

OSNOVE DIGITALNE ELEKTRONIKE

DIGITALNA
ARITMETIKA

Binarno zbrajanje

- binarno zbrajanje
 - najjednostavnije
 ~ zbrajanje *dviju* binarnih znamenki:
 suma *mod 2* : operator \oplus

0	0	1	1	
+0	+1	+0	+1	
0	1	1	1	0

1	0
1	0

C: prijenos ↑

S: suma ↑

➔

a			
	b	0	1
		0	1
		1	10

- rezultat: $2_{10} = 10_2$
 ~ pojava *prijenosa* (engl. carry) na višu bitovnu poziciju
- oznake:
 S : suma, zbroj ; C : prijenos

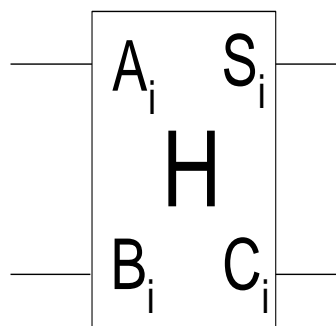
Binarno zbrajanje

- sve se (aritmetičke) operacije svode na binarno zbrajanje
- Binarno zbrajanje:
 - osnovni algoritam: zbrajanje *dvaju* binarnih znamenki
 - Funkcija *zbroja* (S_i) i *prijenosa* (C_i) [carry]

A_i	B_i	2^0	2^1
		S_i	C_i
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

POLUZBRAJALO

- Sklop za zbrajanje *dvaju* binarnih znamenki: *poluzbrajalo* [half-adder]

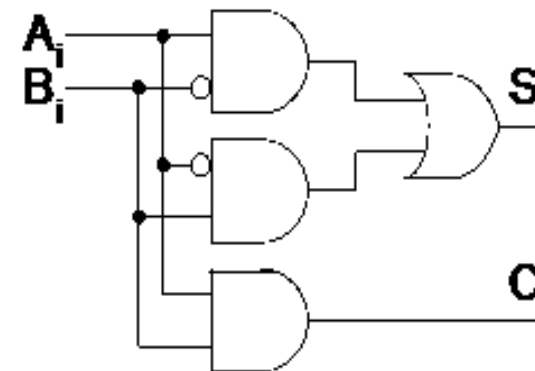
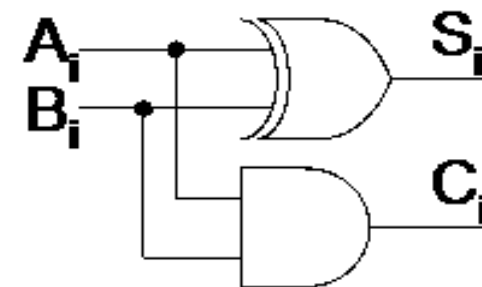


A_i	B_i	2^0	2^1
A_i	B_i	S_i	C_i
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

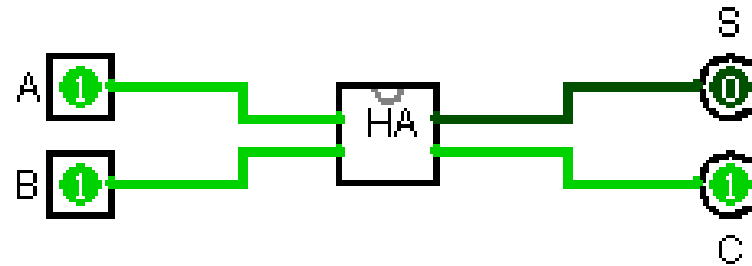
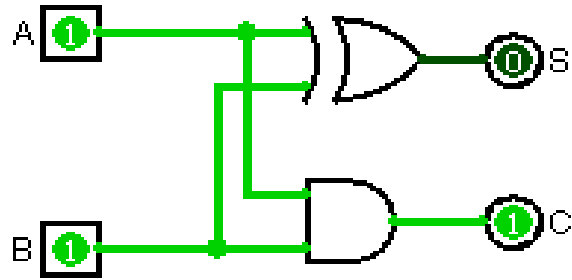
$$S_i = A_i \bar{B}_i + \bar{A}_i B_i$$

$$= A_i \oplus B_i$$

$$C_i = A_i \cdot B_i$$



POLUZBRAJALO - simulacija



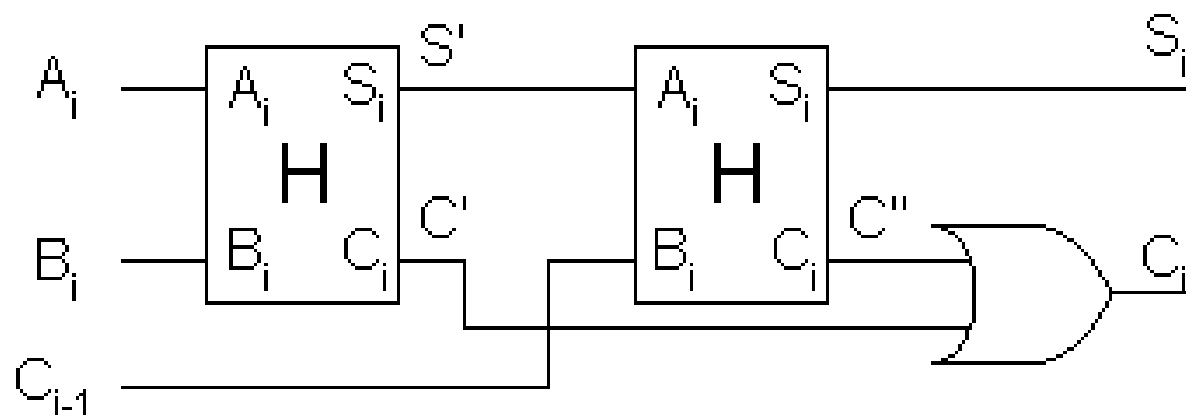
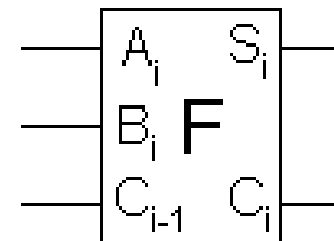
Zbrajanje triju binarnih znamenki

