MULTIPLEKSER

VII.4 DEMULTIPLEKSER

VII.5 POMERAČ

VII.6 INKREMENTER I DEKREMENTER

VII.7 SABIRAČ I ODUZIMAČ

VII.8 ARITMETIČKA JEDINICA

VII.9 LOGIČKA JEDINICA

VII.10 ARITMETIČKO-LOGIČKA JEDINICA

VII.11 KOMPARATOR

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

Prilikom projektovanja digitalnih uređaja neka preslikavanja ulaznih signala na izlazne signale koja se realizuju pomoću kombinacionih mreža se veoma često koriste. U svakoj takvoj situaciji bilo bi potrebno da se postupkom sinteze kombinacionih mreža dođe do strukturne šeme kombinacione mreže. Da bi se postupak projektovanja digitalnih uređaja pojednostavio, razvijeni su neki kombinacioni moduli koji realizuju ta često korišćena preslikavanja.

Standardni kombinacioni moduli se posmatraju kao „crna kutije“ koje imaju određen broj ulaznih i izlaznih signala. Za svaki modul se definiše zavisnost izlaznih od ulaznih signala. Sama realizacija strukturnih šema modula se ne daje.

U ovoj glavi se razmatraju najčešće korišćeni standardni kombinacioni moduli. Za svaki modul se

1. daje grafički simbol sa ulaznim i izlaznim signalima i
2. definiše zavisnost izlaznih od ulaznih signala.

Pošto se ovde radi o veoma često korišćenim i interesantnim preslikavanjima koja se realizuju pomoću kombinacionih mreža, u ovoj glavi se daje i postupak njihove sinteze.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.1 DEKODERI

Dekoder je kombinaciona mreža koja realizuje skup prekidačkih funkcija:

$$D_0 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \dots \bar{x}_n \cdot E$$

$$D_1 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \dots x_n \cdot E$$

...

$$D_{2^n-1} = x_1 \cdot x_2 \dots x_n \cdot E$$

gde su

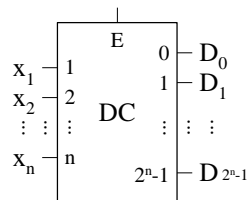
x_1, x_2, \dots, x_n i E ulazni signali i

$D_0, D_1, \dots, D_{2^n-1}$ izlazni signali.

Kada je $E = 0$, tada svi izlazni signali $D_0, D_1, \dots, D_{2^n-1}$ imaju vrednost 0 nezavisno od vrednosti ostalih ulaznih signala x_1, x_2, \dots, x_n . Zbog toga se ulazni signal E naziva signal blokiranja.

Kada je $E = 1$, tada samo jedan od izlaznih signala $D_0, D_1, \dots, D_{2^n-1}$ ima vrednost 1. Koji će to izlazni signal biti jednoznačno je određeno vrednostima ulaznih signala x_1, x_2, \dots, x_n , jer izrazi $\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \dots \bar{x}_n$, $\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \dots x_n$, ..., $x_1 \cdot x_2 \dots x_n$ predstavljaju potpune proizvode n promenljivih.

Za predstavljanje dekodera kao bloka koristi se grafički simbol sa slike 1.

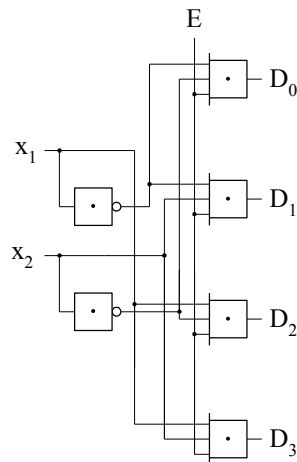


Slika 1 Grafički simbol dekodera

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.1 DEKODERI

Dekoder se može realizovati pomoću NE i I elemenata prema datim relacijama.
Strukturna šema dekodera za $n=2$ je data na slici 2.



Slika 2 Dekoder sa NE i I elementima za $n=2$

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.1 DEKODERI

U nekim primenama dekodera blokiranje se ne koristi, pa se tada na ulaz E dovodi vrednost 1.

Dekoderi se realizuju i bez ulaza za blokiranje. Funkcije takvih dekodera se opisuju relacijama koje se dobijaju od relacija razmatranih dekodera sa signalom blokiranja, uvrštavanjem $E = 1$. Efekat je da u dobijenim relacijama nestaje signal E.

Dekoderi sa n ulaza se mogu koristiti za konstrukciju dekodera sa većim brojem ulaza.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

Koder je kombinaciona mreža čija je funkcija u osnovi inverzna funkciji dekodera. Funkciju kodera je teško definisati u opštem slučaju, pa se zato funkcija kodera razmatra za konkretne primere.

Tablica sa slike 3 definiše koder sa ulaznim signalima C_0, C_1, \dots, C_7 i izlaznim signalima z_1, z_2, z_3 i W .

C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	z_1	z_2	z_3	W
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

Slika 3 Tablični prikaz funkcionisanja kodera

Svakom ulazu $C_i, i = 0, 1, \dots, 7$, pridružen je binarni broj i koji se dobija na izlazima z_1, z_2, z_3 kada na ulaze C_0, C_1, \dots, C_7 dođe vektor u kojem samo koordinata C_i ima vrednost 1 a sve ostale koordinate vrednost 0. Ulazni vektori u kojima više koordinata imaju vrednost 1 su zabranjeni i pretpostavlja se da ne dolaze na ulaze kodera, pa nisu uneti u tablicu sa slike 3.

Primer: Ukoliko na ulaze C_0, C_1, \dots, C_7 dođe vektor u kojem samo koordinata C_3 ima 1 a sve ostale koordinate 0, na izlazima z_1, z_2, z_3 se dobija binarni broj 3, ukoliko na ulaze C_0, C_1, \dots, C_7 dođe vektor u kojem samo koordinata C_6 ima 1 a sve ostale koordinate 0, na izlazima z_1, z_2, z_3 se dobija binarni broj 6, itd.

Problem su ulazni vektori 00000000 od 10000000 jer se u oba slučaja na izlazima z_1, z_2, z_3 dobija binarni broj 000. Da bi se razlikovale ove dve situacije, uvodi se izlazni signal W koji ima vrednost 0 kada na ulaze C_0, C_1, \dots, C_7 dođe vektor 00000000 i 1 kada dođe 10000000.

Treba uočiti da izlazni signal W ima vrednost 1 ne samo za vektor 10000000 i već i za sve ostale vektore koji imaju neku od koordinata sa vrednošću 1 (01000000, 0010000000, 00010000, ..., 00000001).

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

Ako se usvoji da na zabranjenim ulaznim vektorima izlazni vektori nisu definisani, prekidačke funkcije z_1 , z_2 , z_3 i W se mogu predstaviti jednostavnim izrazima.

Taj postupak je dat za prekidačku funkciju z_1 , za koju se iz tablice sa slike 3 vidi da je:

$$z_1 = \bar{C}_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + \bar{C}_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 C_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + \bar{C}_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 C_6 \bar{C}_7 + \bar{C}_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 C_7$$

Kako vektor 00001000 pripada kubu XXXX1XXX kojem pripada još 127 vektora na kojima z_1 nije definisana, umesto $\bar{C}_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7$ može se pisati samo C_4 .

Kada se ovo rezonovanje primeni na sve članove u izrazu za z_1 a zatim i na izraze koji se iz tablice sa slike 3 dobijaju za z_2 , z_3 i W ostaje:

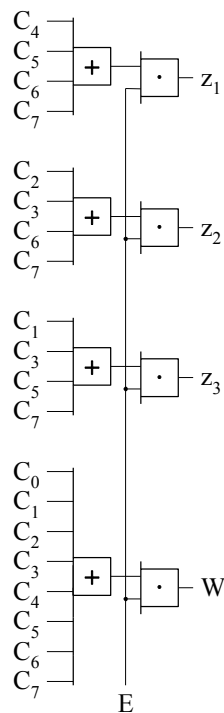
$$z_1 = C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$z_2 = C_2 + C_3 + C_6 + C_7$$

$$z_3 = C_1 + C_3 + C_5 + C_7$$

$$W = C_0 + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

Jedna realizacija kodera definisanog dobijenim relacijama je data na slici 4. Na slici je dat i signal blokiranja E .



Slika 4 Strukturna šema kodera

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

U slučaju kodera koji od ulaznih signala ima i signal blokiranja E, izrazi za izlazne signale su:

$$z_1 = E \cdot (C_4 + C_5 + C_6 + C_7)$$

$$z_2 = E \cdot (C_2 + C_3 + C_6 + C_7)$$

$$z_3 = E \cdot (C_1 + C_3 + C_5 + C_7)$$

$$W = E \cdot (C_0 + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7)$$

Iz strukturne šeme kodera sa slike 4, kao i iz dobijenih izraza za ovaj koder, se vidi da prethodno opisano preslikavanje ulaznih signala C_0, C_1, \dots, C_7 na izlazne signale z_1, z_2, z_3 i W važi kada signal blokiranja E ima vrednost 1. Međutim, ukoliko signal blokiranja E ima vrednost 0, izlazni signali z_1, z_2, z_3 i W imaju vrednost 0 bez obzira na vrednost ulaznih signala C_0, C_1, \dots, C_7 .

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

Sličnim postupkom koji je primenjen da bi se dobili izrazi za zakon funkcionisanja kodera koji ima

ulazne signale E, C_0, C_1, \dots, C_7 i izlazne signale z_1, z_2, z_3 i W
dobijaju se i izrazi za zakon funkcionisanja kodera koji imaju
ulazne signale E, C_0, C_1, \dots, C_3 i izlazne signale z_1, z_2 i W , ili
ulazne signale $E, C_0, C_1, \dots, C_{15}$ i izlazne signale z_1, z_2, z_3, z_4 i W , itd.

Postoji i mogućnost da se korišćenjem kodera sa određenim brojem ulaza i izlaza dobije koder sa većim brojem ulaza i izlaza. Na primer, koderi sa

ulaznim signalima E, C_0, C_1, \dots, C_7 i izlaznim signalima z_1, z_2, z_3 i W
mogu se na određen način povezati da bi se dobio koder sa
ulaznim signalima $E, C_0, C_1, \dots, C_{15}$ i izlaznim signalima z_1, z_2, z_3, z_4 i W , itd.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

Pored razmatranog kodera, postoji i koder sa prioritetima.

Tablica sa slike 5 definiše koder sa prioritetima sa ulaznim signalima C_0, C_1, \dots, C_7 i izlaznim signalima z_1, z_2, z_3 i W .

Ulazi su uređeni po prioritetima tako da C_i ima viši nivo prioriteta od C_{i-1} ali manji od C_{i+1} . Najniži nivo prioriteta ima ulaz C_0 a najviši C_7 .

C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	z_1	z_2	z_3	W
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
X	X	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
X	X	X	1	0	0	0	0	0	1	1	1
X	X	X	X	1	0	0	0	1	0	0	1
X	X	X	X	X	1	0	0	1	0	1	1
X	X	X	X	X	X	1	0	1	1	0	1
X	X	X	X	X	X	X	1	1	1	1	1

Slika 5 Tablični prikaz funkcionisanja kodera sa prioritetima

Svakom ulazu C_i , $i = 0, 1, \dots, 7$, pridružen je binarni broj i koji se dobija na izlazima z_1, z_2, z_3 kada je C_i ulaz najvišeg prioriteta na kojem ulazni signal ima vrednost 1.

Primer:

Ukoliko na ulaze C_0, C_1, \dots, C_7 dođe vektor u kojem koordinate C_1 i C_3 imaju 1 a sve ostale koordinate 0, na izlazima z_1, z_2, z_3 se dobija binarni broj 011, jer je ulaz C_3 ulaz najvišeg prioriteta na koje je vrednost 1.

U slučaju kada na ulaze C_0, C_1, \dots, C_7 dođe vektor u kojem koordinate C_1, C_4 i C_6 imaju 1 a sve ostale koordinate 0, na izlazima z_1, z_2, z_3 se dobija binarni broj 110, jer je ulaz C_6 ulaz najvišeg prioriteta na kome je vrednost 1.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

U tablici sa slike 5 ulazni vektori su predstavljeni pomoću kubova.

Skup od 4 vektora koji imaju zajedničke koordinate C_2, C_3, C_4, C_5, C_6 i C_7 sa vrednostima 100000 a razlikuju se u koordinata C_0, C_1 sa vrednostima 00, 01, 10 i 11 predstavljen je kubom XX100000 u četvrtoj vrsti tablice sa slike 5. Na sličan način skup od 16 vektora koji imaju zajedničke koordinate C_4, C_5, C_6 i C_7 sa vrednostima 1000 a razlikuju se u koordinata C_0, C_1, C_2 i C_3 sa vrednostima 0000, 0001, 0010, 0011, ..., 1101, 1110, 1111, predstavljen je kubom XXXX1000 u šestoj vrsti tablice sa slike 5.

