



Laboratorij za načrtovanje integriranih vezij

Univerza *v Ljubljani*
Fakulteta *za elektrotehniko*



1. stopnja VSP, 1. letnik

Programirljivi digitalni sistemi

seštevalniki, registrske mikrooperacije

Številski sistemi

quantity	decimal	binary	3-bit register
	0	0	000
*	1	1	001
**	2	10	010
***	3	11	011
****	4	100	100
*****	5	101	101
*****	6	110	110
*****	7	111	111
*****	8	1000	overflow
*****	9	1001	overflow
*****	10	1010	overflow

► Večmestna števila:

desetiški zapis

$$523_{(10)} = 5 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$$

- uteži: 1, 10, 100, 1000,...

dvojiški zapis

$$101_{(2)} = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 5_{(10)}$$

- uteži: 1, 2, 4, 8, 16...
- seštejemo le uteži števk, ki imajo vrednost 1

Predstavitev negativnih vrednosti

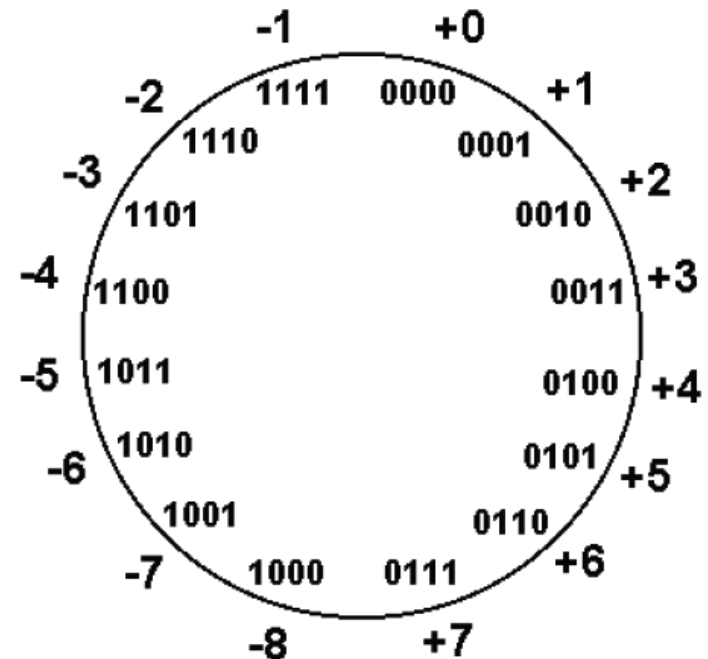
- ▶ Pozitivna števila se začnejo z 0
- ▶ Negativna števila se začnejo z 1
- ▶ Največ se uporablja **dvojiški komplement**
 - ▶ negacija št. + 1

$$(3) \ 0011 : 1100 + 1 = 1101 \ (-3)$$

0	0000		
1	0001	1111	-1
2	0010	1110	-2
3	0011	1101	-3
4	0100	1100	-4
5	0101	1011	-5
6	0110	1010	-6
7	0111	1001	-7
		1000	-8

Računanje s števili v dvojiškem komplementu

- ▶ Vrednosti razporejene v številski krog seštevamo tako kot pozitivna števila
- ▶ Asimetričen razpon
 - ▶ npr. -8 ... +7 za 4 bite



$$\begin{array}{r} 4 \quad 0100 \\ + 3 \quad 0011 \\ \hline 7 \quad 0111 \end{array}$$

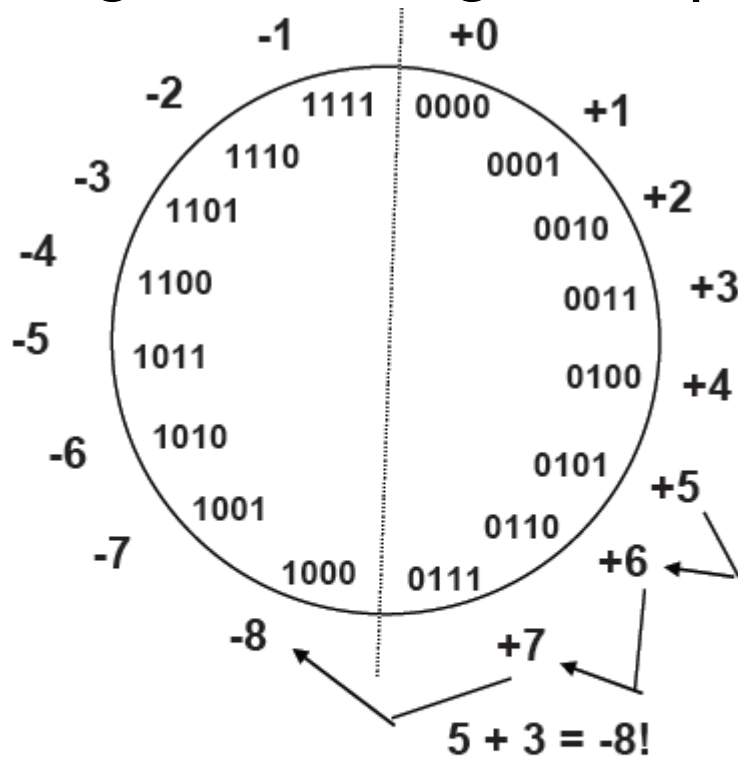
$$\begin{array}{r} -4 \quad 1100 \\ + (-3) \quad 1101 \\ \hline -7 \quad 11001 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \quad 0100 \\ - 3 \quad 1101 \\ \hline 1 \quad 10001 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -4 \quad 1100 \\ + 3 \quad 0011 \\ \hline -1 \quad 1111 \end{array}$$

