

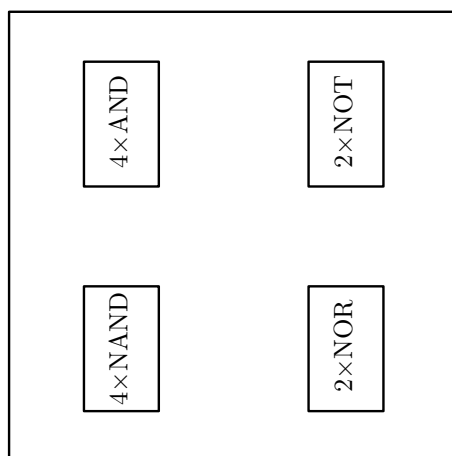
51570 PRAKTIKUM IZ ELEKTRONIKE  
SMJER: ISTRAŽIVAČKI STUDIJ FIZIKE

Vježba 4.  
**LOGIKA**

## ZADACI

### 1. Logički sklopovi

- Snimite sheme osnovnih logičkih sklopova s diskretnim elementima (DL i DTL logika). Priključite napon napajanja od 4.5 V i odredite pripadne istinite tabele za svaki od njih, mijenjajući ulazne signale. Izlazne signale mjerite voltmetrom. Objasnite princip rada svakog sklopa i diskutirajte njegova svojstva.
- Provjerite osnovne zakone Booleove algebre za AND i OR.
- Snimite shemu sklopa s logičkim krugovima ostvarenim pomoću integriranih krugova. Priključite napon napajanja od 5 V. Provjerite odgovarajuće istinite tabele za AND, NAND, NOT, OR i NOR. Pomoću dva izlaza provjerite zakone asocijacije, komutacije, distribucije i de Morganove zakone.



- Ostvarite dvije verzije EX OR sklopa i provjerite istinitu tabelu.
- Za **zadani** sklop odredite istinitu tabelu.
- Za **zadanu** istinitu tabelu realizirajte najjednostavniji logički sklop i provjerite tu tabelu.
- Realizirajte sklop za poluzbrajanje (HALF ADDER) i provjerite njegov rad.

- 
- h) Snimite shemu sklopa za zbrajanje i množenje. Priključite napon napajanja od 5 V (pazite na polaritet!). Spojite elemente na maketi u sklop za zbrajanje dva broja po 3 bita. Provjerite rad sklopa zbrajajući određene kombinacije brojeva.
  - i) Ostvarite sklop za množenje dva broja od po 2 bita. Provjerite rad sklopa na svim mogućim kombinacijama.

# VRŠENJE OSNOVNIH RAČUNSKIH OPERACIJA POMOĆU LOGIČKIH SKLOPOVA

## 1.1 Binarni prikaz

Za vršenje osnovnih računskih operacija pomoću logičkih sklopova potrebno je brojeve predstaviti u takvom obliku da ih možemo shvatiti kao logičke varijable. Za to je najpogodniji njihov prikaz u binarnom sistemu:

$$N = x_0 2^0 + x_1 2^1 + x_2 2^2 + x_3 2^3 + \dots \quad (1)$$

Svaki je broj prikazan u binarnom sistemu nizom binarnih informacija,

$$N \rightarrow x_0 x_1 x_2 x_3 \dots \quad (2)$$

pri čemu svakom binarnom mjestu u nizu odgovara vrijednost 0 ili 1.