Iz tablice se za prekidačku funkciju z_1 vidi da je:

$$z_1 = C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_6 \bar{C}_7 + C_7$$

Na osnovu relacija

$$a + \bar{a}b = a + b \text{ i } a + a = a$$

izraz za z_1 se može uprostiti tako da se dobija:

$$z_1 = C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_6 \bar{C}_7 + C_7$$

$$z_1 = C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_6 + C_7 = C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_7$$

$$z_1 = C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_7 = C_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$z_1 = C_4 \bar{C}_5 + C_5 + C_6 + C_7 = C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

Iz tablice se za prekidačku funkciju z_2 vidi da je:

$$z_2 = C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_6 \bar{C}_7 + C_7$$

Istim postupkom kao i za z_1 izraz za z_2 se može uprostiti tako da se dobija:

$$z_2 = C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_6 \bar{C}_7 + C_7$$

$$z_2 = C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_6 + C_7$$

$$z_2 = C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_7$$

$$z_2 = C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_7$$

$$z_2 = C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_7 = C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_7$$

$$z_2 = \bar{C}_4 \bar{C}_5 (C_2 \bar{C}_3 + C_3) + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_7 = \bar{C}_4 \bar{C}_5 (C_2 + C_3) + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_7$$

$$z_2 = C_2 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_7$$

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

Iz tablice se za prekidačku funkciju z_3 vidi da je:

$$z_3 = C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7$$

Istim postupkom kao i za z_1 i z_2 izraz za z_3 se može uprostiti tako da se dobija:

$$z_3 = C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7$$

$$z_3 = C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_5 \bar{C}_6 + C_7$$

$$z_3 = C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_7$$

$$z_3 = C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_7$$

$$z_3 = \bar{C}_6 (C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_5) + \bar{C}_6 (C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_5) + C_7$$

$$z_3 = \bar{C}_6 (C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 + C_5) + \bar{C}_6 (C_3 \bar{C}_4 + C_5) + C_7$$

$$z_3 = C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_7$$

$$z_3 = C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_6 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_7$$

$$z_3 = \bar{C}_4 \bar{C}_6 (C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 + C_3) + C_5 \bar{C}_6 + C_7 = \bar{C}_4 \bar{C}_6 (C_1 \bar{C}_2 + C_3) + C_5 \bar{C}_6 + C_7$$

$$z_3 = C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_4 \bar{C}_6 + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_7$$

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

Iz tablice se za prekidačku funkciju W vidi da je:

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + \\ + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_6 \bar{C}_7 + C_7$$

Istim postupkom kao i za z_1 , z_2 i z_3 izraz za W se može uprostiti tako da se dobija:

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + \\ + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_5 \bar{C}_6 \bar{C}_7 + C_7 + C_6 \bar{C}_7 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_7 + \\ + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_5 \bar{C}_6 + C_7 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + \\ + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_6 + \\ + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_4 \bar{C}_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_5 \bar{C}_6 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_6 + \\ + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_4 \bar{C}_5 + C_6 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + \\ + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_4 \bar{C}_5 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_5 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_5 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_5 + \\ + C_3 \bar{C}_4 \bar{C}_5 + C_5 + C_4 \bar{C}_5 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 + C_5 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 + C_5 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 + C_5 + \\ + C_3 \bar{C}_4 + C_5 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 + C_3 \bar{C}_4 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 + C_4 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 + C_4 + C_2 \bar{C}_3 \bar{C}_4 + C_4 + \\ + C_3 \bar{C}_4 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 + C_4 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 + C_4 + C_2 \bar{C}_3 + C_4 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 + C_2 \bar{C}_3 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 + C_3 + C_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3 + C_3 + C_2 \bar{C}_3 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 + C_3 + C_1 \bar{C}_2 + C_3 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 + C_1 \bar{C}_2 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 \bar{C}_2 + C_2 + C_1 \bar{C}_2 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 \bar{C}_1 + C_2 + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

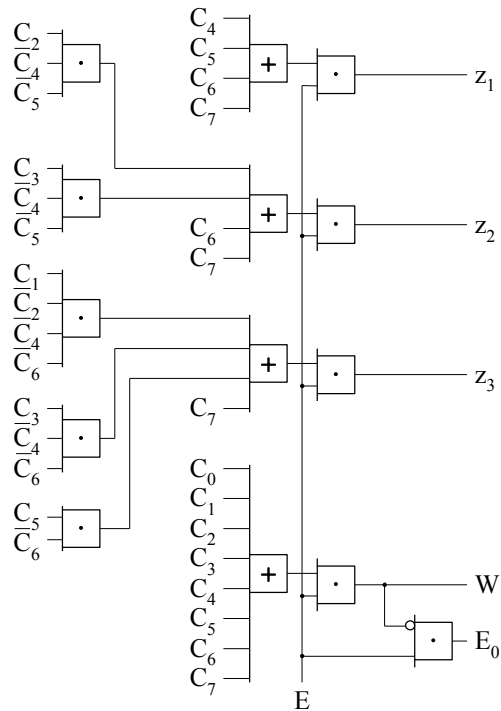
$$W = C_0 \bar{C}_1 + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$W = C_0 + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

Jedna realizacija kodera sa prioriteta definisanog dobijenim relacijama je data na slici 6. I u ovom slučaju je dat i signal blokiranja E. Pored izlaznih signala z_1 , z_2 , z_3 i W, predviđen je i izlazni signal E_0 . Signal E_0 je 1 jedino kada je signal E jednak 1 i kada je signal W jednak 0, što se dešava samo kada svi signali C_0 , C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , C_6 i C_7 imaju vrednost 0. Signal E_0 se koristi pri konstrukciji kodera sa većim brojem ulaza.

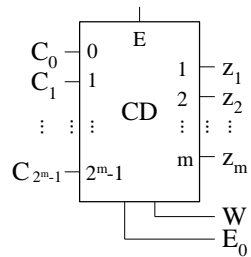


Slika 6 Strukturna šema kodera sa prioritetima

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

Grafički simbol koder je dat na slici 7. Grafički simbol običnog koder nema izlazni signal E_0 . Koder sa prioriteta se ponekad konstruiše bez izlaznog signala E_0 , pa se tada komentatom uz šemu precizira o kojoj se vrsti koder radi.

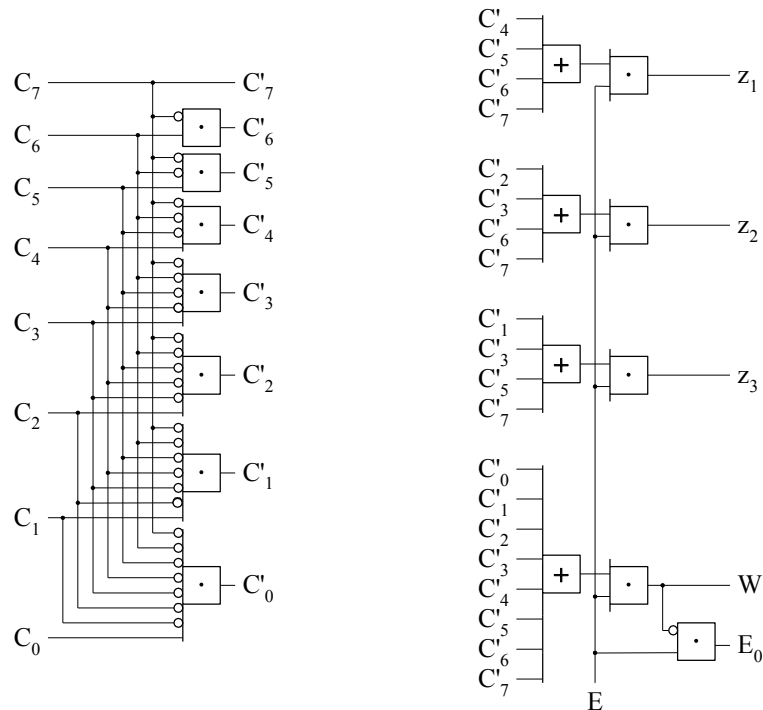


Slika 7 Grafički simbol koder prioriteta

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.2 KODERI

Koder sa prioritetom se može konstruisati od običnog kodera i kombinacione mreže sa 2^m ulaza i 2^m izlaza koja rešava problem prioriteta. Na ulaze kombinacione mreže dolaze proizvoljni vektori, a na izlazima se dobijaju vektori u kojima samo jedna koordinata ima vrednosti 1, i to koordinata koja odgovara ulazu sa najvišim prioritetom na koji je došao signal sa vrednošću 1. Princip konstrukcije kombinacione mreže prikazan je na slici 8 za $m = 3$.



Slika 8 Strukturalna šema kodera prioriteta korišćenjem kombinacione mreže za rešavanje prioriteta i običnog kodera

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.3 MULTIPLEKSERI

Multiplexer je kombinaciona mreža koja realizuje prekidačku funkciju:

$$y = \bar{x}_1\bar{x}_2\cdots\bar{x}_n I_0 E + \bar{x}_1\bar{x}_2\cdots x_n I_1 E + \dots + x_1 x_2 \cdots x_n I_{2^n-1} E$$

gde su

$x_1, x_2, \dots, x_n, I_0, I_1, \dots, I_{2^n-1}$ i E ulazni signali i

y izlazni signal.

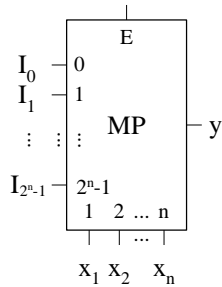
Kada je $E = 0$ izlazni signal y ima vrednost 0 nezavisno od vrednosti ostalih ulaznih signala x_1, x_2, \dots, x_n i $I_0, I_1, \dots, I_{2^n-1}$. Zbog toga se ulazni signal E naziva signal blokiranja.

Kada je $E = 1$ onda je $y=I_i$, gde je I_i jedan od ulaznih signala $I_0, I_1, \dots, I_{2^n-1}$. Koji će to ulazni signal I_i biti jednoznačno je određeno vrednostima ulaznih signala x_1, x_2, \dots, x_n , jer izrazi $\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdots \bar{x}_n, \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdots x_n, \dots, x_1 \cdot x_2 \cdots x_n$ predstavljaju potpune proizvode n promenljivih.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

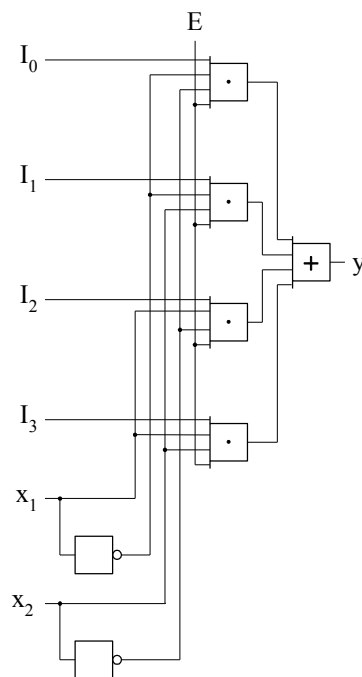
VII.3 MULTIPLEKSERI

Za predstavljanje multipleksera kao bloka koristi se grafički simbol sa slike 9.



Slika 9 Grafički simbol multipleksera

Dekoder se može realizovati pomoću NE i I elemenata prema datim relacijama. Strukturna šema multipleksera za $n=2$ je data na slici 10.



Slika 10 Multiplekser sa NE, I i ILI elementima za $n=2$

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.3 MULTIPLEKSERI

Ulazni signali multipleksera $I_0, I_1, \dots, I_{2^n-1}$ i odgovarajući ulazi nazivaju se informacionim, a ulazni signali x_1, x_2, \dots, x_n i odgovarajući ulazi upravljačkim. Multiplekser selektuje jedan od binarnih signala koji dolaze na informacione ulaze i prenosi ga na izlaz, pa se zato za multiplekser koristi i naziv selektor.

U nekim primenama multipleksera blokiranje se ne koristi, pa se tada na ulaz E dovodi vrednost 1.

Multiplekseri se realizuju i bez ulaza za blokiranje. Funkcije takvih multipleksera se opisuju relacijama koje se dobijaju od relacija razmatranih multipleksera sa signalom blokiranja, uvrštavanjem $E = 1$. Efekat je da u dobijenim relacijama nestaje signal E. Njihov grafički simbol nema ulaz E.

Multiplekseri sa n ulaza se mogu koristiti za konstrukciju dekodera sa većim brojem ulaza.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.4 DEMULTIPLESERI

Demultiplekser je kombinaciona mreža koja realizuje skup prekidačkih funkcija:

$$D_0 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \dots \cdot \bar{x}_n \cdot I \cdot E$$

$$D_1 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \dots \cdot x_n \cdot I \cdot E$$

...

$$D_{2^n-1} = x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n \cdot I \cdot E$$

gde su

x_1, x_2, \dots, x_n, I i E ulazni signali i

$D_0, D_1, \dots, D_{2^n-1}$ izlazni signali.