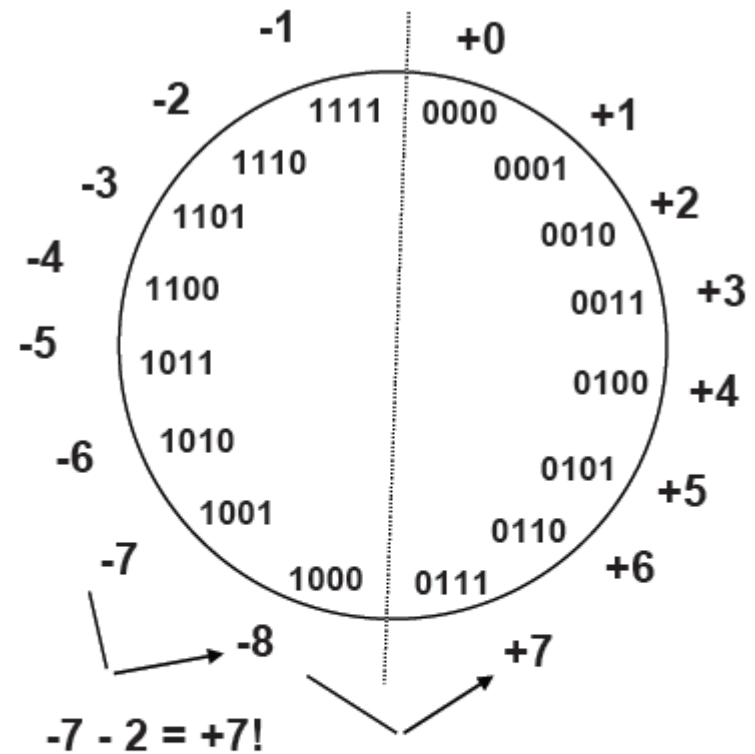
Preliv vrednosti

- Preliv (**overflow**) se zgodi če je vsota pozitivnih vrednosti negativna ali negativnih pozitivna



5 0101
3 0011

-8 01000

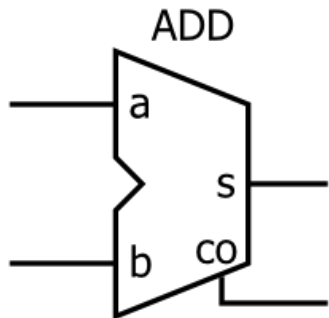


-7 1001
-2 0010

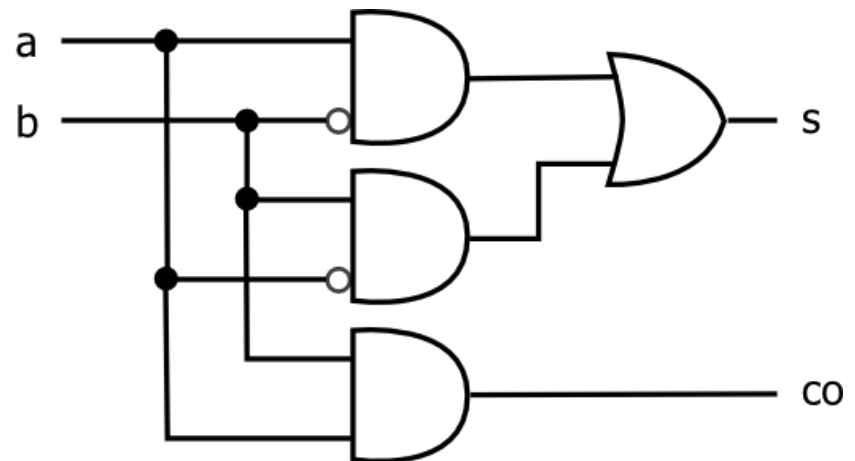
7 10111

Seštevalniki

- ▶ Vezja za seštevanje dvojiških vrednosti
 - ▶ polovični (**Half Adder**) sešteje 2 bita
 - ▶ polni (**Full Adder**) sešteje 3 bite (2 števki in prenos)
 - ▶ večbitni seštevalnik