$N$	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	
0	0	0	0	0	
1	1	0	0	0	
2	0	1	0	0	
3	1	1	0	0	
4	0	0	1	0	
5	1	0	1	0	
6	0	1	1	0	
7	1	1	1	0	
8	0	0	0	1	
9	1	0	0	1	
10	0	1	0	1	
11	1	1	0	1	
12	0	0	1	1	
13	1	0	1	1	
14	0	1	1	1	
15	1	1	1	1	
16	0	0	0	0	1
17	1	0	0	0	1

## 1.2 Zbrajanje

Zbrajanje možemo u binarnom sistemu formalno napisati slično kao i u decimalnom sistemu. Dva broja,  $N$  i  $M$  prikazana u binarnom sistemu nizovima binarnih informacija, zbrajamo tako da zbrajanje vršimo po binarnim mjestima, a započinjemo sa prvim, gdje imamo četiri moguće kombinacije za vrijednosti  $x_0$  i  $y_0$ . To su slijedeće mogućnosti:

$$\begin{array}{r} 0 \\ + 0 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0 \\ + 1 \\ \hline 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ + 0 \\ \hline 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ + 1 \\ \hline 0 \end{array} 1$$

U slučaju kada su  $x_0$  i  $y_0$  jedinice, na prvom binarnom mjestu u sumi javlja se nula, a jedinica se prebacuje na drugo binarno mjesto. Kod zbrajanja na višim binarnim mjestima postoji i mogućnost prijenosa jedinice sa prvog nižeg mjesta. Tada se sumi na nekom binarnom mjestu pribraja i jedinica sa nižeg mjesta.

**Primjer:**

$$\begin{array}{r} 6 \\ + 7 \\ \hline 13 \end{array} \quad \longrightarrow \quad \begin{array}{r} 0 \ 1 \ 1 \ 0 \\ + 1 \ 1 \ 1 \ 0 \\ \hline 1 \ 0 \ 1 \ 1 \end{array}$$

Operaciju zbrajanja dva broja u binarnom sistemu možemo formalno nadomjestiti logičkim funkcijama, koje ćemo definirati za svako pojedino binarno mjesto. Vršimo zbrajanje, npr. dva broja definirana u binarnom sistemu sa tri binarna mjesta:

$$\begin{array}{r} N \\ + M \\ \hline S \end{array} \quad \longrightarrow \quad \begin{array}{r} x_0 \ x_1 \ x_2 \\ + y_0 \ y_1 \ y_2 \\ \hline s_0 \ s_1 \ s_2 \ s_3 \end{array}$$

Dobiveni zbroj imat će najviše četiri binarna mjesta. Prema spomenutim pravilima zbrajanja po binarnim mjestima, možemo zbrajanje na prvom binarnom mjestu izvršiti pomoću logičkog sklopa kojem su ulazne varijable  $x_0$  i  $y_0$ , a izlazne funkcije  $s_0$  (informacija na prvom binarnom mjestu sume) i  $p_0$  koja pred stavlja prijenos na drugo binarno mjesto. Prema tome  $s_0$  i  $p_0$  trebaju zadovoljavati

sljedeću istinitu tabelu:

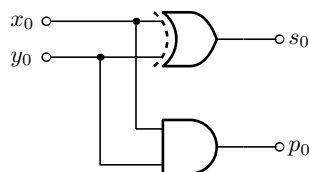
$x_0$	$y_0$	$s_0$	$p_0$
1	1	0	1
1	0	1	0
0	1	1	0
0	0	0	0

Iz ovog tabelarnog prikaza nalazimo da se  $s_0$  i  $p_0$  mogu napisati kao sljedeće logičke funkcije od  $x_0$  i  $y_0$ :

$$s_0 = x_0\bar{y}_0 + \bar{x}_0y_0 \quad (3)$$

$$p_0 = x_0y_0 \quad (4)$$

što znači da operaciju zbrajanja na prvom binarnom mjestu možemo ostvariti pomoću sljedećeg logičkog sklopa:



Slika 1. Sklop za poluzbrajanje (HALF ADDER)