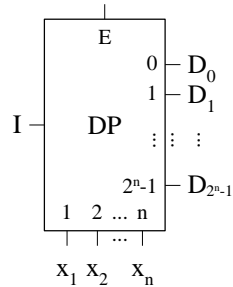
Kada je $E = 0$, tada svi izlazni signali $D_0, D_1, \dots, D_{2^n-1}$ imaju vrednost 0 nezavisno od vrednosti ostalih ulaznih signala x_1, x_2, \dots, x_n i I . Zbog toga se ulazni signal E naziva signal blokiranja.

Kada je $E = 1$, tada samo jedan od izlaznih signala $D_0, D_1, \dots, D_{2^n-1}$ ima vrednost ulaznog signala I , a na svim ostalim izlazima je 0. Koji će to izlazni signal biti jednoznačno je određeno vrednostima ulaznih signala x_1, x_2, \dots, x_n , jer izrazi $\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \dots \cdot \bar{x}_n, \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \dots \cdot x_n, \dots, x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n$ predstavljaju potpune proizvode n promenljivih.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.4 DEMULTIPLEKSERI

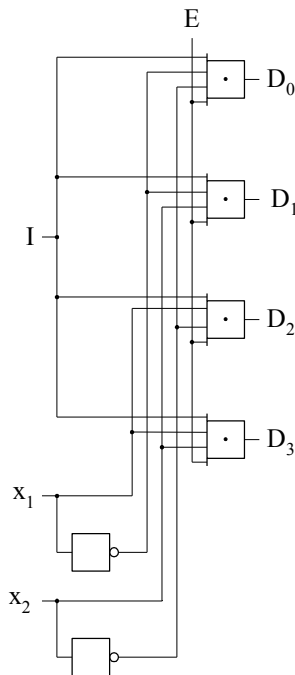
Za predstavljanje demultipleksera kao bloka koristi se grafički simbol sa slike 11.



Slika 11 Grafički simbol demultipleksera

Demultiplekser se može realizovati pomoću NE i I elemenata prema datim relacijama.

Strukturna šema demultipleksera za $n=2$ je data na slici 12.



Slika 12 Demultiplekser sa NE i I elementima za $n=2$

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.4 DEMULTIPLESERI

Ulazni signal demultipleksera I i odgovarajući ulaz nazivaju se informacionim, a ulazni signali x_1, x_2, \dots, x_n i odgovarajući ulazi upravljačkim. Demultiplekser prenosi binarni signal I koji dolazi na informacioni ulaz na jedan od izlaza $D_0, D_1, \dots, D_{2^n-1}$, pa se zato za demultiplekser koristi i naziv distributor.

U nekim primenama demultipleksera blokiranje se ne koristi, pa se tada na ulaz E dovodi vrednost 1.

Demultiplekseri se realizuju i bez ulaza za blokiranje. Funkcije takvih demultipleksera se opisuju relacijama koje se dobijaju od relacija razmatranih demultipleksera sa signalom blokiranja, uvrštavanjem $E = 1$. Efekat je da u dobijenim relacijama nestaje signal E. Njihov grafički simbol nema ulaz E.

Demultiplekseri sa 2^n izlaza se mogu koristiti za konstrukciju demultipleksera sa većim brojem izlaza.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.5 POMERAČI

Pomerač je kombinaciona mreža koja u opštem slučaju realizuje pomeranje bita binarne reči za k mesta udesno ili ulevo. Razmotriće se najpre pomeranje n bita binarne reči za jedno mesto udesno i ulevo.

Pomeranjem binarne reči $A = A_{n-1}A_{n-2}\dots A_0$ za jedno mesto udesno ili ulevo dobija se binarna reč $F = F_{n-1}F_{n-2}\dots F_0$.

Pri pomeranju udesno $F_{n-2}=A_{n-1}$, ..., $F_i=A_{i+1}$, ..., $F_0=A_1$, a F_{n-1} se mora posebno definisati. Vrednost za F_{n-1} pri pomeranju za jedno mesto udesno se označava sa I_R . Vrednost I_R se bira iz skupa $\{0,1,A_0,g\}$, gde se g definiše po potrebi.

Pri pomeranju ulevo $F_{n-1}=A_{n-2}$, ..., $F_i=A_{i-1}$, ..., $F_1=A_0$, a F_0 se mora posebno definisati. Vrednost za F_0 pri pomeranju za jedno mesto ulevo se označava sa I_L . Vrednost I_L se bira iz skupa $\{0,1,A_{n-1},g\}$, gde se g definiše po potrebi.

Pomeranje za jedno mesto udesno kada je $F_{n-1}=A_0$ i pomeranje za jedno mesto ulevo kada je $F_0=A_{n-1}$, nazivaju se rotacija ili cirkulacija.

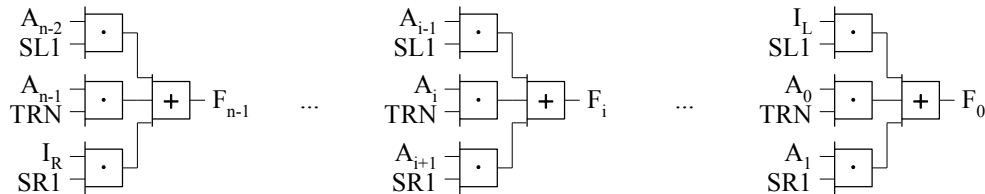
Na sličan način se definiše i pomeranje za k mesta udesno ili ulevo.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.5 POMERAČI

Pomerač se najlakše realizuje ako se svaki bit binarne reči posmatra posebno. Za takve prekidačke mreže se kaže da se sastoje od n razreda. Kod pomerača su svi razredi jednaki.

Realizacija n razrednog pomerača za jedno mesto udesno i ulevo sa elementima I i ILI je data na slici 13.



Slika 13 Realizacija n razrednog pomerača za jedno mesto udesno i ulevo sa elementima I i ILI

Na ovim strukturnim šemama:

1. sa SR1 i SL1 su označeni upravljački signali za pomeranje udesno (Shift Right) i ulevo (Shift Left) za jedno mesto, respektivno,
2. predviđena je i mogućnost prenosa binarne reči kroz pomerač bez ikakve transformacije s upravljačkim signalom TRN (Transfer),
3. upravljački signali SR1, SL1 i TRN su zajednički za sve razrede pomerača i
4. ako sva tri upravljačka signala SR1, SL1 i TRN imaju vrednost 0, onda je $F=0$.
5. u datom trenutku samo jedan od upravljačkih signala SR1, SL1 i TRN smе da ima vrednost 1 i u zavisnosti od toga koji od njih ima vrednost 1 na izlazima $F=F_{n-1}F_{n-2}...F_0$ se pojavljuje sadržaj sa ulaza $A=A_{n-1}A_{n-2}...A_0$
 - pomeren za jedno mesto udesno (SL1=0 i TRN=0 i SR1=1),
 - pomeren za jedno mesto ulevo (SL1=1 i TRN=0 i SR1=0) i
 - ne promenjen (SL1=0 i TRN=1 i SR1=0).

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.5 POMERAČI

Izraz za i -ti razred F_i (slika 13) je:

$$F_i = SL1 \cdot A_{i-1} + TRN \cdot A_i + SR1 \cdot A_{i+1}$$

Sa slike 13 i iz izraza za F_i se vidi da je

1. $F_i = A_{i-1}$
ukoliko je $SL1=1$ i $TRN=0$ i $SR1=0$,
2. $F_i = A_i$
ukoliko je $SL1=0$ i $TRN=1$ i $SR1=0$,
3. $F_i = A_{i+1}$
ukoliko je $SL1=0$ i $TRN=0$ i $SR1=1$ i
4. $F_i = 0$
ukoliko je $SL1=0$ i $TRN=0$ i $SR1=0$

Na sličan način se dobijaju izrazi i za ostale razrede $i=n-1, \dots, 0$. Pri tome se dobija

za najstariji razred F_{n-1}

$$F_{n-1} = SL1 \cdot A_{n-2} + TRN \cdot A_{n-1} + SR1 \cdot I_R$$

za najmlađi razred F_0

$$F_0 = SL1 \cdot I_L + TRN \cdot A_0 + SR1 \cdot A_1$$

Kod pomeranja udesno na izlazu F_{n-1} se pojavljuje signal sa ulaza I_R , a A_0 se gubi i kod pomeranja ulevo na izlazu F_0 se pojavljuje signal sa ulaza I_L , a A_{n-1} se gubi.

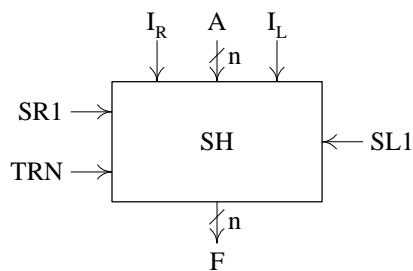
VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.5 POMERAČI

Pomerač sa n razreda ima:

1. tri ulazna upravljačka signala $SR1$, $SL1$ i TRN ,
2. $n+2$ ulaznih informacionih signala I_R , A_{n-1} , A_{n-1}, \dots, A_0 , I_L i
3. n izlaznih informacionih signala F_{n-1} , F_{n-2} , ..., F_0 .

Za predstavljanje pomerača za jedno mesto udesno i ulevo kao bloka koristi se grafički simbol sa slike 14. Kosa crta preko linije "/" se koristi za označavanje skupa linija.



Slika 14 Grafički simbol pomerača

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

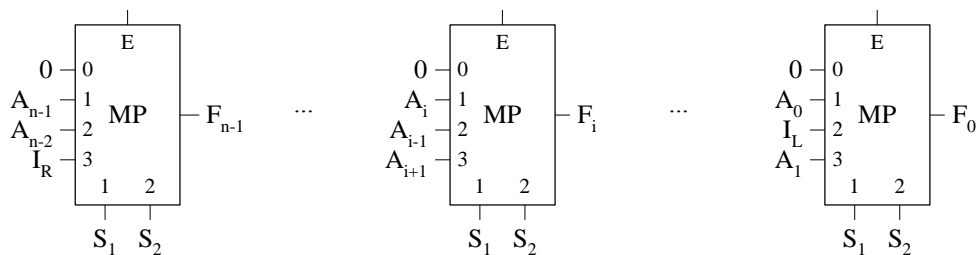
VII.5 POMERAČI

Signal F_i na izlazu i -tog razreda pomerača (slika 13) ima vrednost

1. koja predstavlja rezultat multipleksiranja jednog od informacionih signala A_{i-1} , A_i i A_{i+1} , kada samo jedan od upravljačkih signala $SL1$, TRN ili $SR1$ ima vrednost 1 i
2. 0, kada sva tri upravljačka signala $SL1$, TRN ili $SR1$ imaju vrednost 0.

Zbog toga se i -ti razred pomerača može realizovati i sa multiplekserom koji ima četiri informaciona ulaza na koje se dovode signali 0, A_i , A_{i-1} i A_{i+1} , jedan informacioni izlaza na kome se formira F_i i dva upravljačka ulaza na kojima se vrednostima 00, 01, 10 i 11 upravljačkih signala S_1 i S_2 , na izlaz F_i propušta jedna od vrednosti 0, A_i , A_{i-1} i A_{i+1} , respektivno.

Realizacija n razrednog pomerača za jedno mesto udesno i ulevo sa multiplekserima je data na slici 15. Upravljačkim signalima S_1 i S_2 , i to vrednostima 00, 01, 10 i 11, se na izlazu F selektuje 0, A , A pomereno ulevo i A pomereno udesno, respektivno.



Slika 15 Realizacija n razrednog pomerača za jedno mesto udesno i ulevo sa multiplekserima

Ukoliko je pomerač sa n razreda (slika 14) koji ima:

1. tri ulazna upravljačka signala $SR1$, $SL1$ i TRN ,
2. $n+2$ ulaznih informacionih signala I_R , A_{n-1} , A_{n-1}, \dots, A_0 , I_L i
3. n izlaznih informacionih signala F_{n-1} , F_{n-2} , \dots , F_0 .

realizovan korišćenjem multipleksera (slika 15), onda unutar tog modula mora da postoji kombinaciona mreža koja na osnovu upravljačkih signala $SR1$, $SL1$ i TRN formira upravljačke signale S_1 i S_2 , koji se vode na upravljačke ulaze S_1 i S_2 multipleksera.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.5 POMERAČI

Signali I_R i I_L se nejjednostavnije realizuju pomoću multipleksera (slika 16). Upravljačkim signalima S_3 i S_4 , i to vrednostima 00, 01, 10 i 11, se na izlazu I_R selektuje 0, 1, g ili A_0 , respektivno. Upravljačkim signalima S_5 i S_6 , i to vrednostima 00, 01, 10 i 11, se na izlazu I_L selektuje 0, 1, g ili A_{n-1} , respektivno.