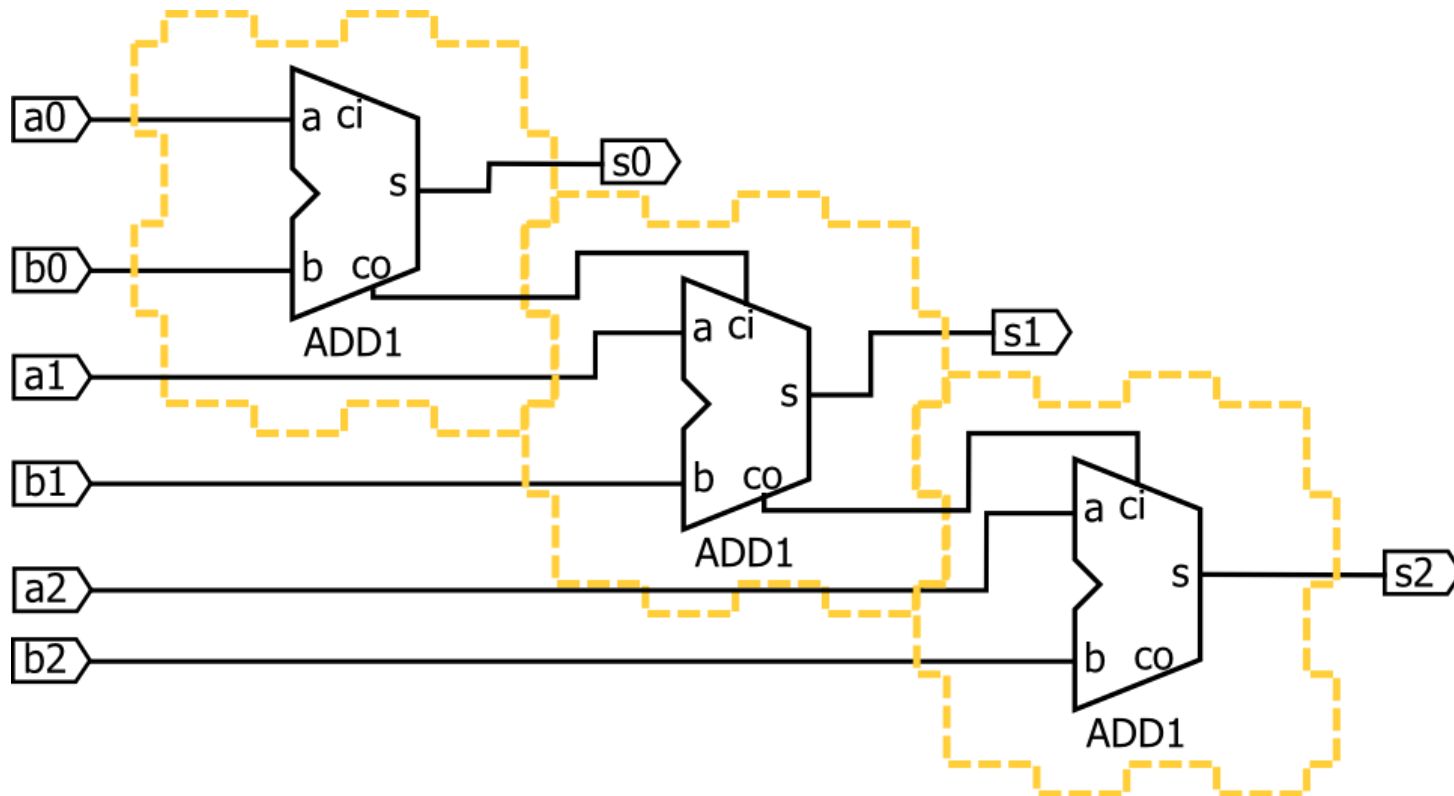


a	b	sum	carry
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



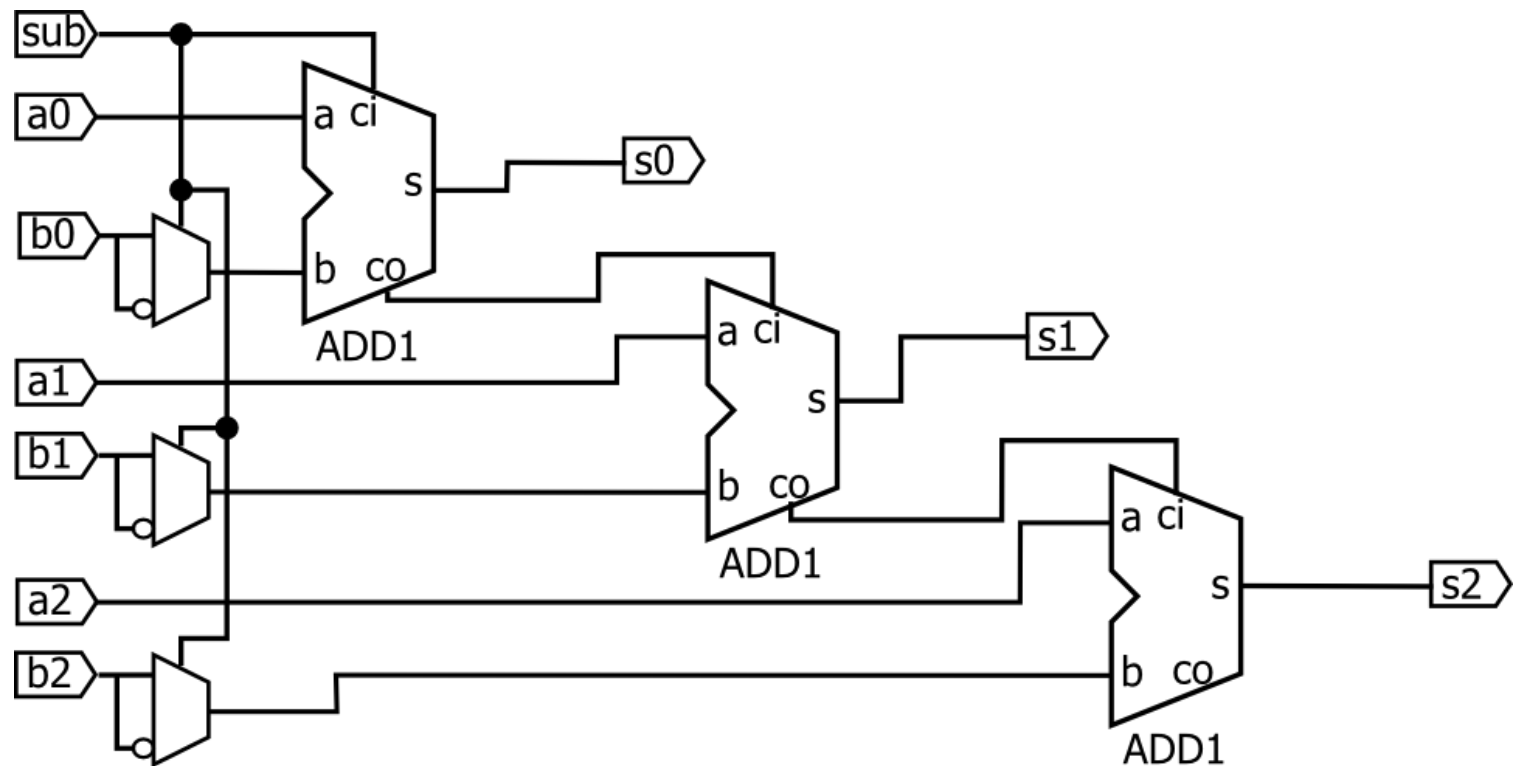
Izvedba seštevalnikov

- ▶ Večbitni seštevalnik je narejen z zaporedno vezavo polnih seštevalnikov
 - ▶ prenos gre zaporedno iz najnižjega bita proti najvišjemu



