



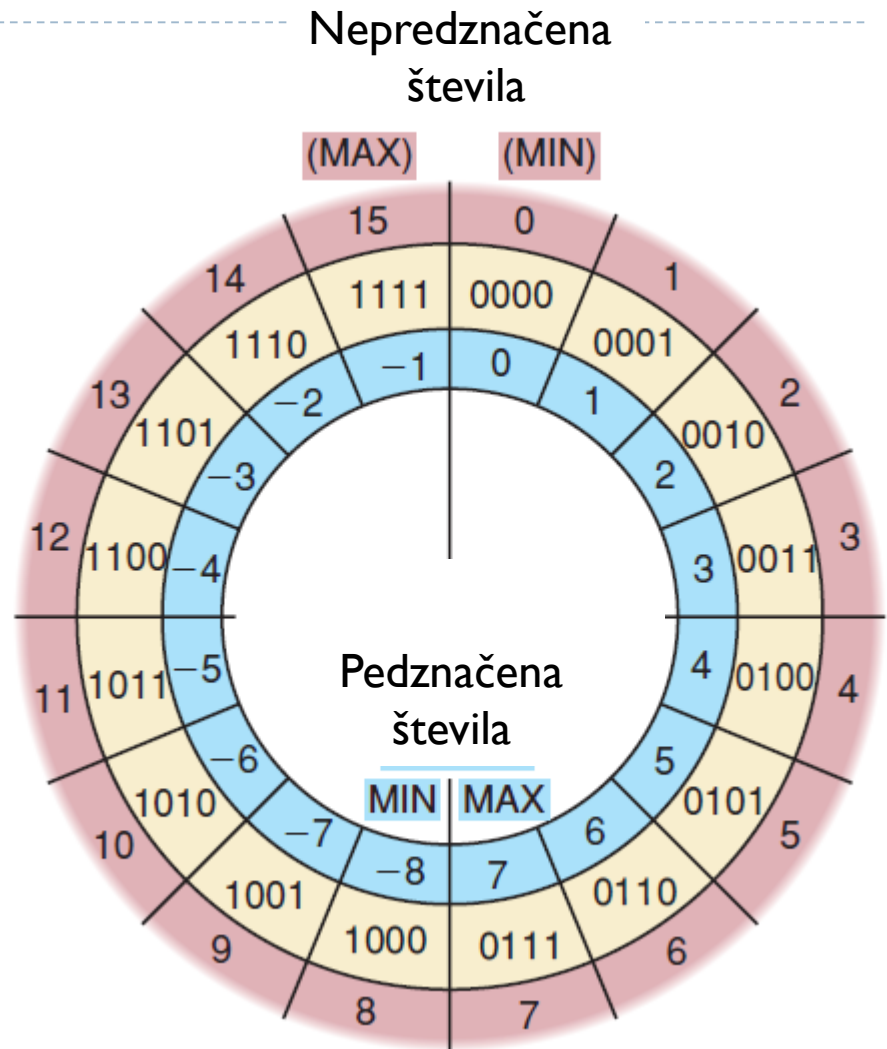
Digitalna vezja UL, FRI



Vaja 5 Aritmetična vezja

Dvojiško računanje

- ❑ Nepredznačena števila
- ❑ Predznačena števila
 - ❑ Seštevanje
 - ❑ Odštevanje
 - ❑ Zastavice
 - Prenos (C)
 - Sposodek (B)
 - Preliv (V)
 - ❑ Seštevalniki
 - Polovični seštevalnik
 - Polni seštevalnik
 - n-bitni seštevalniki
 - n-bitni odštevalniki