pribrajanje *prijenosa* ("treća znamenka") s prethodnog mjesta

A_i	B_i	C_{i-1}	S_i	C_i
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

Potpuno zbrajalo [full-adder

- sklop za zbrajanje *triju* binarnih znamenki
- **Izvedba s dva poluzbrajala**



$$s' = A_i \oplus B_i$$

$$c' = A_i B_i$$

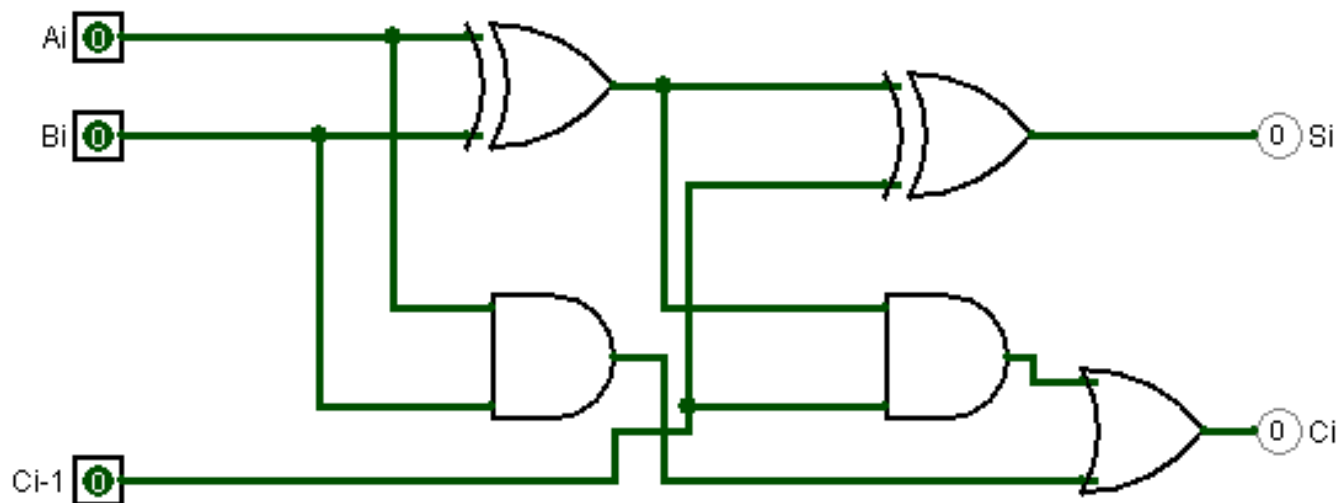
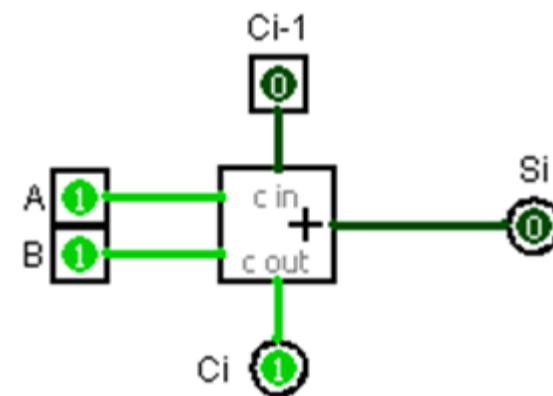
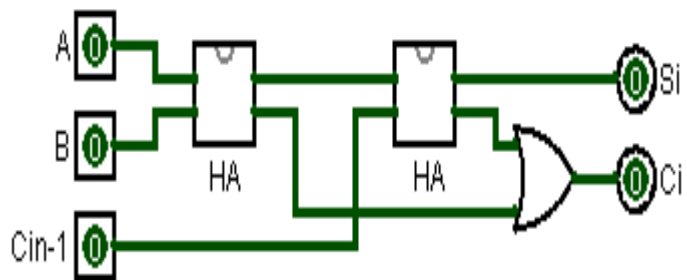
$$S_i = s' \oplus C_{i-1}$$

$$S_i = A_i \oplus B_i \oplus C_{i-1}$$

$$C_i = c'' + c'$$

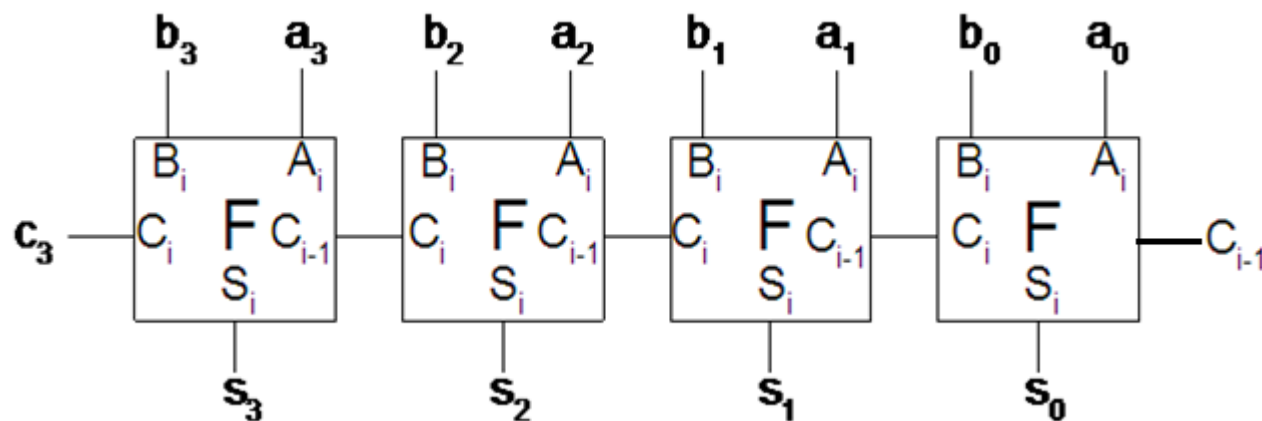
$$C_i = (A_i \oplus B_i) \cdot C_{i-1} + A_i B_i$$

Potpuno zbrajalo - simulacija



Zbrajanje višebitnih brojeva

- *Paralelno zbrajanje*
- prienos se širi "serijski" [ripple carry]
- (zbrajanje a_0 i b_0 se stvarno obavlja potpunim zbrajalom, ali uz $C_{i-1} = 0$)