Slika 16 Realizacija signala I_R i I_L

Može se realizovati i pomerač za k mesta udesno i ulevo.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.6 INKREMENTERI I DEKREMENTERI

Inkrementer je kombinaciona mreža koja realizuje sabiranje jedinice sa binarnim brojem. Ukoliko je na ulazima $A_{n-1}A_{n-2}\dots A_0$ inkrementera neki binarni broj na izlazima $F_{n-1}F_{n-2}\dots F_0$ inkrementera je binarni broj sa ulaza uvećan za jedan.

Dekrementer je kombinaciona mreža koja realizuje oduzimanje jedinice od binarnog broja. Ukoliko je na ulazima $A_{n-1}A_{n-2}\dots A_0$ dekrementera neki binarni broj na izlazima $F_{n-1}F_{n-2}\dots F_0$ dekrementera je binarni broj sa ulaza umanjen za jedan.

Konstruišu se i kombinacioni modul inkrementer/dekrementer koji realizuje i inkrementiranje i dekrementiranje.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.6 INKREMENTERI I DEKREMENTERI

Neka je $A=A_{n-1}A_{n-2}\dots A_0$ binarni broj koji treba inkrementirati. Kod inkrementiranja na $A=A_{n-1}A_{n-2}\dots A_0$ se dodaje jedinica.

Kada se to radi na papiru najpre se realizuje sabiranje na razredu nula tako što se jedinica sabira sa A_0 pa se dobija F_0 i formira prenos C_1 u razred jedan. Pri tome ukoliko je $A_0=0$, sabiranjem sa jedinicom dobiće se $F_0=1$ i $C_1=0$, a ukoliko je $A_0=1$, sabiranjem sa jedinicom dobiće se $F_0=0$ i $C_1=1$.

Potom se realizuje sabiranje na razredu jedan tako što se prenos C_1 iz razreda nula sabira sa A_1 pa se dobija F_1 i formira prenos C_2 u razred dva. Zatim se realizuje sabiranje na razredu dva tako što se prenos C_2 iz razreda jedan sabira sa A_2 pa se dobija F_2 i formira prenos C_3 u razred tri. Na sličan način se realizuju sabiranja i na preostalim razredima.

Iz ovoga se vidi da se inkrementiranje na i -tom razredu realizuje tako što se sabiraju A_i i C_i i formiraju F_i i C_{i+1} . Pri tome je A_i i -ti bit binarne reči koja se inkrementira ($A_{n-1}A_{n-2}\dots A_0$), C_i je prenos iz $(i-1)$ -vog u i -ti razred, F_i i -ti bit rezultata i C_{i+1} je prenos iz $(i-1)$ -vog u $(i+1)$ -vi razred.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.6 INKREMENTERI I DEKREMENTERI

Neka je sada $A=A_{n-1}A_{n-2}\dots A_0$ binarni broj koji treba dekrementirati. Kod dekrementiranja od $A=A_{n-1}A_{n-2}\dots A_0$ se oduzima jedinica.

Kada se to radi na papiru najpre se realizuje oduzimanje na razredu nula tako što se jedinica oduzima od A_0 pa se dobija F_0 i formira pozajmica E_1 iz razred jedan. Pri tome ukoliko je $A_0=0$, oduzimanjem jedinice dobiće se $F_0=1$ i $E_1=1$, a ukoliko je $A_0=1$, oduzimanjem jedinice dobiće se $F_0=0$ i $E_1=0$.

Potom se realizuje oduzimanje na razredu jedan tako što se pozajmica E_1 iz razreda jedan u razred nula oduzima od A_1 pa se dobija F_1 i formira pozajmica E_2 iz razreda dva u razred jedan. Zatim se realizuje oduzimanje na razredu dva tako što se pozajmica E_2 iz razreda dva u razred jedan oduzima od A_2 pa se dobija F_2 i formira pozajmica E_3 iz razreda tri u razred dva. Na sličan način se realizuju oduzimanja i na preostalim razredima.

Iz ovoga se vidi da se dekrementiranje na i -tom razredu realizuje tako što se E_i oduzima od A_i i formiraju F_i i E_{i+1} . Pri tome je A_i i -ti bit binarne reči koja se dekrementira ($A_{n-1}A_{n-2}\dots A_0$), E_i je pozajmica iz i -tog u $(i-1)$ -vi razred, F_i i -ti bit rezultata i E_{i+1} je pozajmica iz $(i+1)$ -vog i i -ti razred.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.6 INKREMENTERI I DEKREMENTERI

Inkrementiranje $F=A+1$ i dekrementiranje $F=A-1$ u i -tom razredu se definišu tablicama sa slika 17 i 18, respektivno. Sa C_i je označen prenos iz mlađeg razreda u i -ti, a sa C_{i+1} prenos iz i -tog razreda u stariji. Sa E_i je označena pozajmica iz i -tog razreda u mlađi, a sa E_{i+1} pozajmica iz starijeg razreda u i -ti.

A_i	C_i	F_i	C_{i+1}
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Slika 17 Kombinacona tablica za i -ti razred inkrementera

A_i	E_i	F_i	E_{i+1}
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

Slika 18 Kombinacona tablica za i -ti razred dekrementera

Tablicom sa slike 17 zadaju se prekidačke funkcije F_i i C_{i+1} u funkciji A_i i C_i . Tablicom sa slike 18 zadaju se prekidačke funkcije F_i i E_{i+1} u funkciji A_i i E_i .

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.6 INKREMENTERI I DEKREMENTERI

Iz tablice sa slike 17 se korišćenjem Karnaug-ovih karti ili direktno za inkrementer dobija:

$$F_i = A_i \oplus C_i$$

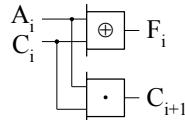
$$C_{i+1} = A_i \cdot C_i$$

Iz tablice sa slike 18 se korišćenjem Karnaug-ovih karti ili direktno za dekrementer dobija:

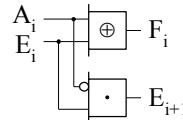
$$F_i = A_i \oplus E_i$$

$$E_{i+1} = \overline{A_i} \cdot E_i$$

Na osnovu ovih izraza konstruisane su strukturne šeme i-tog razreda inkrementera (slika 19) i dekrementera (slika 20).



Slika 19 Strukturna šema i-tog razreda inkrementera



Slika 20 Strukturna šema i-tog razreda dekrementera

Inkrementer na dužini n razreda se dobija korišćenjem posebnog inkrementera za jedan razred (slika 19) za svaki od n -razreda i to vezivanjem signala prenosa C_0 za razred nula na 1 i rednim povezivanjem signala prenosa sa izlaza mlađih razreda na ulaze za signale prenosa starijih razreda.

Na sličan način dekrementer na dužini n razreda se dobija korišćenjem posebnog dekrementera za jedan razred (slika 20) za svaki od n -razreda i to vezivanjem signala pozajmice E_0 za razred nula na 1 i rednim povezivanjem signala pozajmica sa izlaza mlađih razreda na ulaze za signale pozajmica starijih razreda.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.6 INKREMENTERI I DEKREMENTERI

Treba uočiti da se signal C_0 ponaša kao upravljački signal za inkrementer jer vrednost na izlazima predstavlja vrednost sa ulaza uvećanu za jedan ukoliko signal C_0 ima vrednost jedan. U suprotnom, vrednost na izlazima je ista kao vrednost na ulazima. Zbog toga se za signal C_0 često koristi i oznaka INC.

Na sličan način se signal E_0 ponaša kao upravljački signal za dekrementer jer vrednost na izlazima predstavlja vrednost sa ulaza umanjenu za jedan ukoliko signal E_0 ima vrednost jedan. U suprotnom, vrednost na izlazima je ista kao vrednost na ulazima. Zbog toga se za signal E_0 često koristi i oznaka DEC.

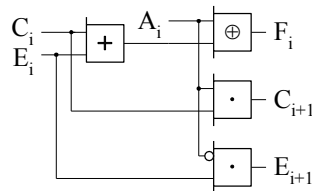
VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.6 INKREMENTERI I DEKREMENTERI

Do kombinacionog modula inkrementer/dekrementer za jedan razred može se doći istim postupkom kao i u slučaju posebnih inkrementera i dekrementera za jedan razred. Ovim postupkom se najpre

1. konstruiše zajednička kombinaciona tablica za inkrementiranje i dekrementiranje za i -ti razred, zatim se
2. određuju izrazi za prekidačke funkcije F_i , C_{i+1} i E_{i+1} , i na kraju se
3. konstruiše strukturalna šema kombinacione mreže koja realizuje ove prekidačke funkcije i predstavlja inkrementer/dekrementer i -tog razreda.

Do inkrementera/dekrementera i -tog razreda (slika 21) se obično dolazi objedinjavanjem inkrementera (slika 19) i dekrementera (slika 20) za jedan razred konstruisanih posebno. Pretpostavlja se da kombinacija signala $C_i=1$ i $E_i=1$ ne dolazi na ulaze.



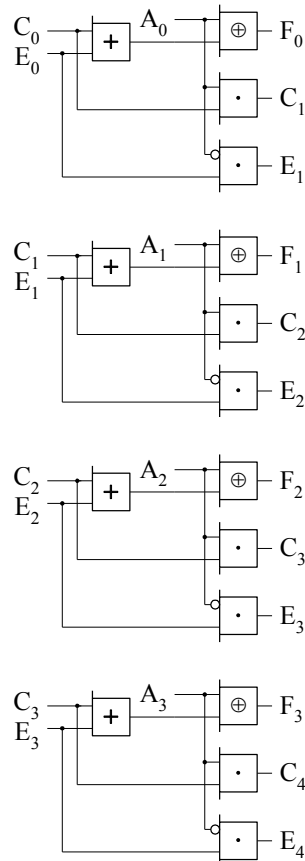
Slika 21 Strukturalna šema i -tog razreda inkrementera/dekrementera

Inkrementer za jedan razred se ponekad naziva polusabirač, a dekrementer za jedan razred poluoduzimač.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.6 INKREMENTERI I DEKREMENTERI

Povezivanje inkrementera/dekrementera za jedan razred radi dobijanja inkrementera/dekrementera za n razreda prikazano je na primeru inkrementera/dekrementera za 4 razreda (slika 22).



Slika 22 Strukturna šema inkrementera/dekrementera za 4 razreda

Ulazi C_0 i E_0 se koriste kao upravljački signali.

Ukoliko su signali na ulazima C_0 i E_0 nule, na izlazima F_3 do F_0 su iste vrednosti kao na ulazima A_3 do A_0 .

Ukoliko su signali na ulazima C_0 i E_0 jedan i nula, respektivno, na izlazima F_3 do F_0 je vrednost sa ulaza A_3 do A_0 uvećana za jedan.

Ukoliko su signali na ulazima C_0 i E_0 nula i jedan, respektivno, na izlazima F_3 do F_0 je vrednost sa ulaza A_3 do A_0 umanjena za jedan.

Na ulazima C_0 i E_0 nije dozvoljeno da budu vrednosti jedan istovremeno.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.6 INKREMENTERI I DEKREMENTERI

Nedostatak prethodnih realizacija je serijsko generisanje signala prenosa i pozajmice. Treba uočiti da se

$$C_{i+1} = A_i \cdot C_i$$

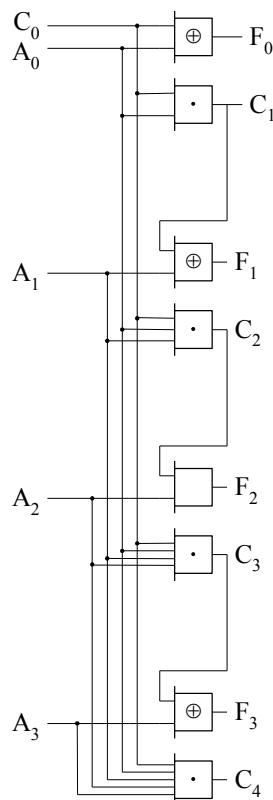
$$E_{i+1} = \overline{A_i} \cdot E_i$$

moгу napisati kao

$$C_{i+1} = A_i \cdot A_{i-1} \dots A_0 \cdot C_0$$

$$E_{i+1} = \overline{A_i} \cdot \overline{A_{i-1}} \dots \overline{A_0} \cdot \overline{E_0}$$

pa se prenosi/pozajmice mogu generisati istovremeno za sve razrede. Realizacija ovakvog inkrementera za n razreda prikazana je na primeru inkrementera za 4 razreda (slika 23).

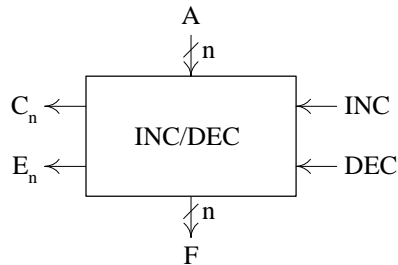


Slika 23 Strukturna šema inkrementera za 4 razreda

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.6 INKREMENTERI I DEKREMENTERI

Grafički simbol inkrementera/dekrementera za n razreda je dat na slici 24.