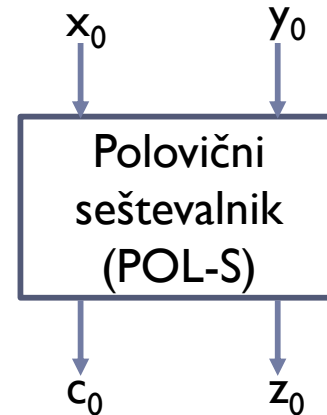
Seštevalniki

□ POLOVIČNI seštevalnik

- Vhoda: x_0, y_0
- Izhoda: z_0, c_0
- Funkciji za izračun izhodov:

$$z_0 = x_0 + y_0$$

$$c_0 = 1, \text{ če je } x_0 + y_0 = 2$$

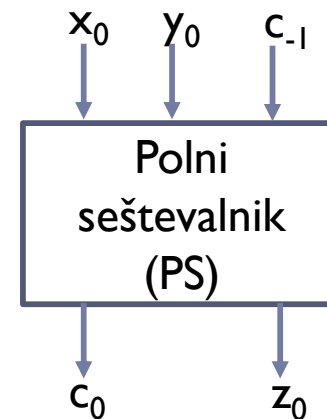


□ POLNI seštevalnik

- Vhodi: x_0, y_0, c_{-1}
- Izhoda: z_0, c_0
- Funkciji za izračun izhodov:

$$z_0 = x_0 + y_0 + c_{-1};$$

$$c_0 = 1, \text{ če je } x_0 + y_0 + c_{-1} \geq 2$$



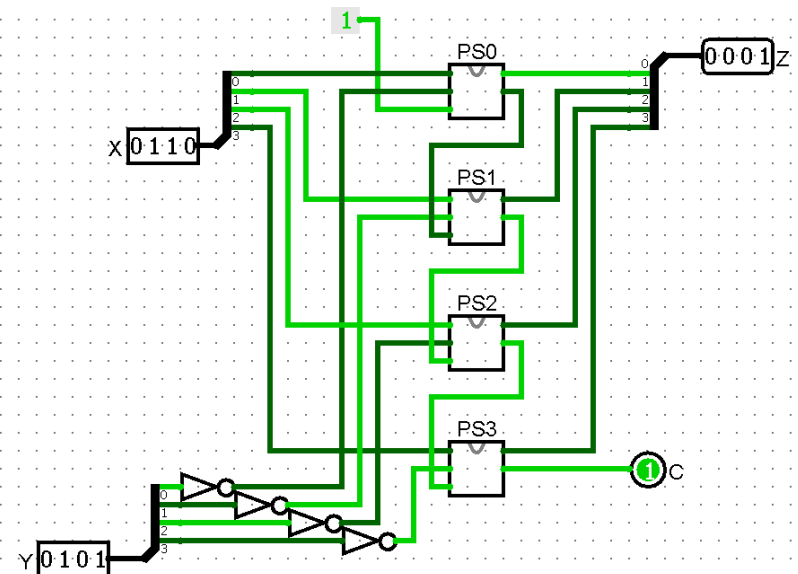
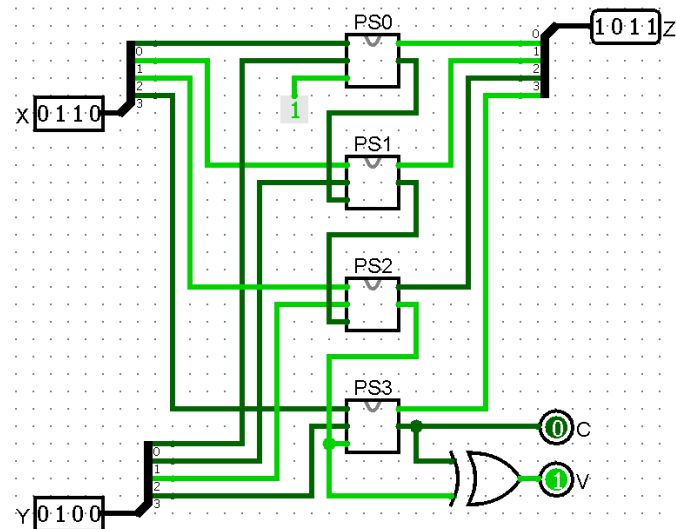
Uporaba polnega seštevalnika

4-bitni seštevalnik, zastavici C,V

		C	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀	
X	6		0	1	1	0	
Y	+4		0	1	0	0	
	+1	0	1	0	0	1	c ₋₁
Z	10		1	0	1	0	