Sklopovi za zbrajanje na višim binarnim mjestima međusobno su identični, a razlikuju se od sklopa za zbrajanje na prvom binarnom mjestu, tzv. *sklopa za poluzbrajanje*, po tome što imaju tri ulazne varijable. Za sklop za zbrajanje na  $n$ -tom binarnom mjestu ulazne varijable su  $x_n$  i  $y_n$ , te prijenos sa nižeg binarnog mjesta  $p_{n-1}$ . Izlazne su funkcije  $s_n$  (informacija na  $n$ tom binarnom mjestu u sumi) i  $p_n$  (prijenos na više binarno mjesto). Tabela istine za funkcije ovakvog sklopa, nazvanog *sklopom za potpuno zbrajanje*, mora prema pravilima

za zbrajanje izgledati ovako:

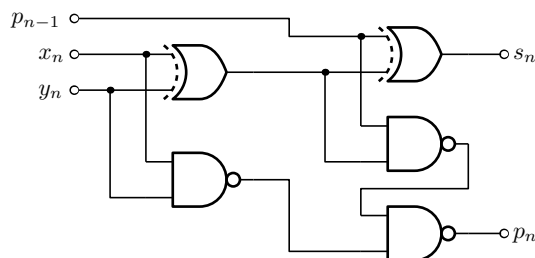
$x_n$	$y_n$	$p_{n-1}$	$s_n$	$p_n$
1	1	1	1	1
1	1	0	0	1
1	0	1	0	1
1	0	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	0	1	0
0	0	1	1	0
0	0	0	0	0

Iz ovog tabelarnog prikaza nalazimo da su  $s_n$ - i  $p_n$ -ove logičke funkcije:

$$s_n = x_n y_n p_{n-1} + x_n \bar{y}_n \bar{p}_{n-1} + \bar{x}_n y_n \bar{p}_{n-1} + \bar{x}_n \bar{y}_n p_{n-1} \quad (5)$$

$$p_n = x_n y_n p_{n-1} + x_n y_n \bar{p}_{n-1} + x_n \bar{y}_n p_{n-1} + \bar{x}_n y_n p_{n-1} \quad (6)$$

Pojednostavljanjem ovih izraza možemo doći do mnoštva načina za ostvarivanje sklopa za potpuno zbrajanje pomoću osnovnih logičkih sklopova. Jedan od najjednostavnijih je slijedeći sklop:



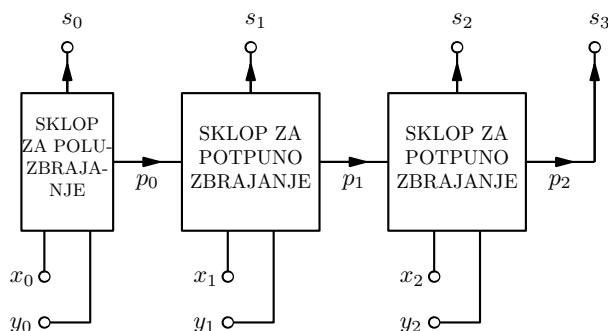
Slika 2. Sklop za potpuno zbrajanje (FULL ADDER)

Vratimo li se na početak naših razmatranja, zbrajanju dva broja koji imaju po tri binarna mjesta, cijeli sklop za zbrajanje prikazan je na slici sl.3.

Za zbrajanje brojeva u binarnom sistemu koji imaju više binarnih mjesta, potrebno je nadovezati odgovarajući broj sklopova za potpuno zbrajanje.

### 1.3 Množenje

Operaciju množenja u binarnom sistemu možemo na sličan način ostvariti pomoću logičkih sklopova. Radi jednostavnosti ograničimo se na množenje dva broja



Slika 3.

prikazana u binarnom sistemu sa dva binarna mjesta. Najjednostavniji je slučaj, svakako, množenje brojeva sa po jednim binarnim mjestom. To su brojevi 0 i 1 kojima odgovaraju na prvom mjestu u binarnom nizu binarne informacije '0' odnosno '1'

$$0 \rightarrow 0 (0\ 0\ 0\ \dots\dots) \quad (7)$$

$$1 \rightarrow 1 (0\ 0\ 0\ \dots\dots) \quad (8)$$

Množenje brojeva sa jednim binarnim mjestom očigledno možemo prikazati pomoću jednog AND sklopa