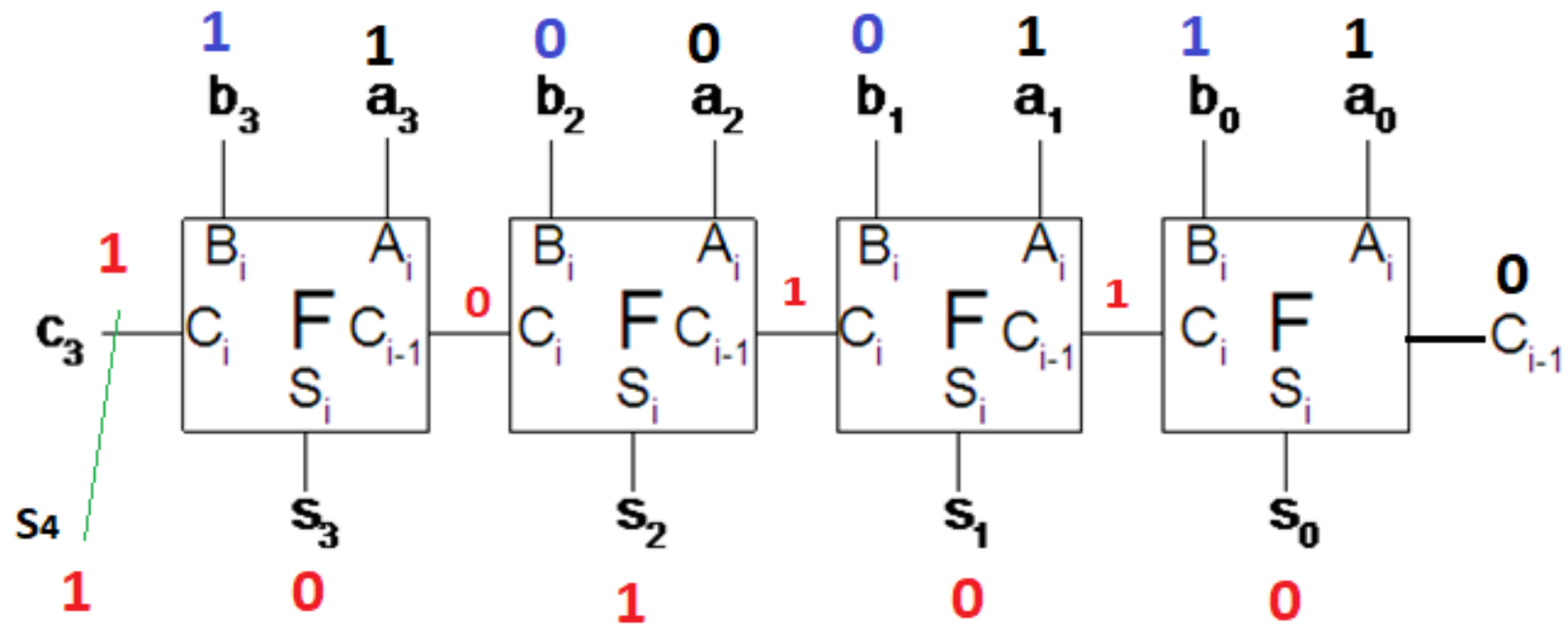
$$a_3a_2a_1a_0 + b_3b_2b_1b_0 \\ = C_3s_3s_2s_1s_0$$

Zadatak: Paralelno zbrojiti 11+9 i prikazati zbrajanje na shemi spoja.

1011-podatak **a**

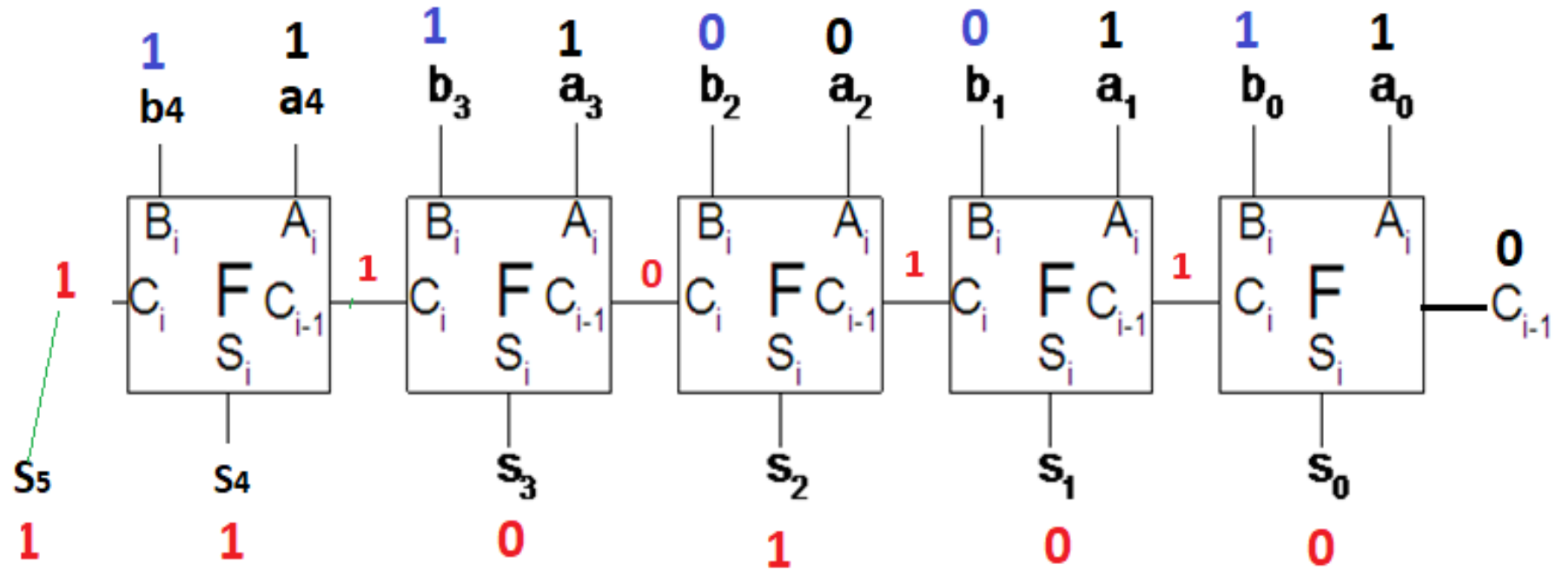
+1001-podatak **b**

10100-rješenje



Zadatak: Paralelno zbrojiti 27+25 i prikazati zbrajanje na shemi spoja.