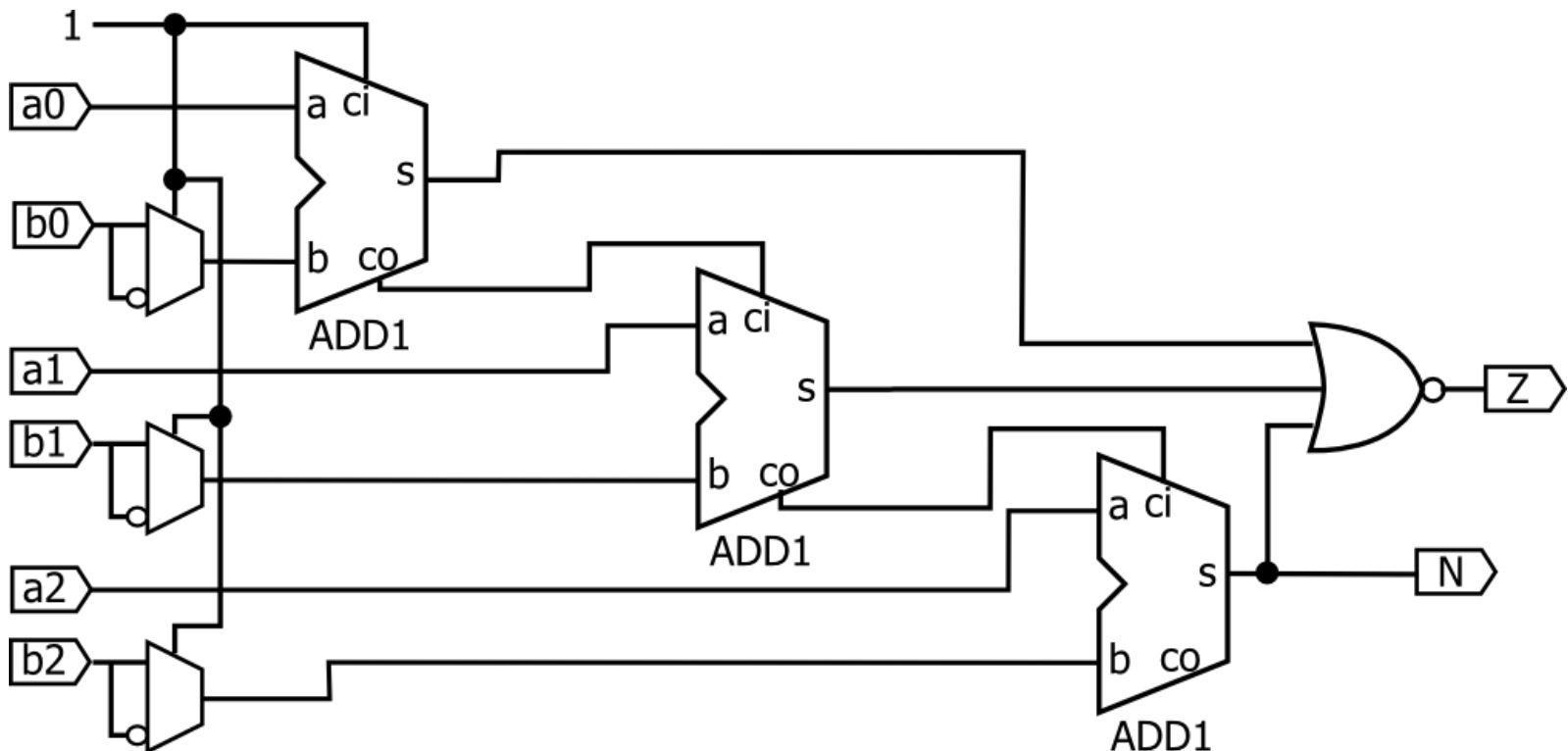
Izvedba odštevalnika

- ▶ Vezje za seštevanje in odštevanje večbitnih števil
 - ▶ izbiralnik določa prištevanje originalne ali invertirne vrednosti
 - ▶ če invertirani dodamo še vhodni prenos, dobimo komplement



Primerjalnik

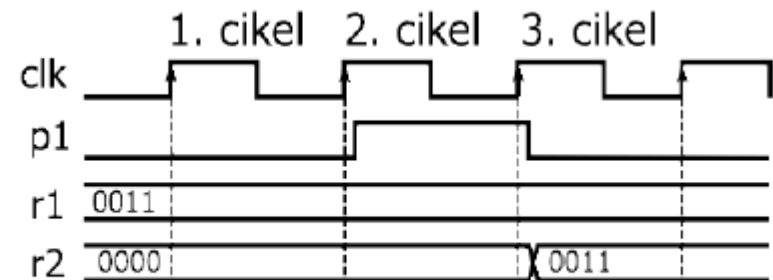
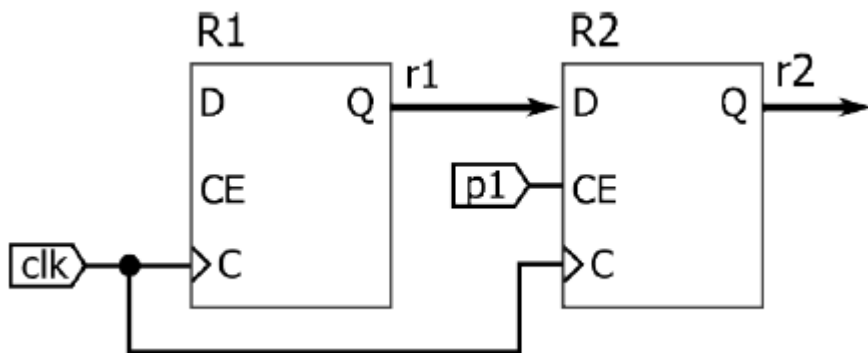
- ▶ Primerjava z odštevanjem vrednosti
- ▶ $A < B$, če je rezultat negativen (N)
- ▶ $A = B$, če je rezultat 0 (Z)



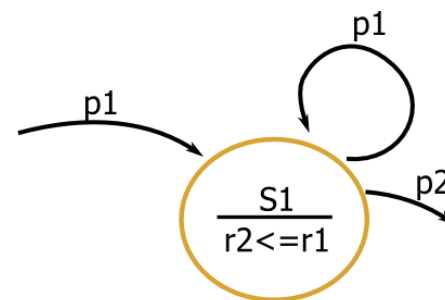
Registrski prenos – mikrooperacija prenosa

