



Laboratorij za načrtovanje integriranih vezij

Univerza *v Ljubljani*  
Fakulteta *za elektrotehniko*



## Digitalni Elektronski Sistemi

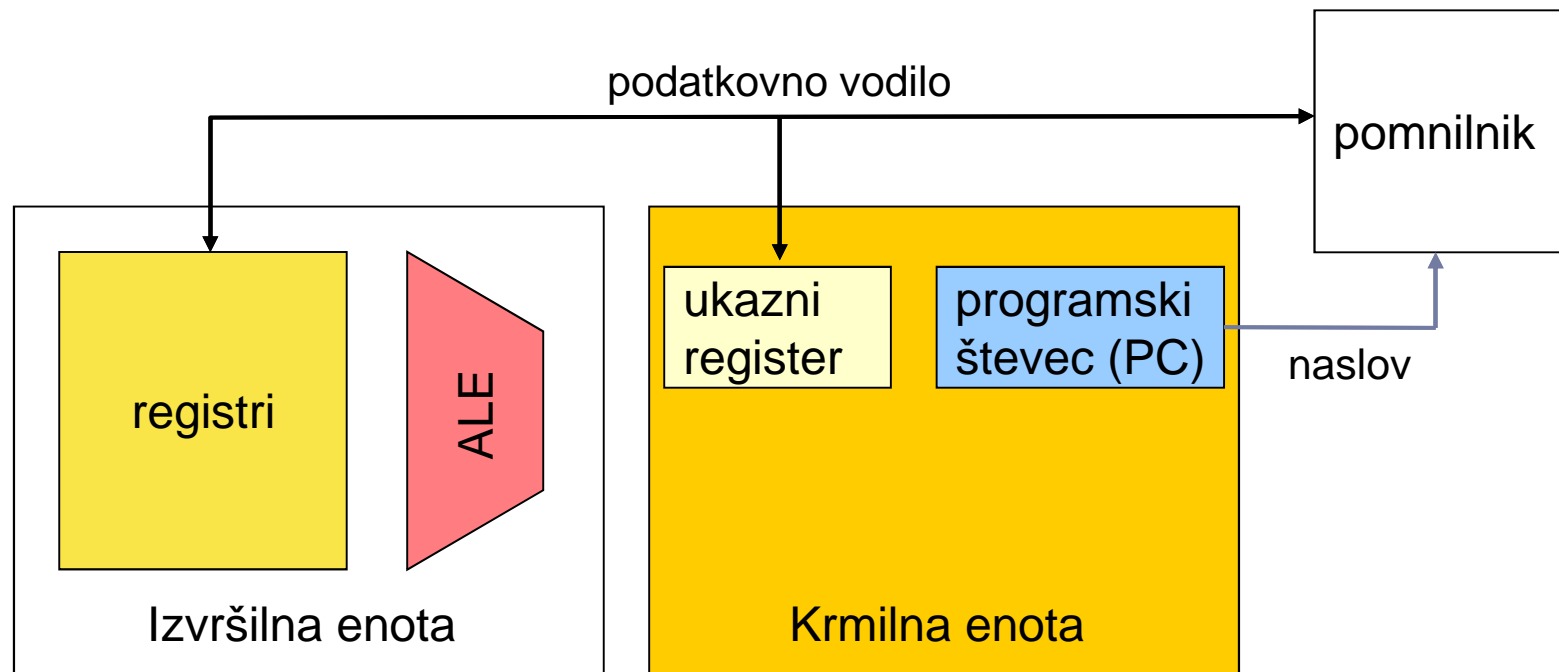
Procesorji

Osnovna zgradba, mikrooperacije

# Zgradba mikroprocesorja

---

- ▶ von Neumannov model
  - ▶ ukazi in podatki iz pomnilnika, izvršilna enota opravlja računske operacije (ALE), krmilna enota nadzoruje potek



- ▶ delovanje določa nabor ukazov
    - ▶ ukazi so prilagojeni programskemu jeziku (C/C++)
- 