11011-podatak a
+ 11001-podatak b
110100-rješenje



74LS83A-integrirano zbrajalo

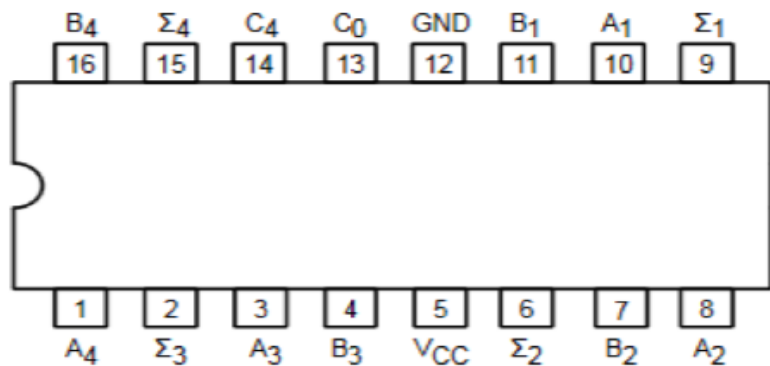
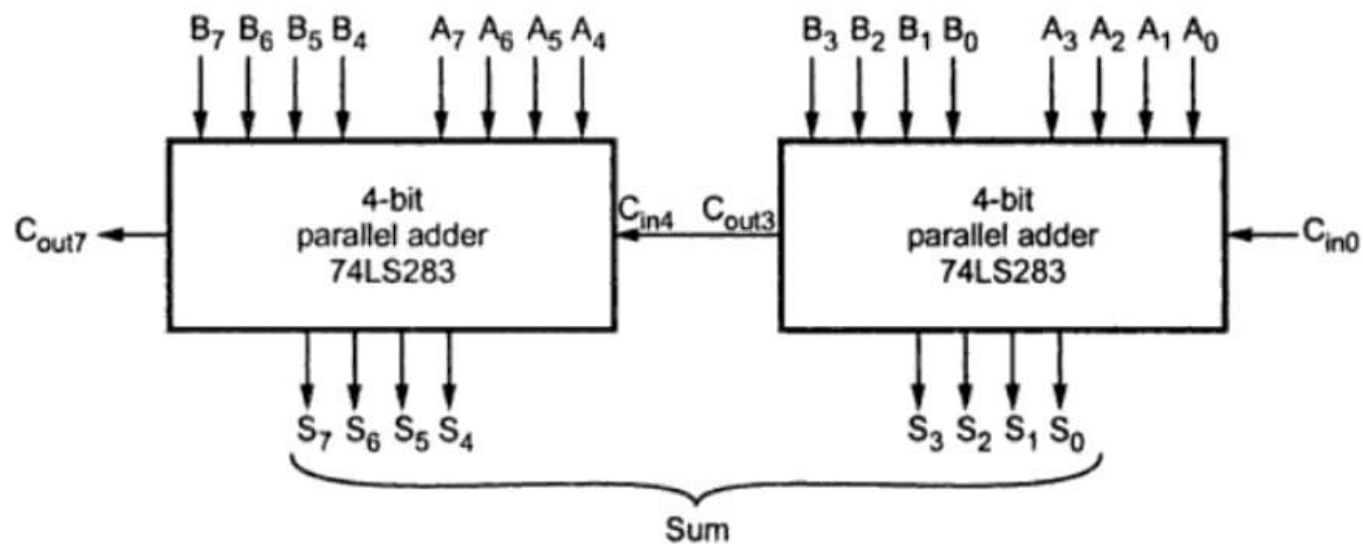
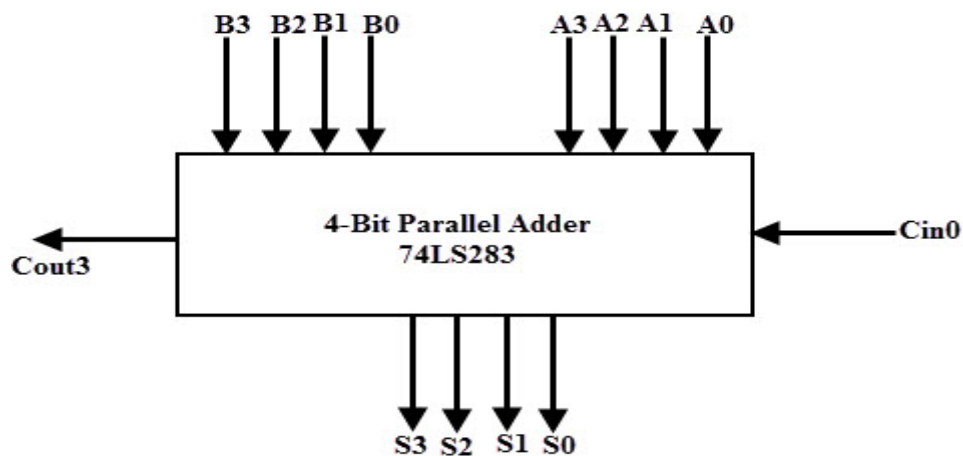
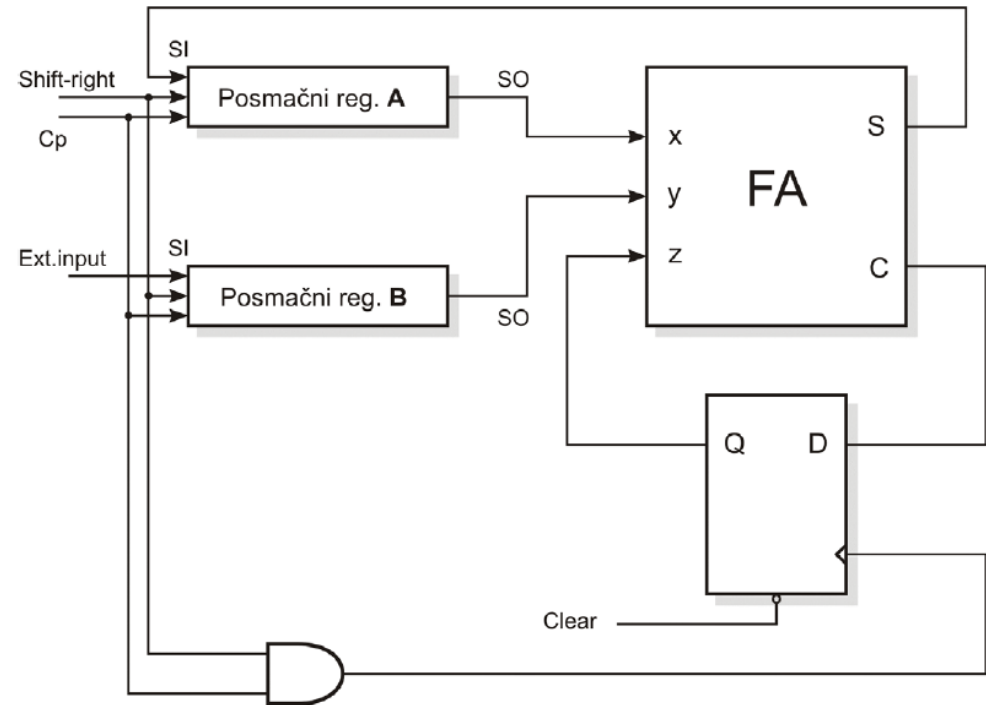
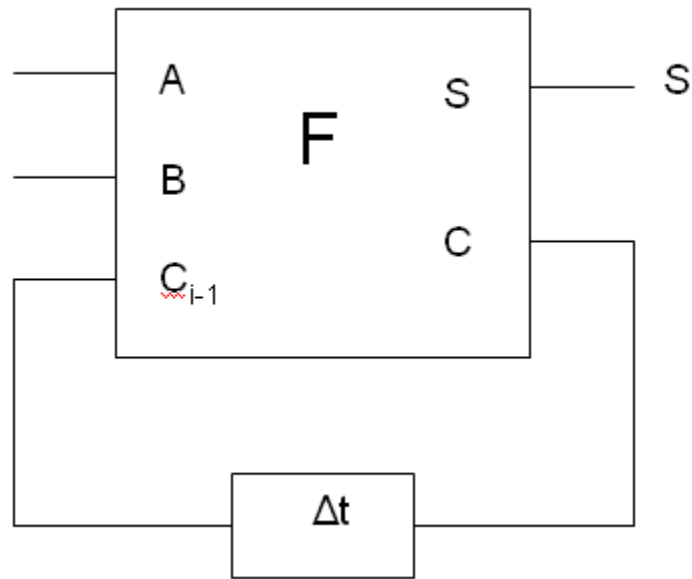