Slika 24 Grafički simbol inkrementera/dekrementera za n razreda

Ukoliko signali INC i DEC imaju vrednost nula, na izlazima F je ista vrednost kao na ulazima A.

Ukoliko signali INC i DEC imaju vrednost jedan i nula, respektivno, na izlazima F je vrednost sa ulaza A uvećana za jedan.

Ukoliko signali INC i DEC imaju vrednost nula i jedan, respektivno, na izlazima F je vrednost sa ulaza A umanjena za jedan.

Nije dozvoljeno da signali INC i DEC imaju vrednost jedan istovremeno.

Napomena:

Signal INC se vodi na ulaz C_0 , a signal DEC na ulaz E_0 .

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Sabirač je kombinaciona mreža koja realizuje aritmetičku operaciju sabiranja.

Oduzimač je kombinaciona mreža koja realizuje aritmetičku operaciju odizimanja.

Neka su $A=A_{n-1}A_{n-2}...A_0$ i $A=A_{n-1}A_{n-2}...A_0$ binarni brojevi. Sabiranje $F=A+B$ i oduzimanje $F=A-B$ u i -tom razredu se definišu tablicama sa slika 25 i 26. Sa C_i je označen prenos iz mlađeg razreda u i -ti, a sa C_{i+1} prenos iz i -tog razreda u stariji. Sa E_i je označena pozajmica iz i -tog razreda u mlađi, a sa E_{i+1} pozajmica iz starijeg razreda u i -ti.

A_i	B_i	C_i	F_i	C_{i+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Slika 25 Kombinaciona tablica za i -ti razred sabirača

A_i	B_i	E_i	F_i	E_{i+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

Slika 26 Kombinaciona tablica za i -ti razred oduzimača

Tablicom sa slike 25 zadaju se prekidačke funkcije F_i i C_{i+1} u funkciji A_i , B_i i C_i . Tablicom sa slike 26 zadaju se prekidačke funkcije F_i i E_{i+1} u funkciji A_i , B_i i E_i .

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Iz tablice sa slike 25 se korišćenjem Karnaugh-ovih karti za sabirač dobija:

$$F_i = \bar{A}_i \bar{B}_i C_i + \bar{A}_i B_i \bar{C}_i + A_i B_i C_i + A_i \bar{B}_i \bar{C}_i$$

$$C_{i+1} = A_i B_i + A_i C_i + B_i C_i$$

Prema ovim izrazima se mogu konstruisati strukturne šeme kombinacionih mreža u bazisima NE, I i ILI, NI i NILI koje realizuju prekidačke funkcije F_i i C_{i+1} .

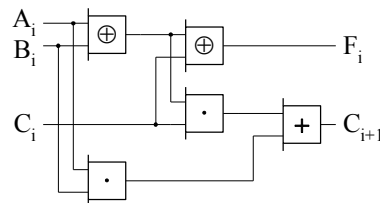
Prekidačka funkcija F_i ima vrednost 1 na četiri vektora sa neparnim brojem jedinica pa se može predstaviti sa

$$F_i = A_i \oplus B_i \oplus C_i$$

Transformacije prekidačke funkcije C_i daju

$$C_{i+1} = A_i B_i + C_i (A_i \oplus B_i)$$

Na osnovu ovih izraza konstruisana je strukturna šema i-tog razreda sabirača (slika 27).



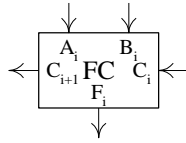
Slika 27 Strukturna šema i-tog razreda sabirača

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

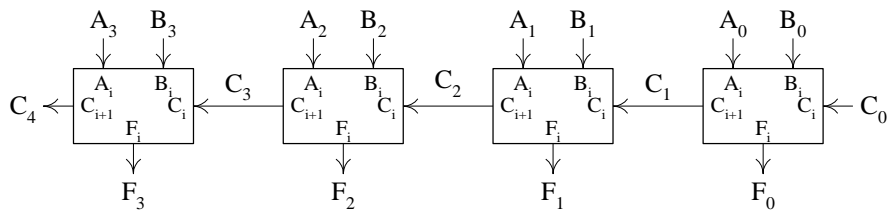
Sabirač za jedan razred se ponekad naziva potpuni sabirač.

Grafički simbol potpunog sabirača je dat na slici 28.



Slika 28 Grafički simbol potpunog sabirača FC

Paralelni sabirač sa četiri razreda se dobija kaskadnom vezom sabirača za jedan razred (slika 29).



Slika 29 Paralelni sabirač sa četiri razreda i kaskadnim generisanjem prenosa

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Nedostatak paralelnih sabirača realizovanih kaskadnim generisanjem signala prenosa je povećanje kašnjenja proporcionalno broju razreda.

Da bi se to izbeglo treba projektovati kombinacionu mrežu koja će na osnovu ulaznih signala istovremeno generisati signale prenosa C_1 , C_2 , C_3 i C_4 .

Do izraza za C_1 , C_2 , C_3 i C_4 se dolazi po sledećem postupku:

1. Izraz

$C_{i+1} = A_i B_i + (A_i \oplus B_i) C_i$ se posle uvođenja oznaka

$A_i B_i = G_i$ i $A_i \oplus B_i = P_i$ može napisati

$$C_{i+1} = G_i + P_i C_i$$

2. Na osnovu toga se može napisati:

$$C_1 = G_0 + P_0 C_0$$

$$C_2 = G_1 + P_1 C_1 = G_1 + P_1 G_0 + P_1 P_0 C_0$$

$$C_3 = G_2 + P_2 C_2 = G_2 + P_2 G_1 + P_2 P_1 G_0 + P_2 P_1 P_0 C_0$$

$$C_4 = G_3 + P_3 C_3 = G_3 + P_3 G_2 + P_3 P_2 G_1 + P_3 P_2 P_1 G_0 + P_3 P_2 P_1 P_0 C_0$$

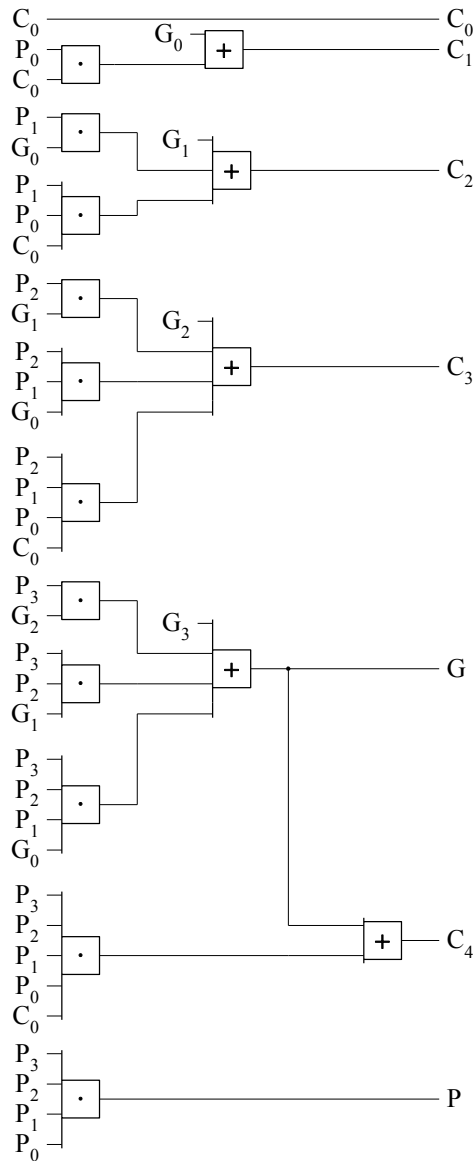
Signali C_1 , C_2 , C_3 i C_4 sada zavise samo od ulaznih signala i svi se generišu sa istim kašnjenjem.

Kombinaciona mreža koja direktno na osnovu ulaznih signala G_3 , G_2 , G_1 , G_0 , P_3 , P_2 , P_1 , P_0 i C_0 generiše signale C_1 , C_2 , C_3 i C_4 naziva se generator prenosa.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Strukturna šema četvororazrednog generatora prenosa je data na slici 30 .

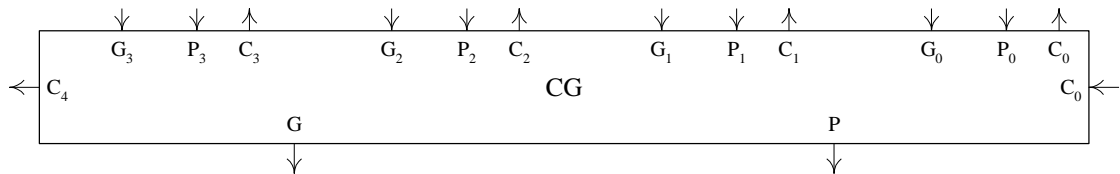


Slika 30 Strukturna šema četvororazrednog generatora prenosa

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Četvororazredni generator prenosa je raspoloživ kao standardni kombinacioni modul, čiji je grafički simbol dat na slici 31 .



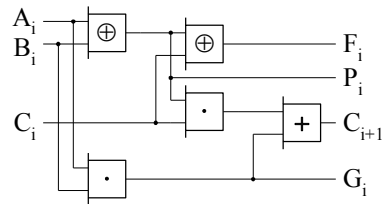
Slika 31 Grafički simbol četvororazrednog generatora prenosa

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

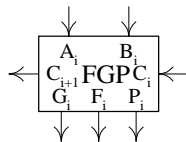
VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Paralelni sabirač sa četiri razreda se može realizovati korišćenjem potpunih sabirača i generatora prenosa, čime se umesto kaskadnog obezbeđuje paralelno generisanje signala prenosa.

Potpuni sabirač u ovoj realizaciji na osnovu ulaznih signala A_i , B_i i C_i generiše ne samo izlazne signala F_i i C_{i+1} , već i signale G_i i P_i . Njegova strukturna šema i grafički simbol su dati na slikama 32 i 33.



Slika 32 Strukturna šema i-tog razreda sabirača FGP



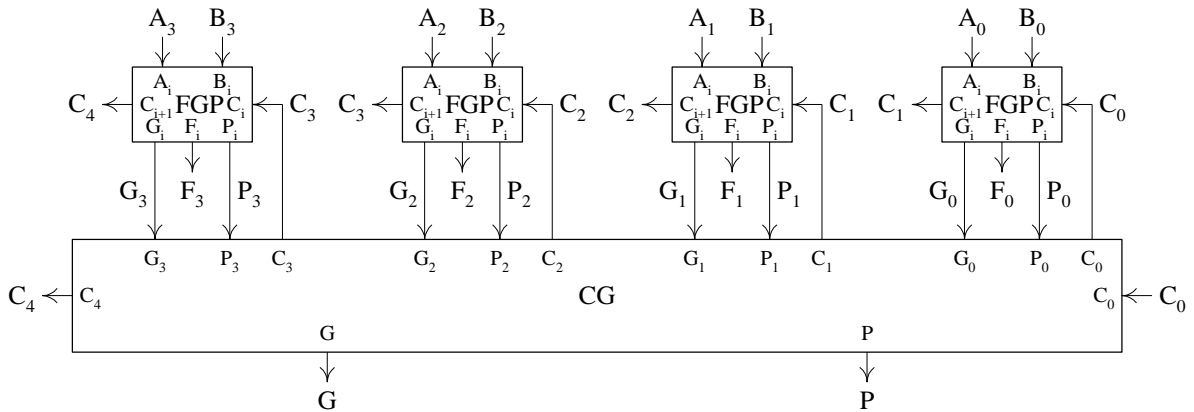
Slika 33 Grafički simbol potpunog sabirača FGP

Potpuni sabirača FGP pored izlaznih signala G_i i P_i ima i izlazni signal C_{i+1} , pa se može koristiti za realizaciju sabirača i sa kaskadnim i sa paralelnim generisanje signala prenosa

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Paralelni sabirač sa četiri razreda se može realizovati korišćenjem potpunih sabirača i generatora prenosa (slika 34).



Slika 34 Paralelni sabirač sa četiri razreda i paralelnim generisanjem prenosa

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Sa povećanjem broja razreda sabirača raste složenost generatora prenosa, pa se nailazi na ograničenje broja ulaza logičkih elemenata.