# Osnovni gradniki

---

- ▶ Mikroprocesor na integriranem vezju vsebuje izvršilno in krmilno enoto
- ▶ Mikroprocesor potrebuje za delovanje:
  - ▶ zunanjo uro in reset
  - ▶ zunanji pomnilnik s programskimi ukazi in podatki
  - ▶ vhodno in izhodno **periferno** enoto za komunikacijo z okolico
    - ▶ periferna enota je lahko del pomnilnika (na določenih naslovih)
    - ▶ ali pa poteka komunikacija preko posebnih V/I ukazov
- ▶ V praksi potrebujemo vsaj dve vrsti pomnilnika
  - ▶ za program takšnega, ki ohranja vsebino (ROM, Flash)
  - ▶ za delovne podatke pa pomnilnik s hitrim branjem in pisanjem (RAM – Random Access Memory)

# Mikroprocesorji za vgrajene naprave

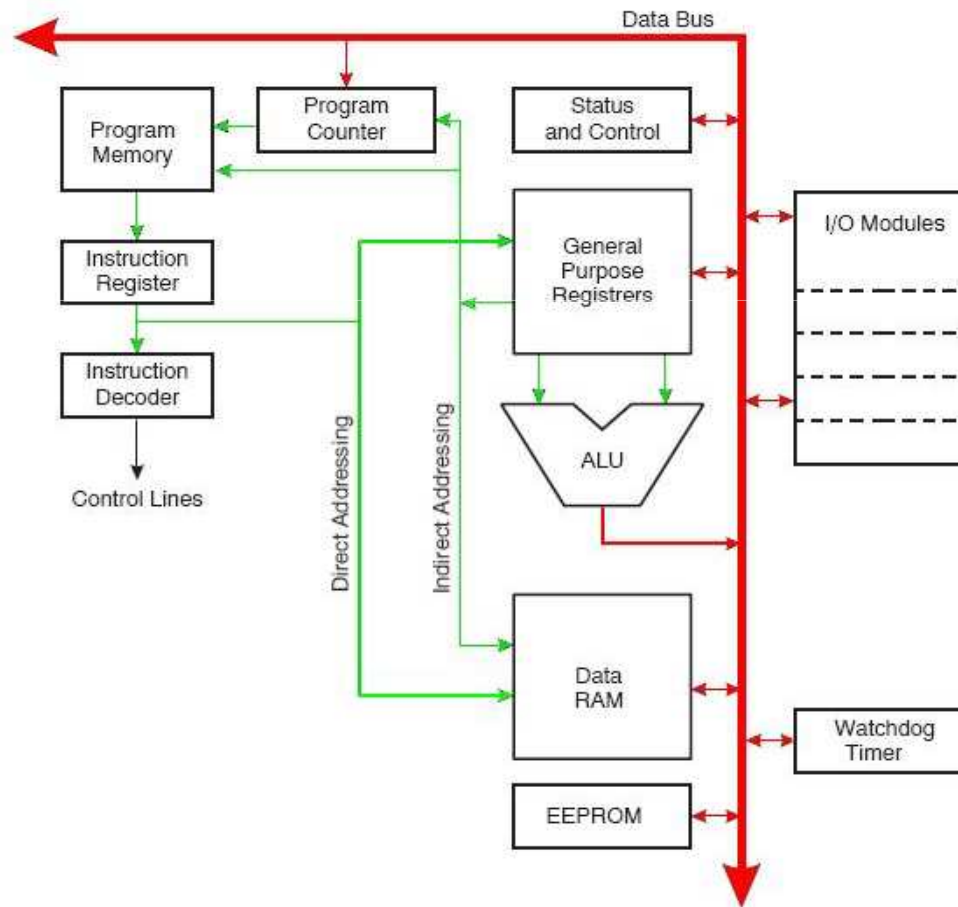
---

- ▶ Mikrokrmilniki so sistemi na integriranem vezju, ki vsebujejo
  - ▶ mikroprocesorsko jedro (izvršilno in krmilno enoto),
  - ▶ programski in delovni pomnilnik,
  - ▶ ter različne V/I vmesnike:
    - ▶ vzporedna vrata (Port)
    - ▶ zaporedne komunikacijske vmesnike: I2C, SPI, UART
    - ▶ analogno / digitalne (A / D) in D / A pretvornike
    - ▶ modulatorje (PWM), časovnike, števec...
    - ▶ komunikacijske krmilnike: Ethernet MAC, USB
- ▶ Primer mikrokrmilnikov
  - ▶ Atmel AVR, 8-bitni procesor na razvojnem sistemu Arduino
  - ▶ ARM-7, 32-bitni procesor na razvojnem sistemu Š-ARM