4-bitni odštevalnik, zastavica C

		C	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀	
X	6		0	1	1	0	
I'K	-5		1	0	1	0	
+1	+1					1	c ₋₁
		1	1	1	0		
D	1		0	0	0	1	

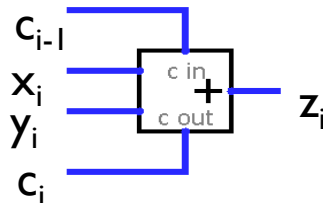


N1 Vezje za seštevanje in odštevanje (4-biti)

Realizirajte logično vezje, ki izvede 4-bitno seštevanje $Z = X + Y$ in odštevanje $Z = X + (-Y)$. Za izbiro operacije uporabite signal Add/Sub. Vezje naj sestavljajo polni seštevalniki, na izhodu naj bodo zastavice za prenos (C), preliv (V) in predznak (N).

Naloga:

- Blok shema vezja: $X=(x_3, x_2, x_1, x_0), Y=(y_3, y_2, y_1, y_0), Z=(z_3, z_2, z_1, z_0)$.
- Pravilnostna tabela za vhod y_i , če je vhod določen z dvojiškim komplementom.
- Logično vezje preverite v logisimu tako, da uporabite 1-bitni polni seštevalnik in logična vrata AND, OR, NOT, XOR in 7-segmentni prikazovalnik iz prejšnje vaje.

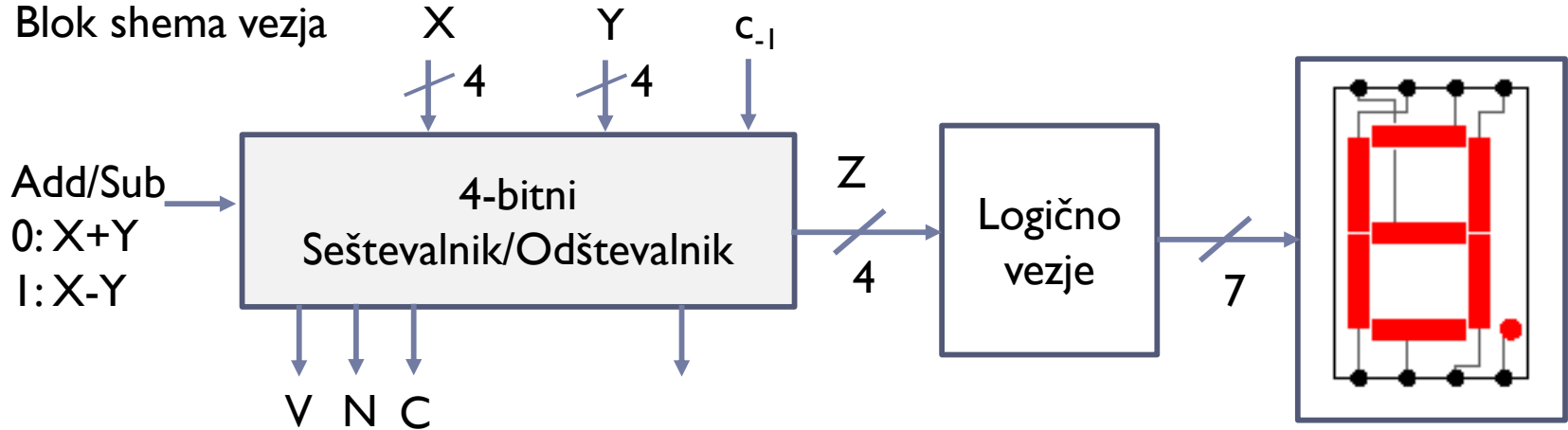


- Delovanje preverite za spodnje kombinacije seštevanja in odštevanja, če upoštevate, da so na vhodih X in Y predznačena števila ter v tabeli izpišite rezultate in zastavice N, C, V. Primeri seštevanja in odštevanja: $5+2, 6+5, 4-2, -5-4, 3-7$.