Slika 4. Sklop za množenje jednog bita

Da bismo ostvarili sklop za množenje dva broja sa po dva binarna mjesta, napišimo formalno

$$Z = N M = (x_0 2^0 + x_1 2^1) (y_0 2^0 + y_1 2^1) \quad (9)$$

$$= x_0 y_0 2^0 + (x_1 y_0 + x_0 y_1) 2^1 + x_1 y_1 2^2 \quad (10)$$

Iz ovog se izraza vidi da je produkt  $x_0 y_0$  izravno jednak informaciji na prvom binarnom mjestu sume, koju čakle možemo dobiti pomoću jednog AND sklopa sa  $x_0$  i  $y_0$  na ulazima. Isto tako pomoću AND sklopova ostvarit ćemo i informacije  $x_1 y_0$ ,  $x_0 y_1$  i  $x_1 y_1$ . Gornji izraz možemo, budući da se radi o množenju, shvatiti

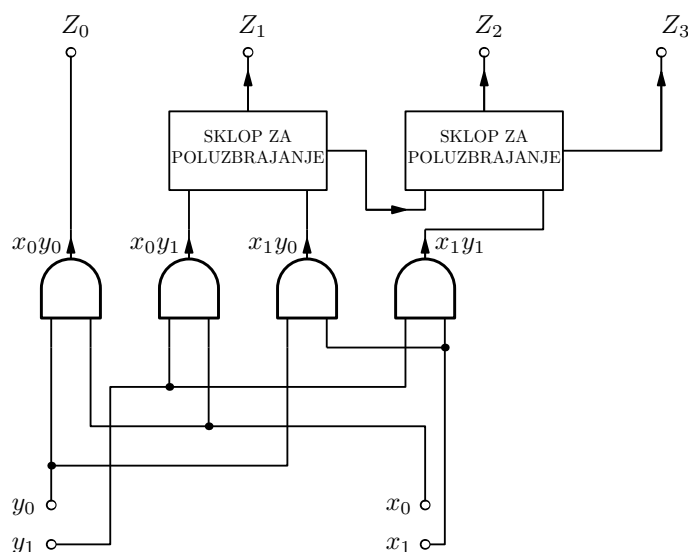


kao zbrajanje dvaju brojeva u binarnom sistemu

$$\begin{array}{r}
 x_0y_0 \quad x_1y_0 \quad x_1y_1 \\
 + \quad 0 \quad x_0y_1 \quad 0 \\
 \hline
 Z_0 \quad Z_1 \quad Z_2 \quad Z_3
 \end{array}$$

Zbrajanje na drugom binarnom mjestu možemo izvršiti u ovom slučaju i sklopom za poluzbrajanje, budući da nema prijenosa sa prvog binarnog mjesta. Isto tako možemo i zbrajanje na trećem binarnom mjestu izvršiti pomoću sklopa za poluzbrajanje, a ne sklopom za potpuno zbrajanje, budući da se na trećem binarnom mjestu donjeg sumanda nalazi '0', te se zbrajaju samo dvije informacije –  $x_1y_1$  i prijenos sa drugog binarnog mjesta.

Na temelju ovih razmatranja možemo sklop za množenje dvaju brojeva u binarnom sustavu izvršiti logičkim sklopom koji se sastoji od četiri AND sklopa i dva sklopa za poluzbrajanje prikazanim na slijedećoj slici:



Slika 5. Sklop za množenje dva bita

Ovakav tip sklopa za množenje naziva se paralelnim multiplikatorom. Paralelni multiplikatori za množenje brojeva sa  $n$  binarnih mjesta imaju  $2n$  izlaza i sastoje se od odgovarajućeg broja AND sklopova i sklopova za polu- i potpuno zbrajanje.