Figure 4. 7483 4-bit binary adder



Serijsko zbrajalo



S. Ribarić, AIOR

Binarno oduzimanje

- binarno odbijanje dvaju binarnih *znamenki* :
 - diferencija = minuend – suptrahend

minuend	0	1	1
suptrahend	-0	-0	-1
	0	1	0



	a		
		0	1
0		0	1
1	b	1	1
		1	0

D = M-S

	0						
	-1						
	1	1					

C: posudba

D: diferencija

	M	S	D	Z			
	0	0	0	0			
	0	1	1	1			
	1	0	1	0			
	1	1	0	0			

$$D = M \oplus S$$

$$Z = \overline{MS}$$

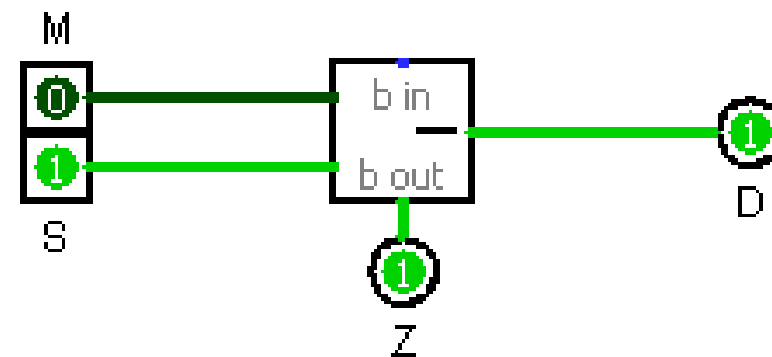
Binarno oduzimanje

- osnovni algoritam: oduzimanje dvaju binarnih znamenki
- $D = M - S$

M	S	D	Z
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

$$D = M \oplus S$$

$$Z = \overline{MS}$$



Oduzimanje višebitnih brojeva

Oduzmite broj 19_{10} od 25_{10} u binarnom sustavu tehnikom drugog komplementa. $n=8$

$$25_{10} = 00011001_2$$

$$19_{10} = 00010011_2$$

drugi komplement od 19_{10} je 11101101_2

$$00011001_2$$

$$\underline{+11101101_2}$$

$$100000110_2 = 6_{10}$$

Binarno oduzimanje

- Metodom dvojnog komplementa oduzeti $57-29=28$

$$57=00111001$$

$$29=00011101 \text{---jedinični kompl.}=11100010$$

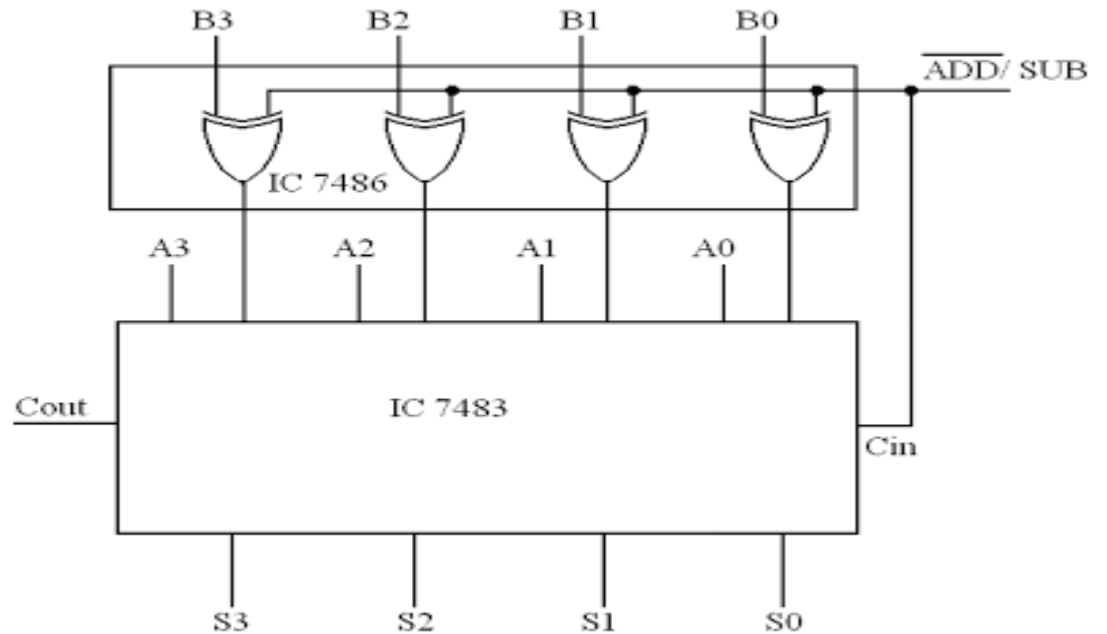
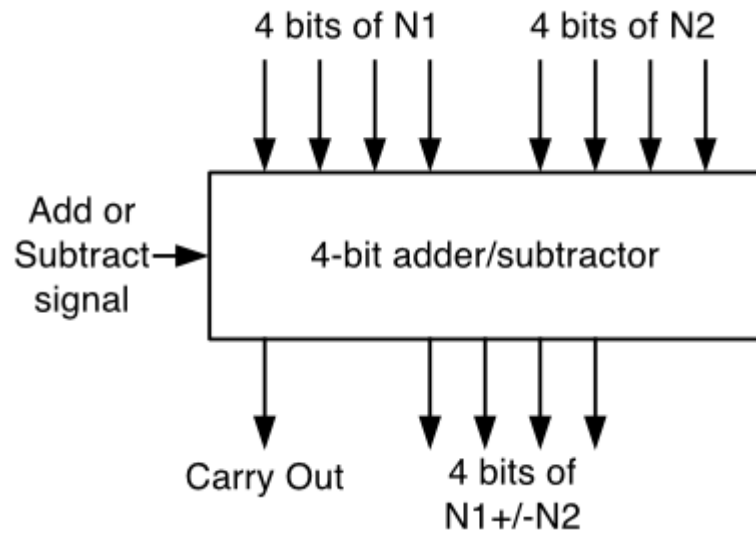
$$\text{dvojni kompl.} = \underline{\quad\quad\quad 1}$$