$X+Y=Z$	X_2	Y_2	Z_2	N	V	C
---------	-------	-------	-------	---	---	---

N1 Rešitev

□ Blok shema vezja

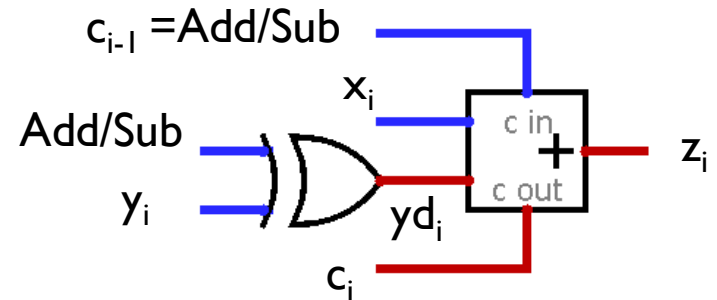


□ Pravilnostna tabela za i -ti vhod y_i , ker odštevanje realiziramo z negativnim številom na vhodu Y. Kako je določen bit 0 - kakšen je c_{-1} ?

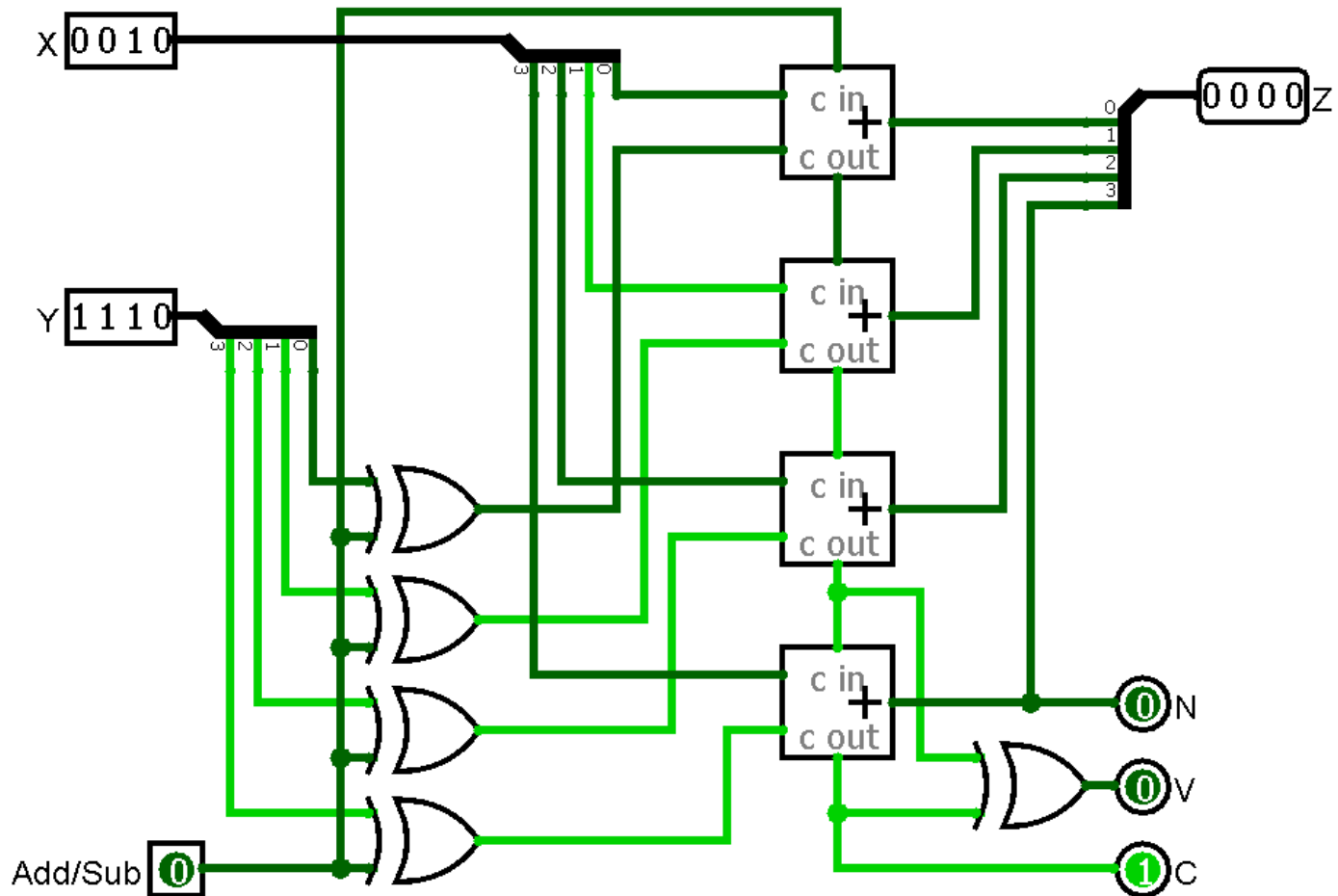
Add/ Sub	y_i	yd_i	C_{-1}
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	0	1