# Procesorsko jedro AVR

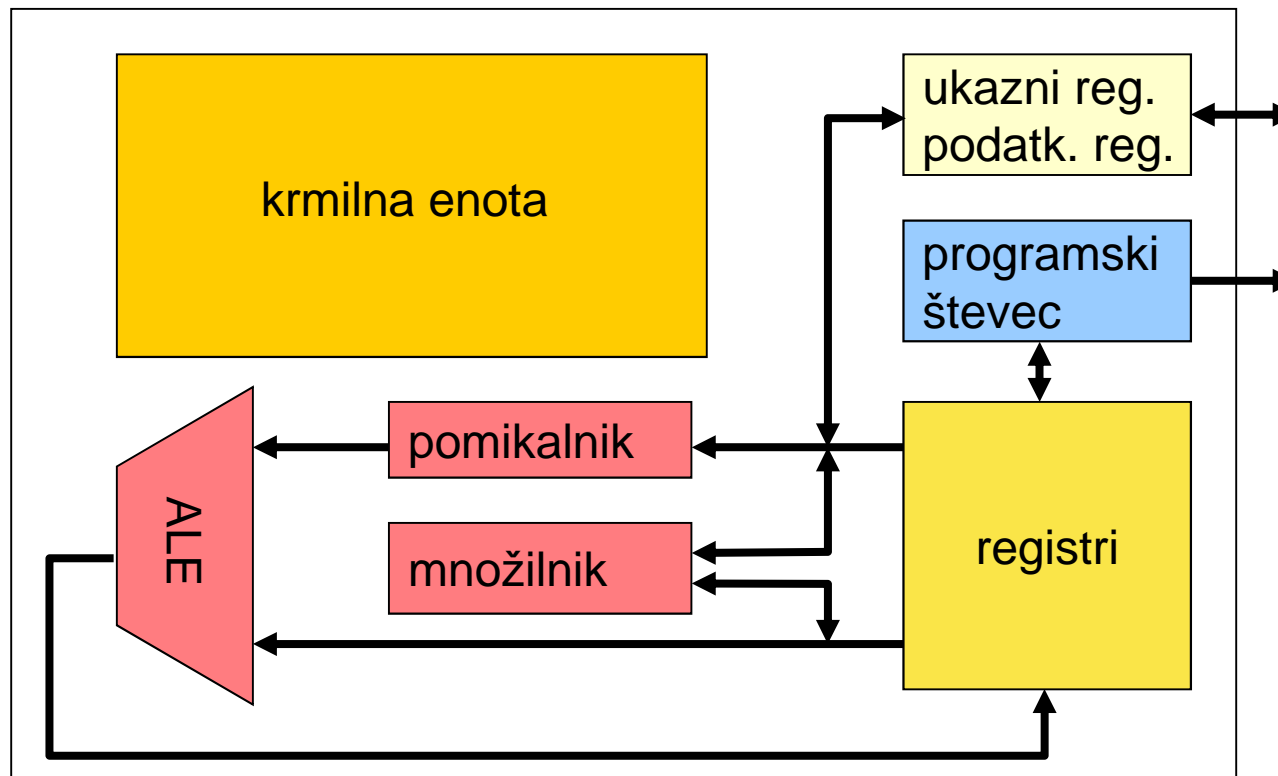
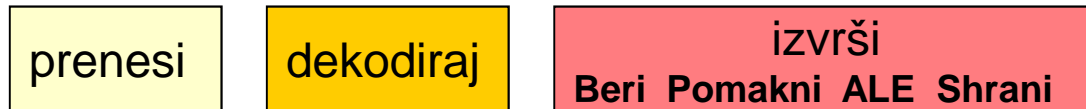
## ► Ukaze izvaja v dveh korakih (urnih ciklih)

1. prenesi ukaz iz pomnilnika v ukazni register (fetch)
2. dekodiraj, izvrši ukaz (ALE) in shrani rezultat (execute)