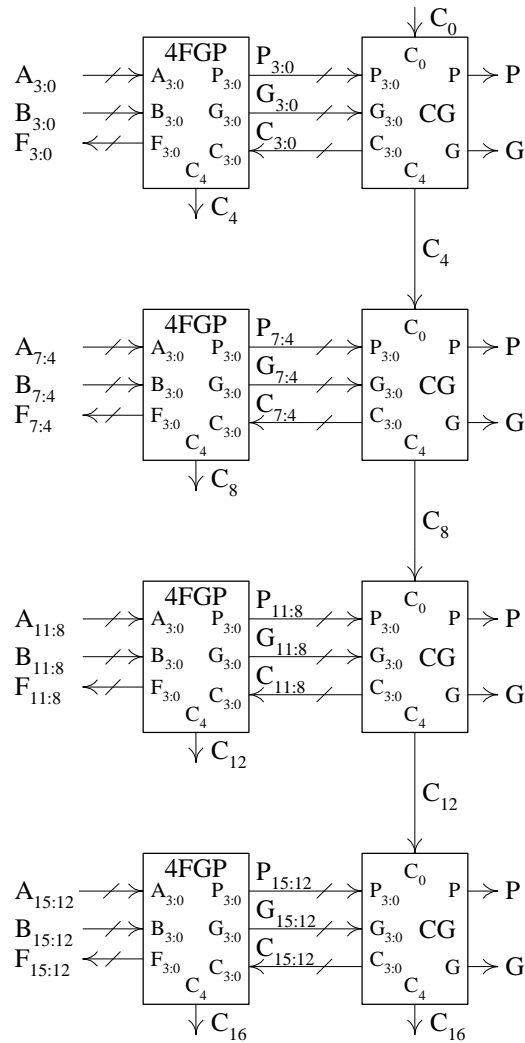
Zbog toga se prenos u sabiračima za veliki broj razreda obično realizuje pomoću više povezanih generatora prenosa za manji broj razreda.

Na slikama 35 i 36 su prikazane dve strukturne šeme sabirača za 16 razreda u kojima se prenos realizuje pomoću generatora prenosa za četiri razreda.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

U šemi na slici 35 četiri generatora prenosa za četiri razreda povezani su kaskadno korišćenjem izlaza C_4 .

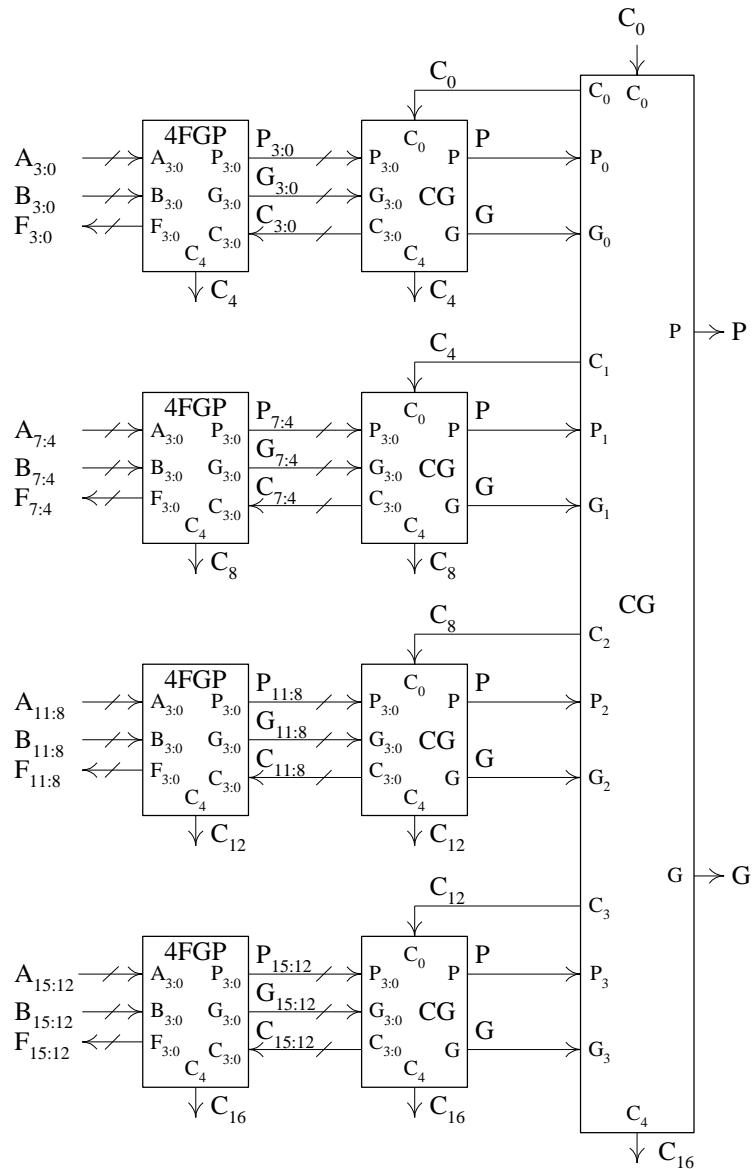


Slika 35 Paralelni sabirač sa 16 razreda i kaskadnim generisanjem prenosa za grupe od četiri razreda

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

U šemi na slici 36 četiri generatora prenosa za četiri razreda povezani su pomoću petog generatora prenosa za četiri razreda korišćenjem izlaza G i P.



Slika 36 Paralelni sabirač sa 16 razreda i paralelnim generisanjem prenosa za grupe od četiri razreda

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Za realizaciju paralelnih sabirača mogu se koristiti i sabirači za više razreda konstruisani kao jedinstvene kombinacione mreže.

U slučaju sabirača za dva razreda sabiranje se definiše kombinacionom tablicom sa 32 vrste koja zadaje prekidačke funkcije F_{i+1} , F_i i C_{i+2} sa promenljivim A_{i+1} , A_i , B_{i+1} , B_i i C_i .

Na osnovu kombinacione tablice prekidačke funkcije F_{i+1} , F_i i C_{i+2} sa promenljivim A_{i+1} , A_i , B_{i+1} , B_i i C_i se predstavljaju pomoću Karnaugh-ovih karti.

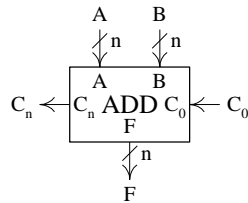
Na osnovu Karnaugh-ovih karti određuju se izrazi u obliku DNF-a ili KNF-a za F_{i+1} , F_i i C_{i+2} u funkciji A_{i+1} , A_i , B_{i+1} , B_i i C_i .

Sabirači sa dva razreda se koriste za konstrukciju paralelnih sabirača na isti način kao i sabirači za jedan razred.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Za predstavljanje paralelnog sabirača kao bloka koristi se grafički simbol sa slike 37 nezavisno od načina konstrukcije i generisanja signala prenosa.



Slika 37 Grafički simbol paralelnog sabirača

Prilikom sabiranja binarnih reči $A_{n-1...0}$ i $B_{n-1...0}$ mogu da se jave dve situacije:

1. prenos $C_n = 0$. Rezultat $F_{n-1...0}$ je korektan jer je u opsegu vrednosti koje mogu da se predstavljaju sa n bitova
2. prenos $C_n = 1$. Rezultat $F_{n-1...0}$ nije je korektan jer je u opsegu vrednosti koje ne mogu da se predstavljaju sa n bitova

1. VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Iz tablice sa slike 25 se korišćenjem Karnaugh-ovih karti za sabirač dobija:

$$F_i = \bar{A}_i \bar{B}_i C_i + \bar{A}_i B_i \bar{C}_i + A_i B_i C_i + A_i \bar{B}_i \bar{C}_i$$

$$C_{i+1} = A_i B_i + A_i C_i + B_i C_i$$

Iz tablice sa slike 26 se korišćenjem Karnaugh-ovih karti za oduzimač dobija:

$$F_i = \bar{A}_i \bar{B}_i E_i + \bar{A}_i B_i \bar{E}_i + A_i B_i E_i + A_i \bar{B}_i \bar{E}_i$$

$$E_{i+1} = \bar{A}_i B_i + \bar{A}_i E_i + B_i E_i$$

Izrazi za F_i za sabirač i oduzimač su isti.

Izraz za E_{i+1} kod oduzimača se razlikuje od izraza za C_{i+1} kod sabirača samo po tome što se u izrazu za E_{i+1} pojavljuje \bar{A}_i a u izrazu za C_{i+1} pojavljuje A_i .

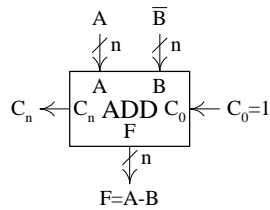
Zbog toga se oduzimači konstruišu na isti način kao i sabirači.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČI I ODUZIMAČI

Oduzimači se mogu realizovati pomoću sabirača.

Oduzimanje $F = A - B$ se može realizovati pomoću paralelnog sabirača na čije ulaze se dovode A , \overline{B}_i i $C_0=1$ (slika 38).



Slika 38 Oduzimač realizovan pomoću sabirača

Kod ovakvog načina realizacije oduzimača pozajmica $E_n = \overline{C_n}$.

Prilikom oduzimanja binarnih reči $A_{n-1...0}$ i $B_{n-1...0}$ mogu da se jave dve situacije:

1. prenos $C_n = 1$, pa je $E_n = 0$. Rezultat $F_{n-1...0}$ je korektan jer $A_{n-1...0} > B_{n-1...0}$.
2. prenos $C_n = 0$, pa je $E_n = 1$. Rezultat $F_{n-1...0}$ nije korektan jer je $A_{n-1...0} < B_{n-1...0}$.

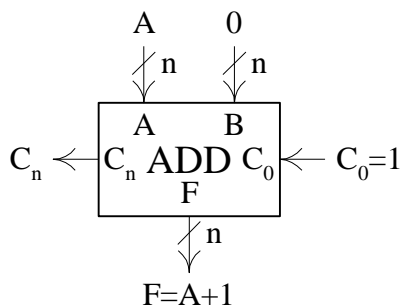
VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.7 SABIRAČ I ODUZIMAČ

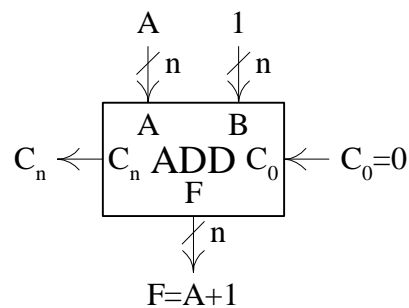
Inkrementiranje $F = A + 1$ i dekrementiranje $F = A - 1$ se mogu realizovati pomoću paralelnog sabirača jer su to specijalni slučajevi sabiranja i oduzimanja.

Inkrementiranje je dodavanje $0...01$ na $A_{n-1...0}$. Na ulaze sabirača bi trebalo dovesti $A_{n-1...0}$, $0...01$ i $C_0=0$. Međutim, jednostavnija je realizacija ukoliko se na ulaze sabirača dovedu A , $0...00$ i $C_0=1$ (slika 39).

Dekrementiranje je oduzimanje $0...01$ od $A_{n-1...0}$. Na ulaze sabirača bi trebalo dovesti $A_{n-1...0}$, $1...10$ i $C_0=1$. Međutim, jednostavnija je realizacija ukoliko se na ulaze sabirača dovedu A , $1...11$ i $C_0=0$ (slika 40).



Slika 39 Inkrementer realizovan pomoću sabirača



Slika 40 Dekrementer realizovan pomoću sabirača

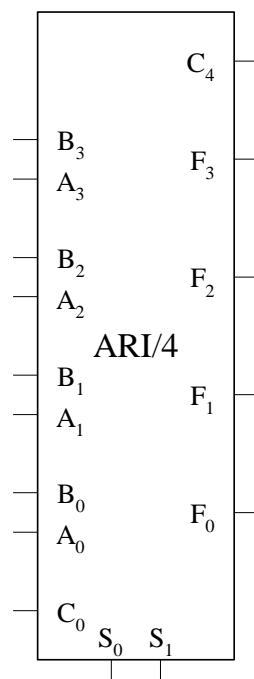
VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.8 ARITMETIČKA JEDINICA

Aritmetička jedinica je kombinaciona mreža koja realizuje neki podskup aritmetičkih operacija.

Razmatra se četvororazredna aritmetička jedinica ARI/4 koja realizuje četiri aritmetičke operacije sa celobrojnim vrednostima i to: sabiranje, oduzimanje, inkrementiranje i dekrementiranje.

Za predstavljanje četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4 kao bloka koristi se grafički simbol sa slike 41.



Slika 41 Grafički simbol četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.8 ARITMETIČKA JEDINICA

Zakon funkcionisanja četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4 je dat u obliku tablice na slici 42.