$$11100011$$

$$\underline{+ 00111001}$$

$$1 \quad 00011100=28$$

Sklop za zbrajanje/oduzimanje



Oduzimanje pomoću sklopa za zbrajanje:

Tablica stanja sklopa EX ILI

ulazi		izlaz
OP	B_n	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

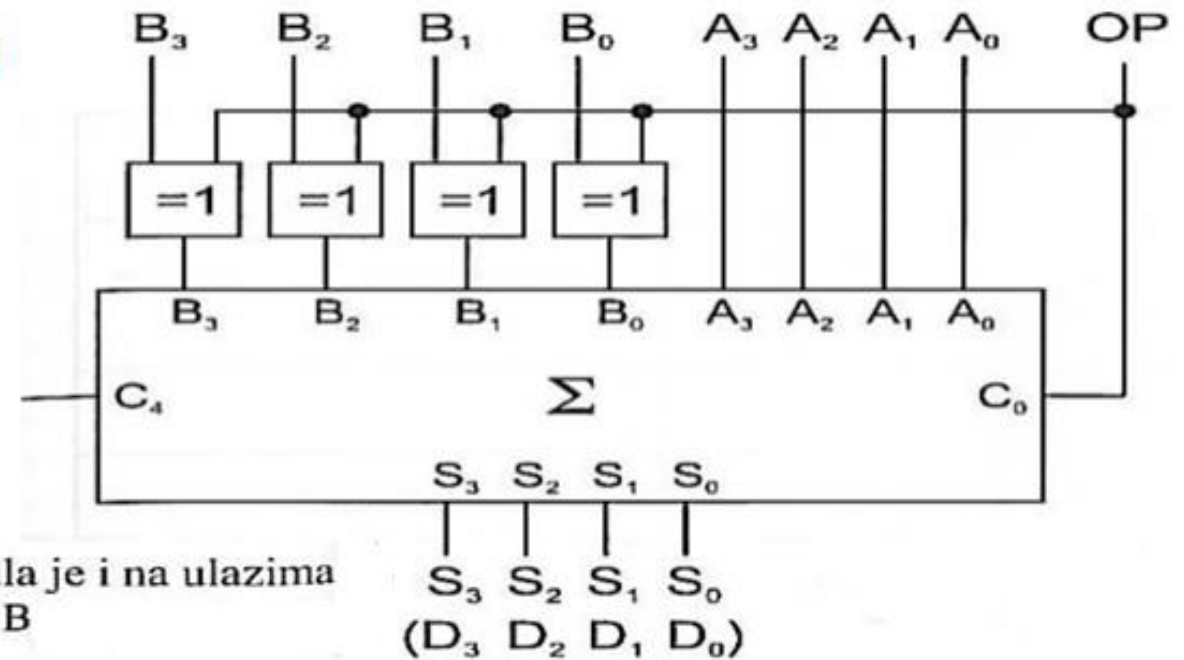
Ako je na ulazu za izbor operacije OP logička nula, nula je i na ulazima sklopova EX ILI i bitovi podatka B prolaze na ulaze B zbrajala i sklop zbraja brojeve A i B :

$$S = A + B.$$

Ako je na ulazu za izbor operacije OP logička jedinica, jedinica je i na ulazima sklopova EX ILI i bitovi podatka B prolaze komplementirani na ulaze B zbrajala, preko ulaza prijenosa dodaje se

jedinica i sklop broju A pribraja 2. komplement broja B , odnosno sklop od broja A oduzima broj B :