$$c_{-1} = \text{Add/Sub}$$

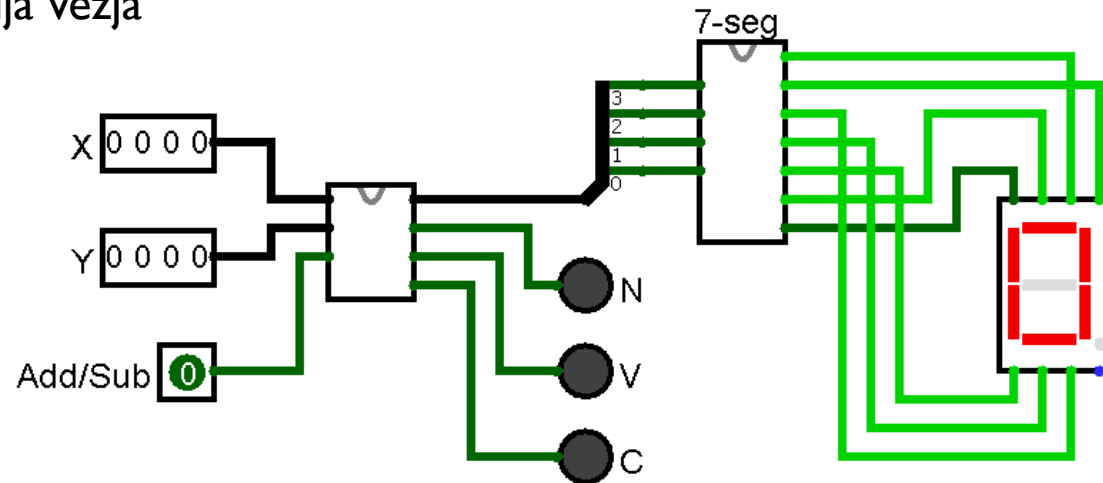
$$yd_i = \text{Add/Sub} \oplus y_i$$



Logisim – realizacija seštevanja in odštevanja s polnimi seštevalniki



□ Logisim – realizacija vezja

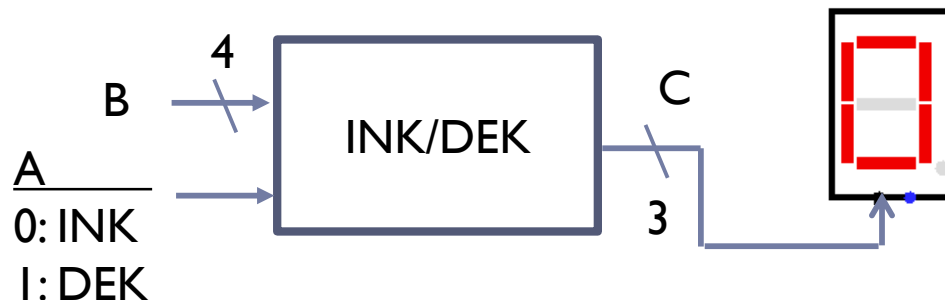


□ Rezultati seštevanja in odštevanja:

$X+Y=Z$	Add / Sub	X_2	Y_2	Z_2	N	V	C	Izhod Z
$5+2=7$	0	0101	0010	0111	0	0	0	Pravilen
$6+5=11$	0	0110	0101	1011	1	1	0	Napačen, V=1
$4-2=2$	1	0100	0010	0010	0	0	1	Pravilen
$-5-4=-9$	1	1011	0100	0111	0	1	1	Napačen, V=1
$3-7=-4$	1	0011	1001	1100	1	0	0	Pravilen

N2 Inkrementer in dekrementer

- ❑ Zgradimo digitalno vezje, ki ima dve funkciji:
 - povečevanje 3-bitnega dvojiškega števila B tako, da je rezultat število $C=B + 2$ (Inkrementer).
 - zmanjševanje 3-bitnega dvojiškega števila B tako, da je rezultat število $C=B - 2$ (Dekrementer).
- ❑ Vhodi so $B=(b_2, b_1, b_0)$, izhodi so $C=(c_2, c_1, c_0)$
- ❑ Naloge:
 - Prilnostna tabela za izhodne funkcije c_2, c_1, c_0
 - Minimizirajte izhodne funkcije in jih zapišite z vrati XOR, XNOR
 - Narišite logično shemo
 - Realizirajte vezje v logisimu, uporabite vrata XOR in Hex Digit Display za prikaz rezultata.



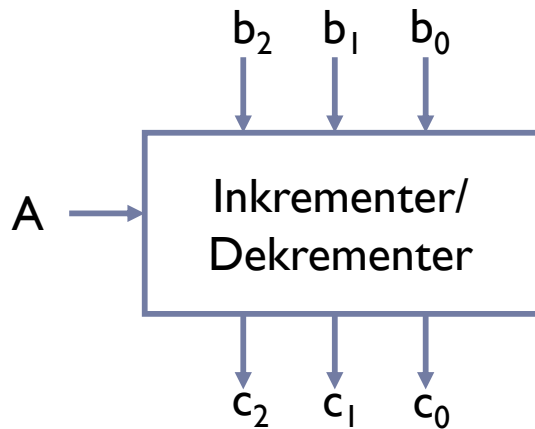
N2 Rešitev

- Zapišite logične funkcije za c_2, c_1, c_0 v pravilnostni tabeli in minimalni obliki.

- Krmiljenje:

$A=0$ – inkrement (+2)

$A=1$ – dekrement (-2)



A	b_2	b_1	b_0	c_2	c_1	c_0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	0	1	0
1	1	0	1	0	1	1
1	1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0	1

□ Minimizacija

	$\bar{b}_1 \bar{b}_0$	$\bar{b}_1 b_0$	$b_1 b_0$	$b_1 \bar{b}_0$
$\bar{A} \bar{b}_2$			1	1
$\bar{A} b_2$	1	1		
$A b_2$			1	1
$A \bar{b}_2$	1	1		

$$\begin{aligned}
 c_2 &= \bar{A} \cdot \bar{b}_2 \cdot b_1 \vee \bar{A} b_2 \bar{b}_1 \vee \\
 &A \cdot b_2 \cdot b_1 \vee A \cdot \bar{b}_2 \cdot \bar{b}_1 = \\
 &= \bar{A} \cdot (b_2 \oplus b_1) \vee A \cdot (\bar{b}_2 \oplus \bar{b}_1) = \\
 &= A \oplus b_2 \oplus b_1
 \end{aligned}$$

	$\bar{b}_1 \bar{b}_0$	$\bar{b}_1 b_0$	$b_1 b_0$	$b_1 \bar{b}_0$
$\bar{A} \bar{b}_2$	1	1		
$\bar{A} b_2$	1	1		
$A b_2$	1	1		
$A \bar{b}_2$	1	1		

$$c_1 = \bar{b}_1$$

	$\bar{b}_1 \bar{b}_0$	$\bar{b}_1 b_0$	$b_1 b_0$	$b_1 \bar{b}_0$
$\bar{A} \bar{b}_2$		1	1	
$\bar{A} b_2$		1	1	
$A b_2$		1	1	
$A \bar{b}_2$		1	1	

$$c_0 = b_0$$

Logisim – realizacija vezja