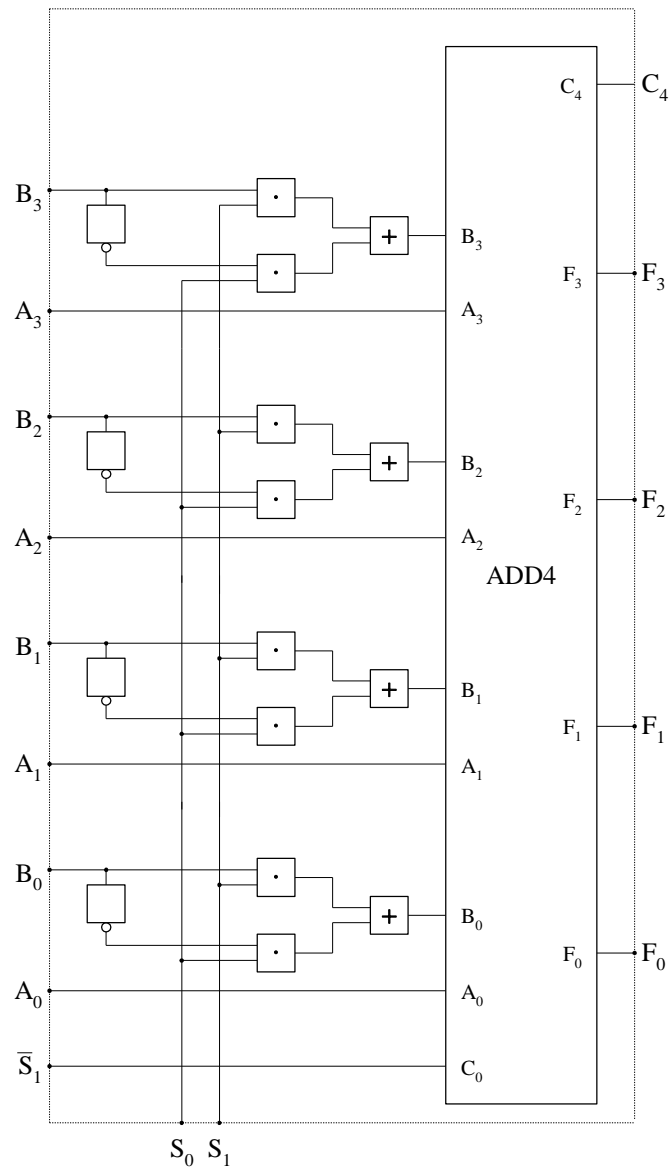
S_0	S_1	F
0	0	$A + C_0$
0	1	$A + B + C_0$
1	0	$A - B - \overline{C_0}$
1	1	$A - \overline{C_0}$

Slika 42 Zakon funkcionisanja četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.8 ARITMETIČKA JEDINICA

Strukturna šema četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4 realizovane pomoću četvororazrednog sabirača ADD sa slike 37 i uz dovođenje na ulaze B i C₀ sabirača ADD vrednosti prema slikama 38, 39 i 40 je data na slici 43.



Slika 43 Strukturna šema četvororazredne aritmetičke jedinice ARI/4

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.8 ARITMETIČKA JEDINICA

Na ulaze $A_{3..0}$ sabirača ADD4 treba dovesti binarnu vrednost $A_{3..0}$.

Na ulaze $B_{3..0}$ sabirača ADD4 treba dovesti

binarnu vrednost $B_{3..0}$ za za sabiranje ($S_0=0$ i $S_1=1$)

invertovanu binarnu vrednost $B_{3..0}$ za oduzimanje ($S_0=1$ i $S_1=0$)

binarnu vrednost 0...00 za inkrementiranje ($S_0=0$ i $S_1=0$)

binarnu vrednost 1...11 za dekrementiranje ($S_0=1$ i $S_1=1$)

Na ulaz C_0 treba dovesti

0 za sabiranje ($S_0=0$ i $S_1=1$) i dekrementiranje ($S_0=1$ i $S_1=1$) i

1 za oduzimanje ($S_0=1$ i $S_1=0$) i inkrementiranje ($S_0=0$ i $S_1=0$)

To se obezbeđuje dovođenjem signala \bar{S}_1 na ulaz C_0 .

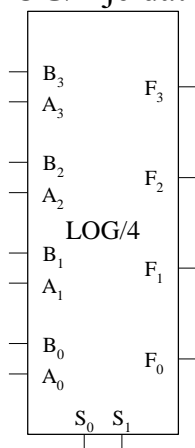
VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.9 LOGIČKA JEDINICA

Logička jedinica je kombinaciona mreža koja realizuje neki podskup logičkih operacija.

Razmatra se četvororazredna logička jedinica LOG/4 koja realizuje četiri logičke operacije nad binarnim vrednostima i to: I, ILI, ekskluzivno ILI i komplementiranje.

Grafički simbol logičke jedinice LOG/4 je dat na slici 44.



Slika 44 Grafički simbol logičke jedinice LOG/4

Zakon funkcionisanja logičke jedinice LOG/4 je dat u obliku tablice na slici 45.

S ₀	S ₁	F
0	0	A · B
0	1	A + B
1	0	A ⊕ B
1	1	\overline{A}

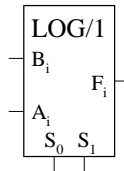
Slika 45 Zakon funkcionisanja logičke jedinice LOG/4

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.9 LOGIČKA JEDINICA

Za realizaciju četvororazredne logičke jedinice LOG/4 se koriste četiri jednorazredne logičke jedinice LOG/1.

Grafički simbol jednorazredne logičke jedinice LOG/1 je dat na slici 46.



Slika 46 Grafički simbol jednorazredne logičke jedinice LOG/1

Zakon funkcionisanja jednorazredne logičke jedinice LOG/1 je dat u obliku tablice na slici 47.

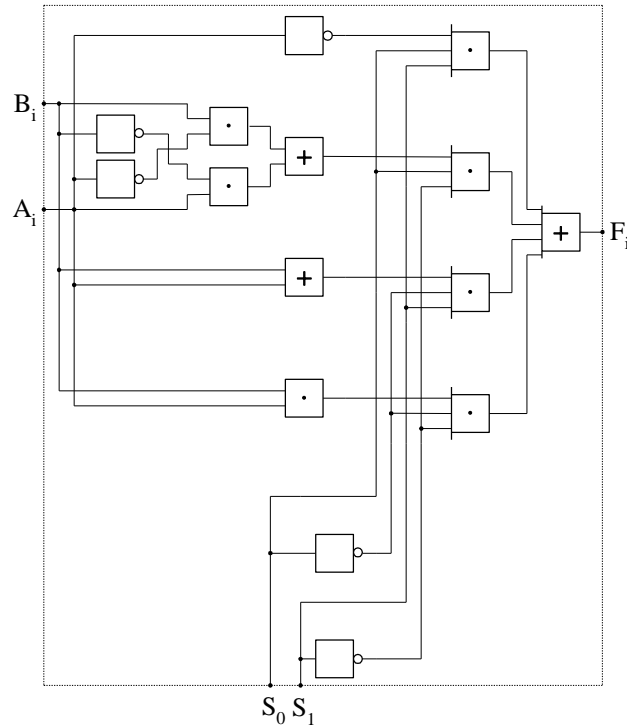
S_0	S_1	F_i
0	0	$A_i \cdot B_i$
0	1	$A_i + B_i$
1	0	$A_i \oplus B_i$
1	1	$\overline{A_i}$

Slika 47 Zakon funkcionisanja jednorazredne logičke jedinice LOG/1 dat u obliku tablice

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.9 LOGIČKA JEDINICA

Strukturna šema jednorazredne logičke jedinice LOG/1 je data na slici 48.



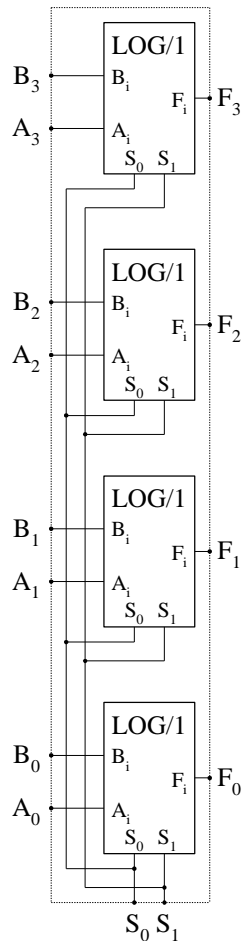
Slika 48 Strukturna šema jednorazredne logičke jedinice LOG/1

Logičke operacije I, ILI, ekskluzivno ILI i NE realizuju se nezavisno pomoću odgovarajućih logičkih elemenata, a upravljačkim signalima S_0 i S_1 na izlaz F_i se propušta rezultat jedne od četiri logičke operacije.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.9 LOGIČKA JEDINICA

Strukturna šema četvororazredne logičke jedinice LOG/4 realizovane sa četiri jednorazredne logičke jedinice LOG/1 je data na slici 49.



Slika 49 Strukturna šema četvororazredne logičke jedinice LOG/4

Logičke operacije se realizuju nezavisno za svaki od četiri razreda, pa se četvororazredna logička jedinica LOG/4 realizuje sa četiri jednorazredne logičke jedinice LOG/1.

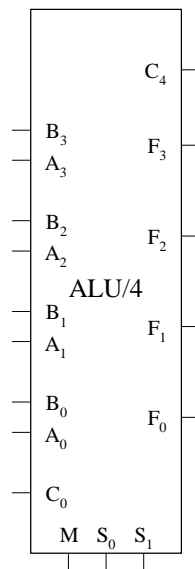
VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.10 ARITMETIČKO-LOGIČKA JEDINICA

Aritmetičko-logička jedinica je kombinaciona mreža koja realizuje neki podskup aritmetičkih i logičkih operacija.

Razmatra se četvororazredna aritmetičko logička jedinica ALU/4 koja realizuje četiri aritmetičke operacije i to sabiranje, oduzimanje, inkrementiranje i dekrementiranje i četiri logičke operacije i to I, ILI, ekskluzivno ILI i komplementiranje.

Grafički simbol četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4 je dat na slici 50.



Slika 50 Grafički simboli četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4

Zakon funkcionisanja četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4 je dat u obliku tablice na slici 51.

M	S ₀	S ₁	operacija
0	0	0	$A + C_0$
0	0	1	$A + B + C_0$
0	1	0	$A - B - \overline{C_0}$
0	1	1	$A - \overline{C_0}$
1	0	0	$A \cdot B$
1	0	1	$A + B$
1	1	0	$A \oplus B$
1	1	1	\overline{A}

Slika 51 Zakon funkcionisanja četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4 dat u obliku tablice

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.10 ARITMETIČKO–LOGIČKA JEDINICA

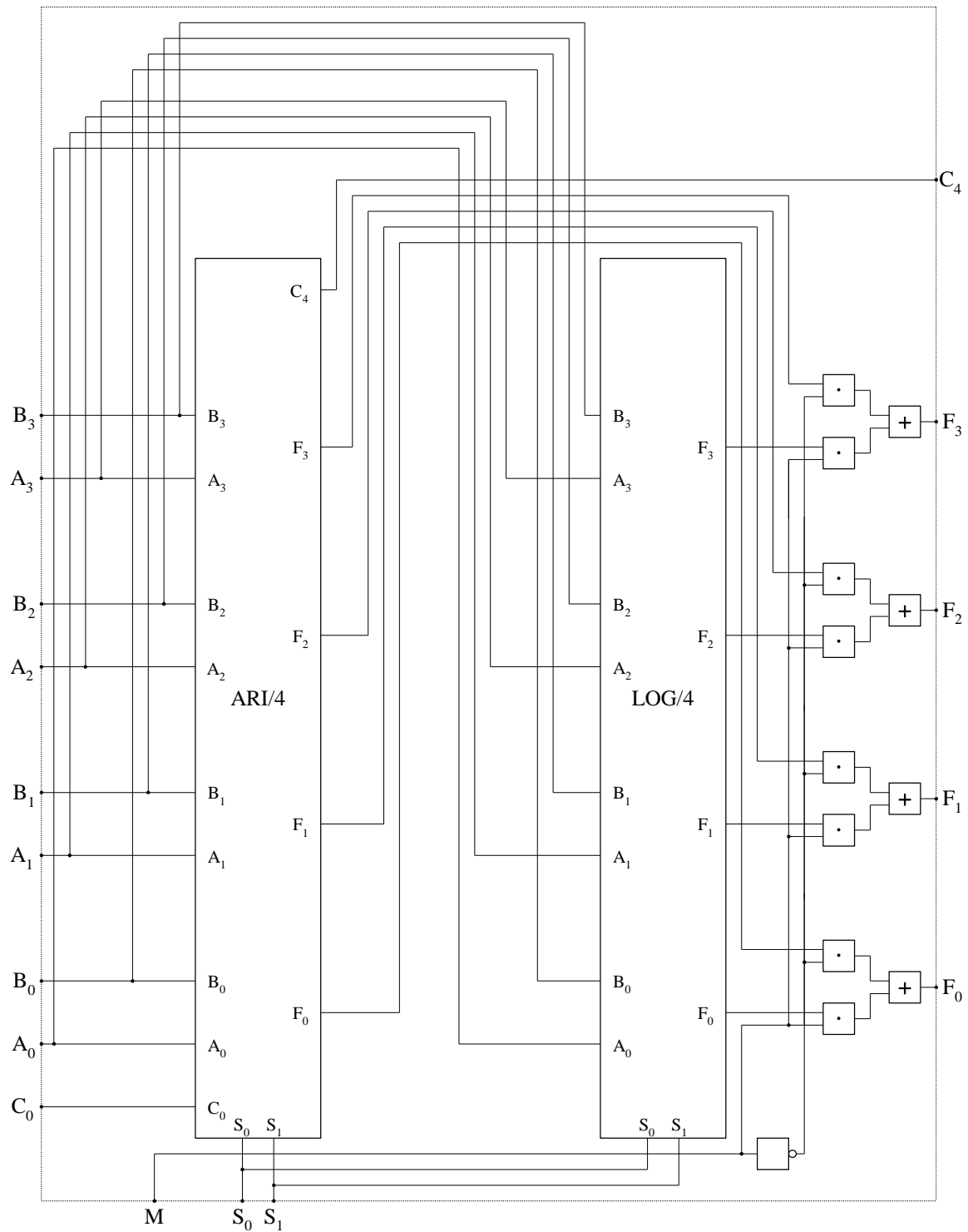
Za realizaciju četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4 se koristi četvororazredna aritmetička jedinica ARI/4 i četvororazredna logička jedinica LOG/4.