- ▶ Prenos podatkov med registri je elementarna operacija
 - ▶ prenos se izvrši ob fronti ure in dodatnim pogojem ($ce = 1$)

$$r2 \leq r1 \mid ce = 1$$



- ▶ Mikrooperacija prenosa v diagramu stanj



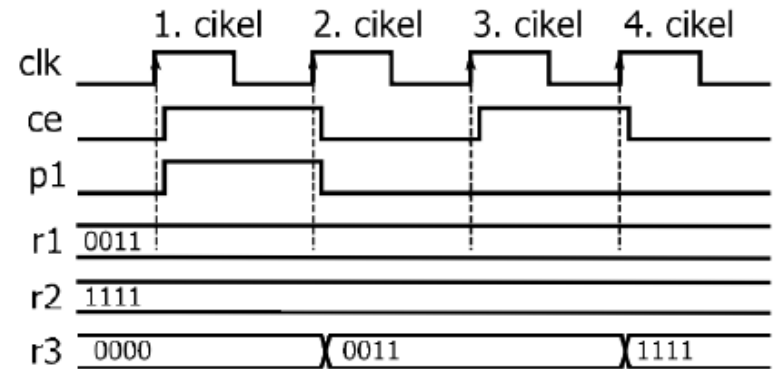
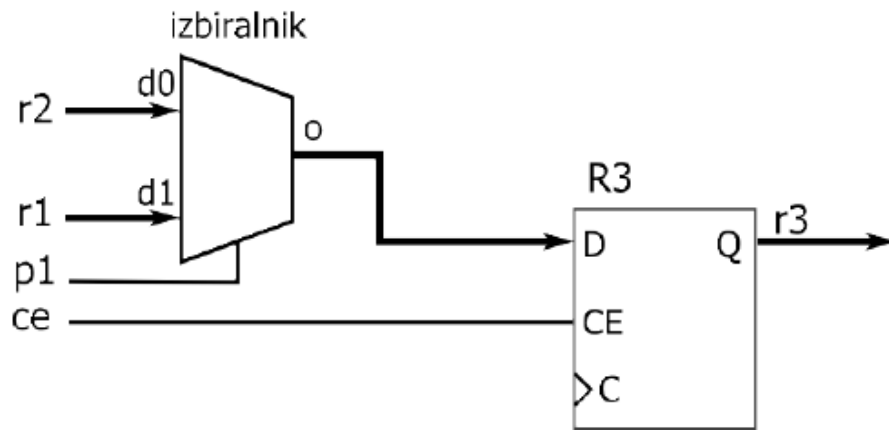
pogoj: stanje=S1

Mikrooperacija: registrski prenos z več izvori

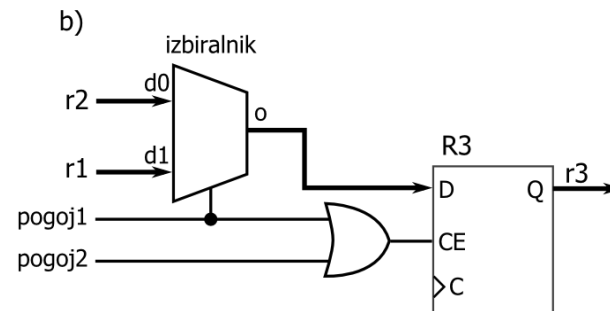
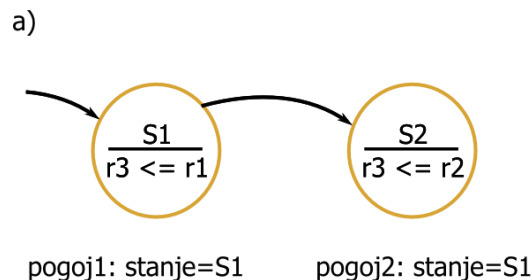
► Vezje vsebuje izbiralnik