$$D = A + (-B) = A - B.$$



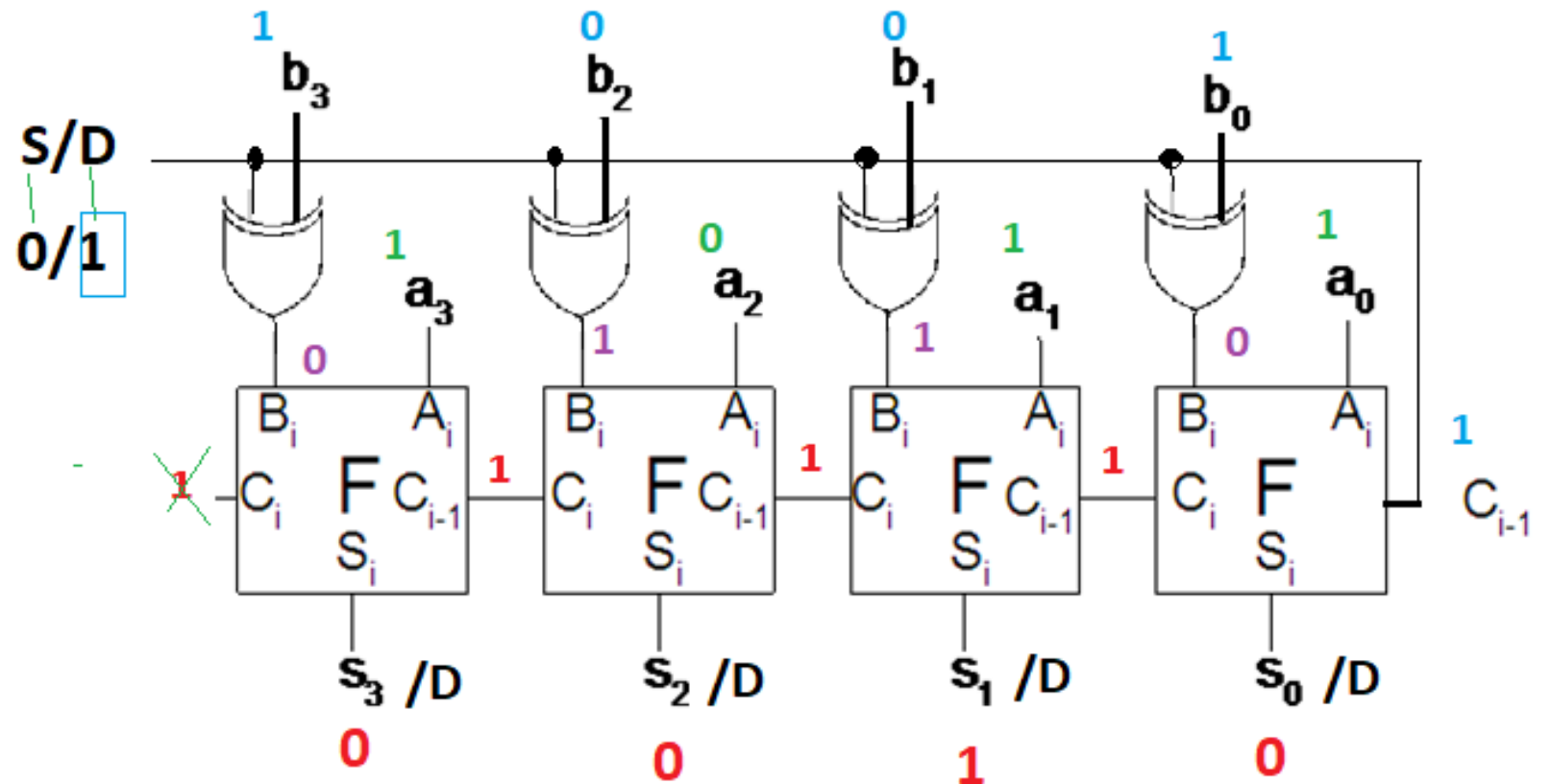
Zadatak: Na sklopu za paralelno zbrajanje/oduzimanje oduzeti 11- 9 i prikazati oduzimanje na shemi spoja.

1011-podatak a
 - 1001-podatak b

 0110 jedinični komplement
 1

 0111 drugi komplement
 + 1011 -podatak a

~~10010-rješenje~~



Binarno množenje

Množenje dva bita:

- $P=AB$

A	B	P
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Binarno množenje

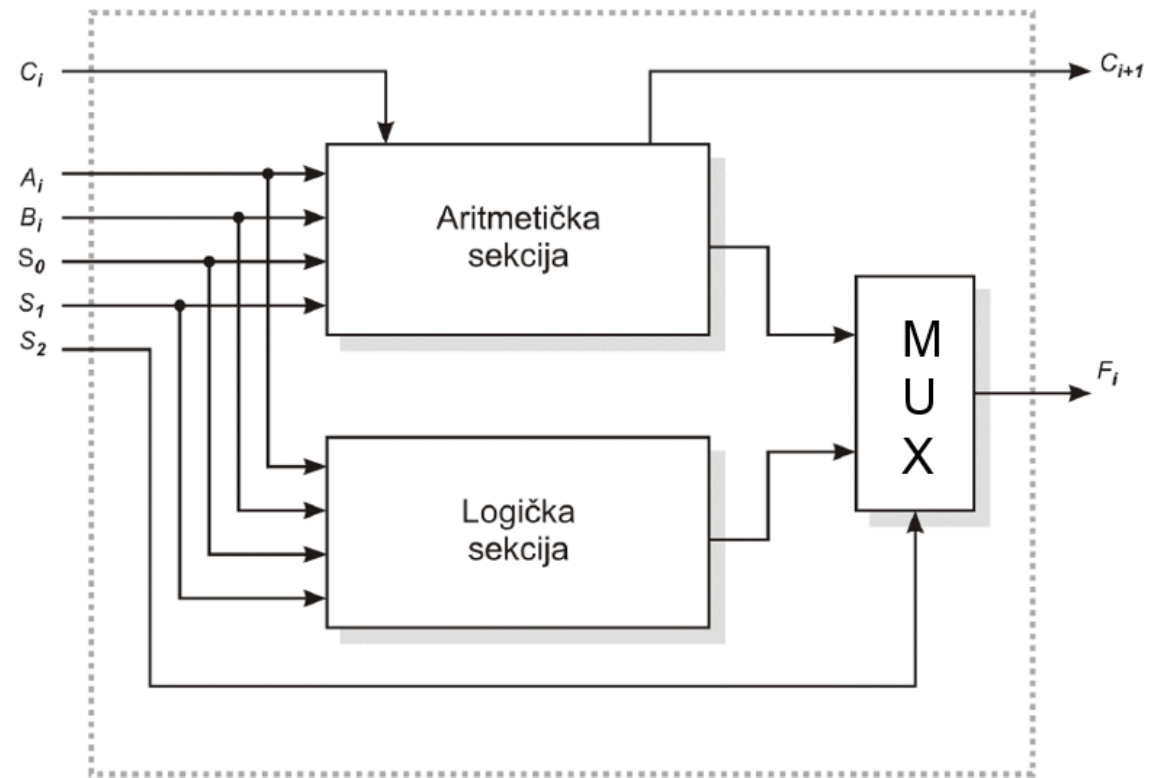
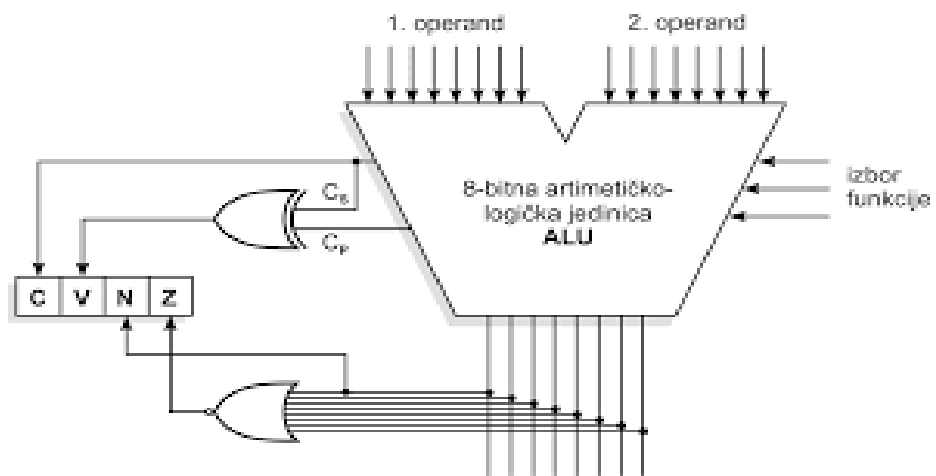
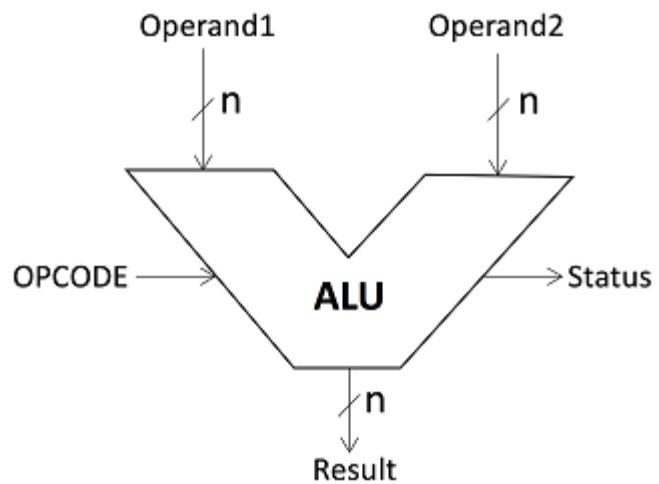
•
$$\begin{array}{r} \underline{1011 * 1001 =} \\ 1011 \\ 0000 \\ 0000 \\ + \underline{1011} \\ 1100011 \end{array}$$