Binarne reči $B_{3..0}$ i $A_{3..0}$ se vode na ulaze i aritmetičke i logičke jedinice. Upravljačkim signalima S_0 i S_1 se posebno u okviru aritmetičke i posebno u okviru logičke jedinice selektuje rezultat jedne od četiri aritmetičke i jedne od četiri logičke operacije, a zatim se upravljačkim signalom M na izlaze $F_{3..0}$ aritmetičko logičke jedinice propušta rezultat sa izlaza aritmetičke ili logičke jedinice.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.10 ARITMETIČKO-LOGIČKA JEDINICA

Strukturna šema četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4 je data na slici 52.



Slika 52 Strukturna šema četvororazredne aritmetičko logičke jedinice ALU/4

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.11 KOMPARATOR

Komparator je kombinaciona mreža koja poredi dva binarna broja i pokazuje njihov odnos.

Komparator dužine n razreda se može konstruisati kaskadnim povezivanjem jednorazrednih komparatora.

Do zakona funkcionisanja jednorazrednog komparatora se dolazi na osnovu sledećih razmatranja:

1. Neka su G_i , E_i i L_i prekidačke funkcije koje pokazuju da li je binarni broj $A_{i-1}A_{i-2}\dots A_0$ veći, jednak ili manji od binarnog broja $B_{i-1}B_{i-2}\dots B_0$.
2. Tada se prekidačke funkcije G_{i+1} , E_{i+1} i L_{i+1} koje pokazuju da li je binarni broj $A_iA_{i-1}\dots A_0$ veći, jednak ili manji od binarnog broja $B_iB_{i-1}\dots B_0$ mogu predstaviti izrazima:

$$G_{i+1} = A_i \bar{B}_i + G_i (A_i B_i + \bar{A}_i \bar{B}_i)$$

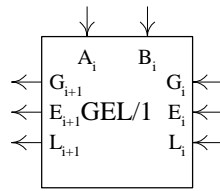
$$E_{i+1} = E_i (A_i B_i + \bar{A}_i \bar{B}_i)$$

$$L_{i+1} = \bar{A}_i B_i + L_i (A_i B_i + \bar{A}_i \bar{B}_i)$$

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

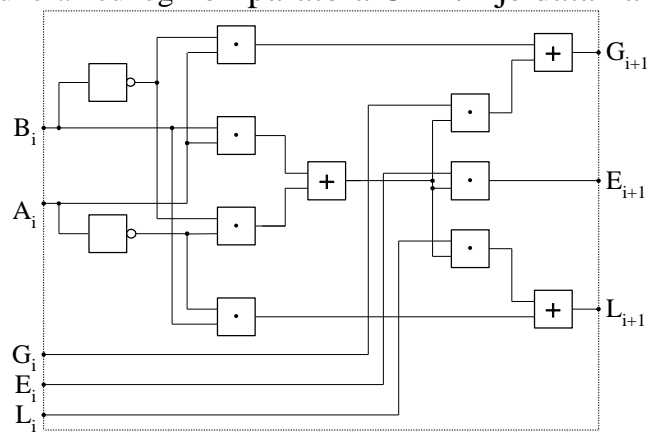
VII.11 KOMPARATOR

Grafički simbol jednorazrednog komparatora CMP/1 je dat na slici 53.



Slika 53 Grafički simbol komparatora CMP/1

Strukturna šema jednorazrednog komparatora CMP/1 je data na slici 54.

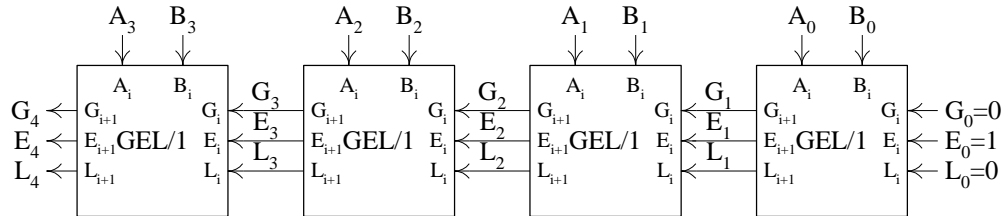


Slika 54 Strukturna šema komparatora CMP/1

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.11 KOMPARATOR

Komparator na dužini četiri razreda dobijen kaskadnom vezom komparatora za jedan razred je dat na slici 55.



Slika 55 Strukturna šema komparatora na dužini od četiri razreda

Nedostatak komparatora sa slike 55 je kašnjenje signala proporcionalno broju razreda.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.11 KOMPARATOR

Da bi se došlo do povoljnijeg rešenja posmatraju se prekidačke funkcije

$$G_{i+1} = A_i \bar{B}_i + G_i (A_i B_i + \bar{A}_i \bar{B}_i)$$

$$E_{i+1} = E_i (A_i B_i + \bar{A}_i \bar{B}_i)$$

$$L_{i+1} = \bar{A}_i B_i + L_i (A_i B_i + \bar{A}_i \bar{B}_i)$$

i u njima $A_i B_i + \bar{A}_i \bar{B}_i$ označe sa x_i tako da se dobijaju sledeći izrazi:

$$G_{i+1} = A_i \bar{B}_i + x_i G_i$$

$$E_{i+1} = x_i E_i$$

$$L_{i+1} = \bar{A}_i B_i + x_i L_i$$

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.11 KOMPARATOR

Iz izraza za G_{i+1} , E_{i+1} i L_{i+1} se za G_1 , E_1 i L_1 dobija

$$G_1 = A_0 \bar{B}_0 + x_0 G_0$$

$$E_1 = x_0 E_0$$

$$L_1 = \bar{A}_0 B_0 + x_0 L_0$$

Iz izraza za G_{i+1} , E_{i+1} i L_{i+1} se za G_2 , E_2 i L_2 najpre dobija

$$G_2 = A_1 \bar{B}_1 + x_1 G_1$$

$$E_2 = x_1 E_1$$

$$L_2 = \bar{A}_1 B_1 + x_1 L_1$$

a potom zamenom prethodno dobijenih izraza za G_1 , E_1 i L_1 se dobija

$$G_2 = A_1 \bar{B}_1 + x_1 A_0 \bar{B}_0 + x_1 x_0 G_0$$

$$E_2 = x_1 x_0 E_0$$

$$L_2 = \bar{A}_1 B_1 + x_1 \bar{A}_0 B_0 + x_1 x_0 L_0$$

Na isti način se iz izraza za G_{i+1} , E_{i+1} i L_{i+1} za G_3 , E_3 i L_3 najpre dobija

$$G_3 = A_2 \bar{B}_2 + x_2 G_2$$

$$E_3 = x_2 E_2$$

$$L_3 = \bar{A}_2 B_2 + x_2 L_2$$

a potom zamenom prethodno dobijenih izraza za G_2 , E_2 i L_2 se dobija

$$G_3 = A_2 \bar{B}_2 + x_2 A_1 \bar{B}_1 + x_2 x_1 A_0 \bar{B}_0 + x_2 x_1 x_0 G_0$$

$$E_3 = x_2 x_1 x_0 E_0$$

$$L_3 = \bar{A}_2 B_2 + x_2 \bar{A}_1 B_1 + x_2 x_1 \bar{A}_0 B_0 + x_2 x_1 x_0 L_0$$

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.11 KOMPARATOR

Konačno se iz izraza za G_{i+1} , E_{i+1} i L_{i+1} za G_4 , E_4 i L_4 najpre dobija

$$G_4 = A_3 \bar{B}_3 + x_3 G_3$$

$$E_4 = x_3 E_3$$

$$L_4 = \bar{A}_3 B_3 + x_3 L_3$$

a potom zamenom prethodno dobijenih izraza za G_3 , E_3 i L_3 se dobija

$$G_4 = A_3 \bar{B}_3 + x_3 A_2 \bar{B}_2 + x_3 x_2 A_1 \bar{B}_1 + x_3 x_2 x_1 A_0 \bar{B}_0 + x_3 x_2 x_1 x_0 G_0$$

$$E_4 = x_3 x_2 x_1 x_0 E_0$$

$$L_4 = \bar{A}_3 B_3 + x_3 \bar{A}_2 B_2 + x_3 x_2 \bar{A}_1 B_1 + x_3 x_2 x_1 \bar{A}_0 B_0 + x_3 x_2 x_1 x_0 L_0$$

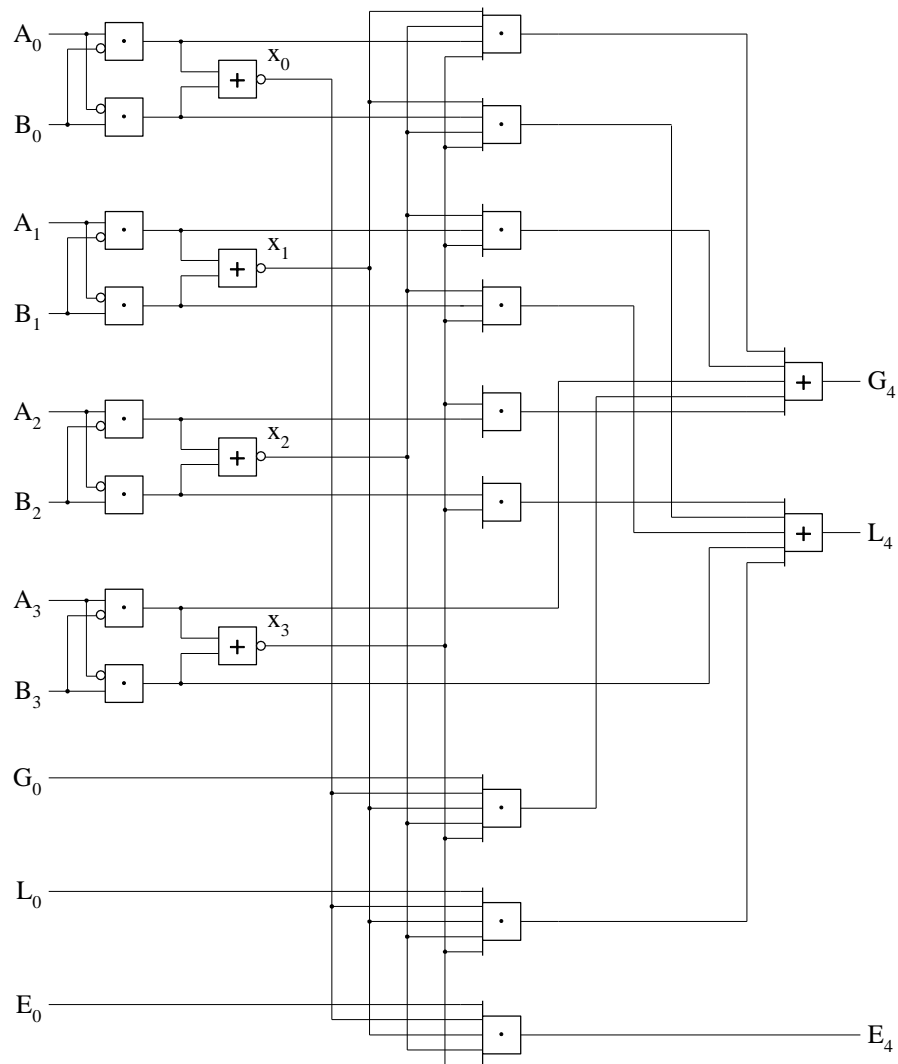
Prema ovim izrazima može se konstruisati strukturna šema komparatora u kome kašnjenje signala ne zavisi od broja razreda n .

Jena od mogućih strukturnih šema komparatora za $n=4$ je data na slici 56 .

Za veće vrednosti n nailazi se na problem ograničenja broja ulaza logičkih elemenata.

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.11 KOMPARATOR

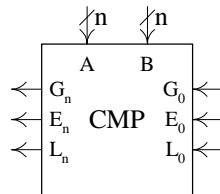


Slika 56 Strukturna šema komparatora za $n=4$ u kojoj kašnjenje ne zavisi od n

VII. STANDARDNI KOMBINACIONI MODULI

VII.11 KOMPARATOR

Za predstavljanje komparatora kao bloka koristi se grafički simbol sa slike 57 nezavisno od načina realizacije komparatora.



Slika 57 Grafički simbol komparatora za n razreda