$r3 \leq r1 \mid p1=1 \text{ and } ce = 1$

$r3 \leq r2 \mid p1=0 \text{ and } ce = 1$



► Izbirni prenos v diagramu stanj

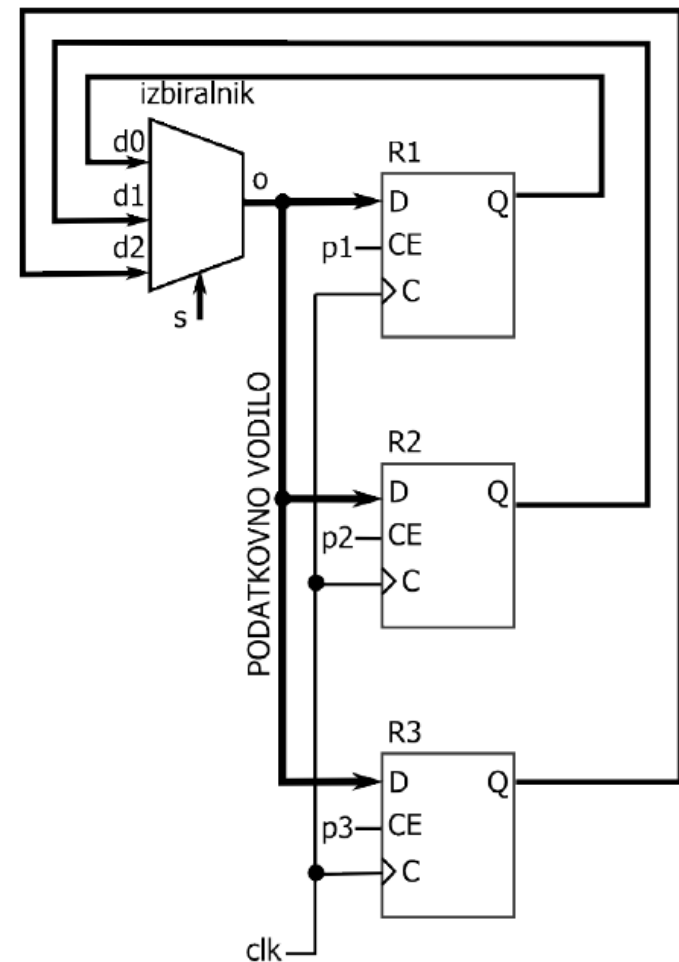
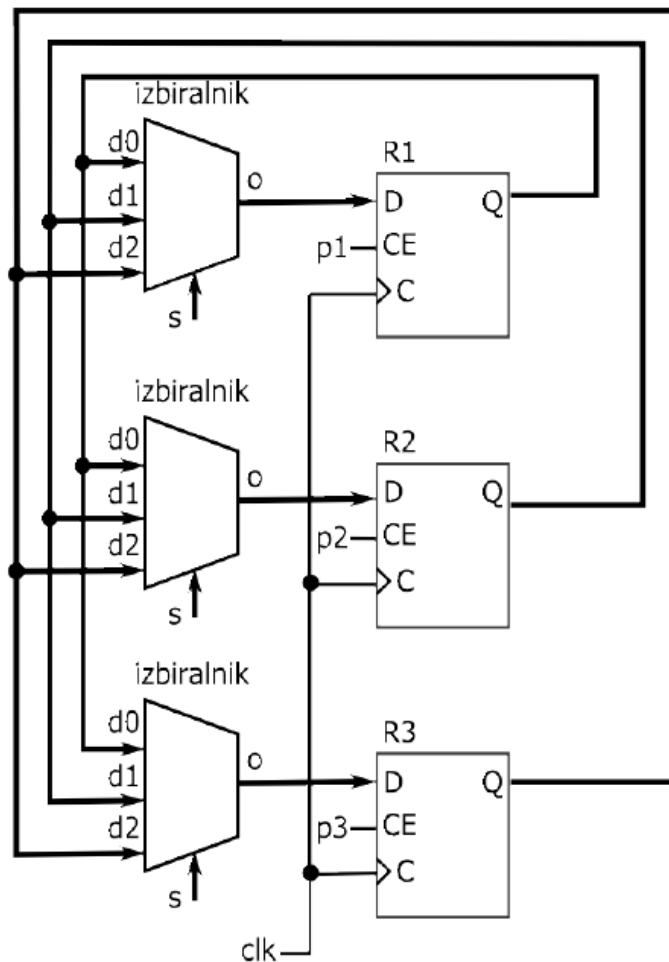


Registrski prenos z vodilom

► Vezje za prenos podatkov med poljubnima registroma

a) z izbiralniki na vsakem vhodu

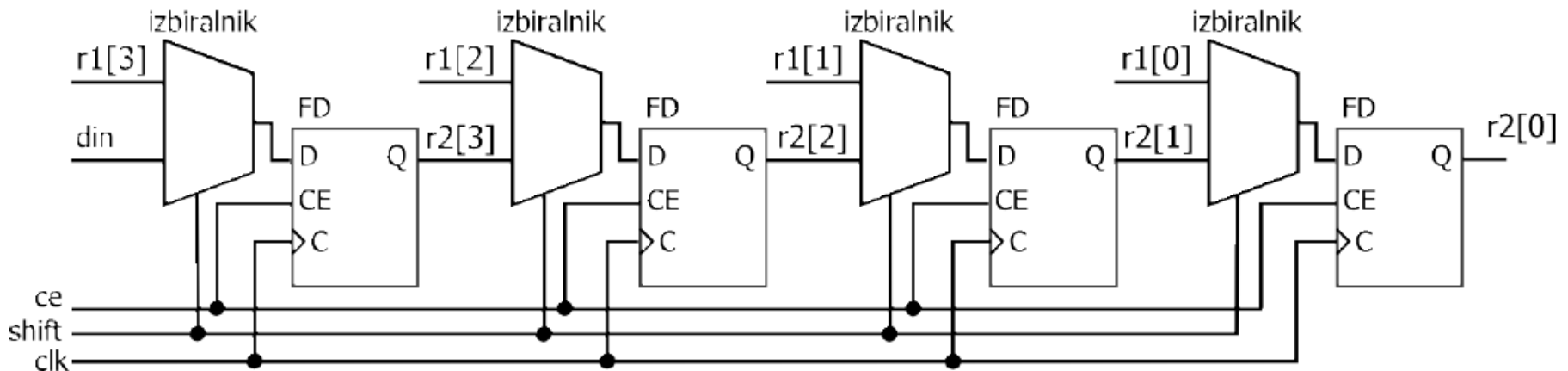
b) s skupnim vodilom



Mikrooperacija pomika

- ▶ Vezja za zaporedni prenos podatkov
- ▶ Npr. zaporedni pomikalni register (SISO) ali paralelni prenos in zaporedno pomikanje (PISO)