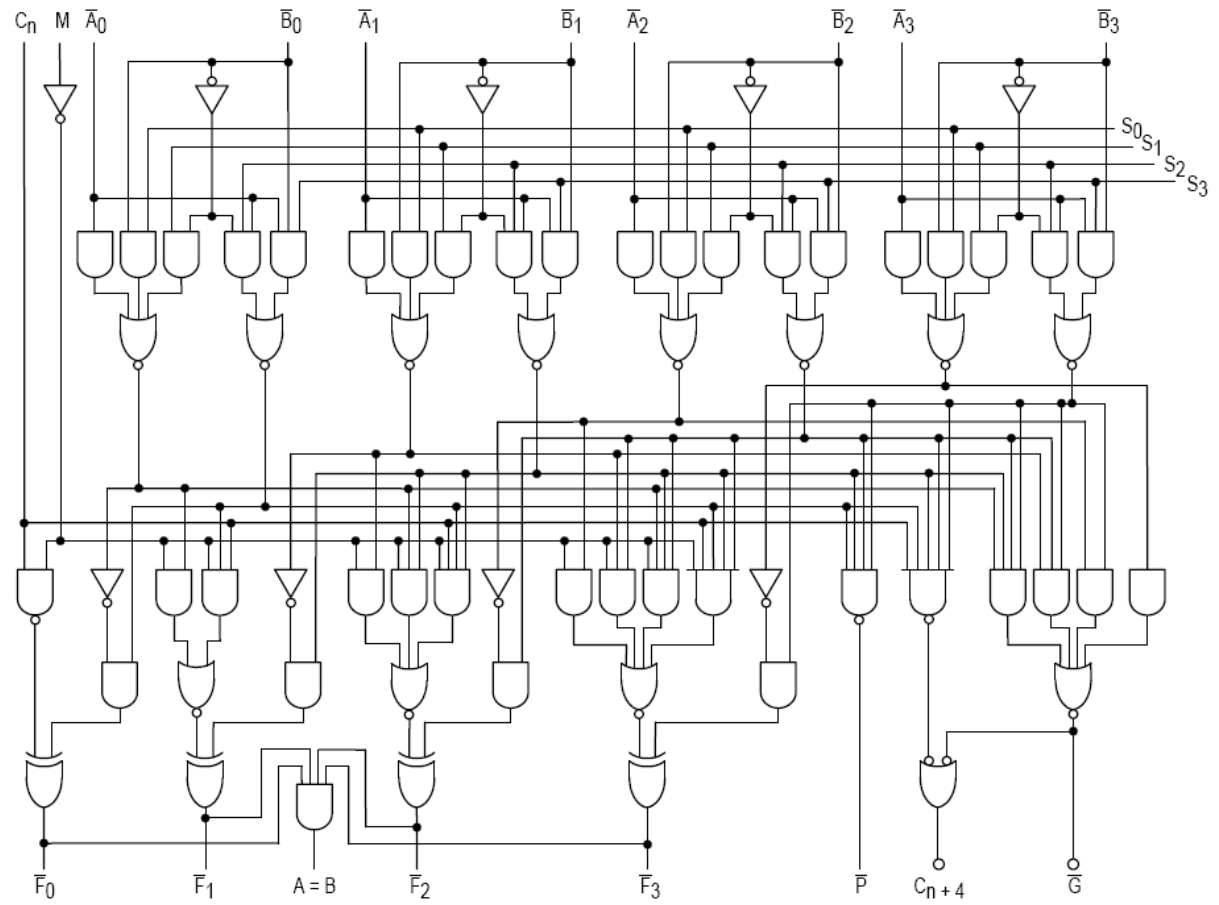
$$\begin{array}{r} \underline{110 * 100} \\ 110 \\ 000 \\ + \underline{000} \\ 11000 \end{array}$$

Arithmetičko-logička jedinica

- **Arithmetičko-logička jedinica** (ALU - arithmetic and logic unit) je elektronički sklop koji vrši osnovne aritmetičke radnje (zbrajanje, oduzimanje i dr.), logičke operacije (I, ILI, NE) i uspoređivanje, npr. podudara li se sadržaj dva bajta. ALU je osnovna građevna jedinica svakog računala, i prvi ga je kao funkcionalnu jedinicu opisao John von Neumann 1946. godine. ALU je sastavni dio mikroprocesora, grafičkih procesnih jedinica, te mnogih drugih sklopova koji imaju funkcije bilo aritmetičke ili logičke prirode. ALU se sastoji od kombinacijskih sklopova koji uzima ulazne podatke; operande te izbor operacije i izlazne podatke: rezultat operacije i status operacije.

- ALU je izrađen kao kombinacijski sklop čiji izlazni podatci se mijenjaju asinkrono s obzirom na ulazne podatke. Zbog svog asinkronog rada ALU je potrebno da prođe neko vremensko razdoblje prije nego što se stabilizira izlaz na osnovu postavljenih ulaznih signala.





Mikroračunala i mikroupravljači

- Pojednostavljeni prikaz mikroprocesora
- Faze izvođenja instrukcije