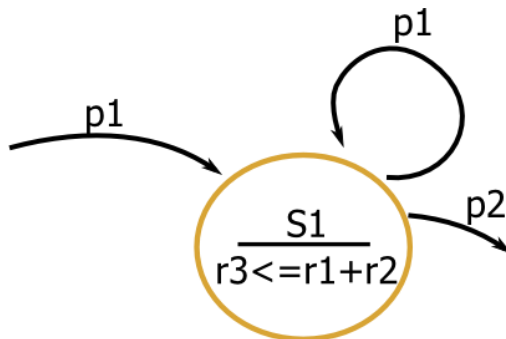
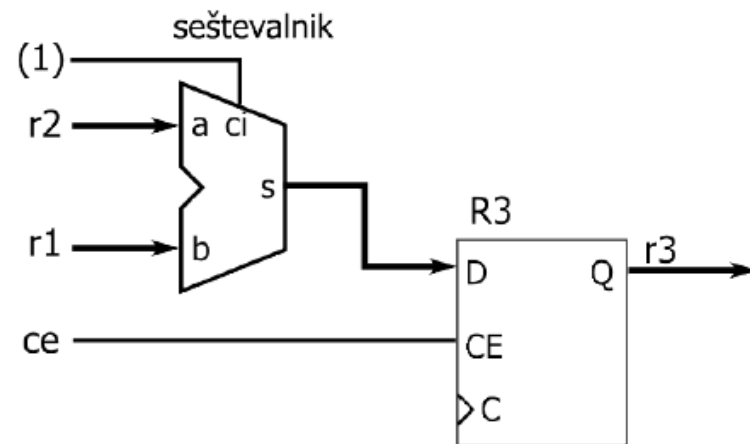
$$\begin{array}{ll} r2 \leq din : r1[3..1] & | \text{shift} = 0 \text{ and } ce = 1 \\ r2 \leq r1 & | \text{shift} = 1 \text{ and } ce = 1 \end{array}$$



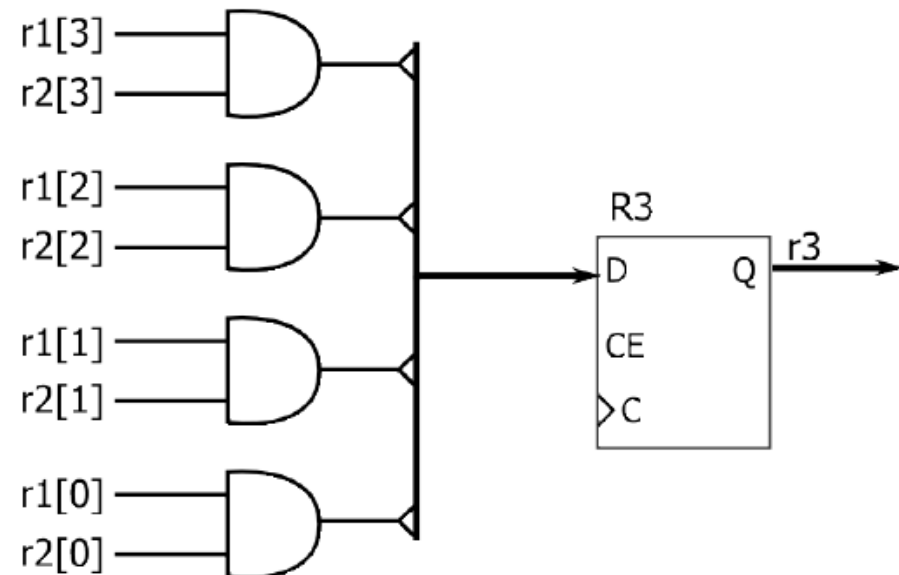
Aritmetične in logične mikrooperacije

- ▶ kombinacijsko vezje izvede operacijo, ki shrani rezultat v register

$$r3 \leftarrow r1 + r2$$



$$r3 \leftarrow r1 \text{ AND } r2$$



Povzetek

- ▶ Predstavi digitalna vezja za seštevanje in odštevanje.
 - ▶ Opiši polni seštevalnik.
- ▶ Predstavi različne vrste registrskih mikrooperacij.
 - ▶ Opiši vezje za prenos podatkov med več registri.