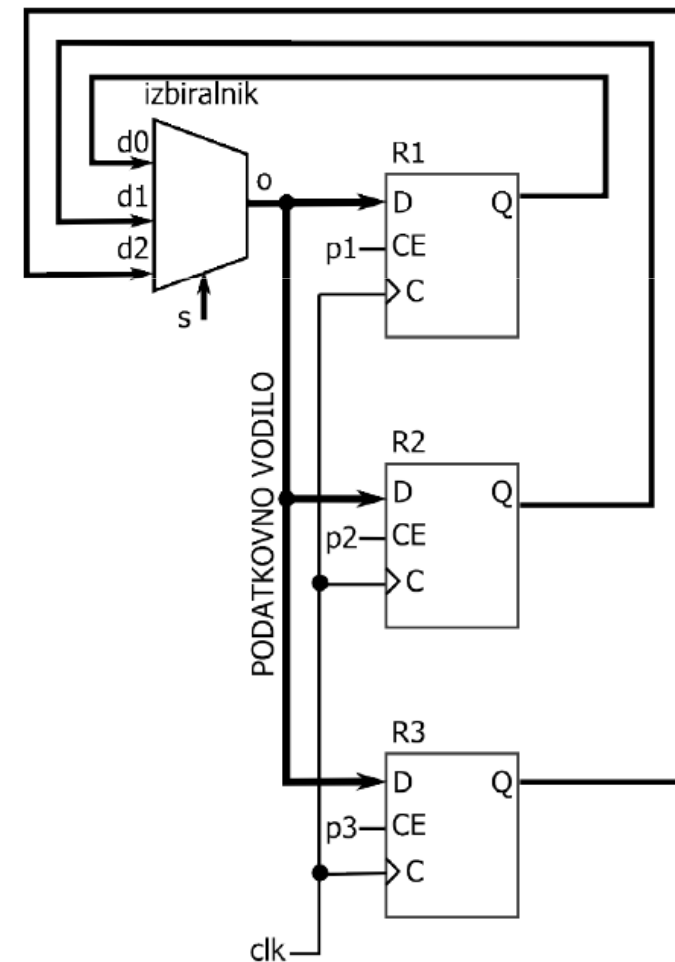
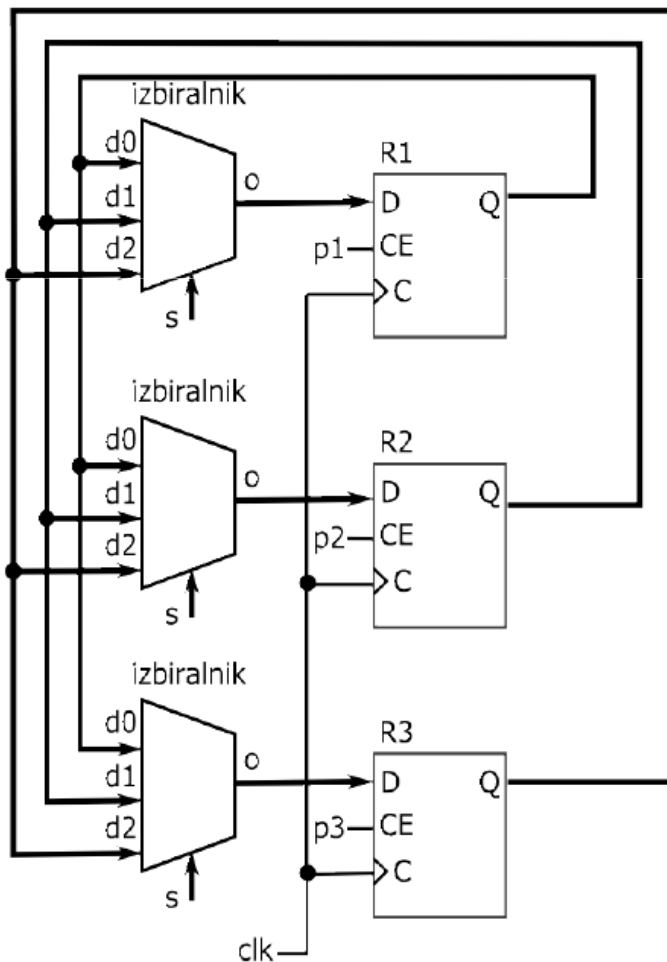
# Procesorsko jedro ARM-7

- ▶ Ukaze izvršuje v treh ciklih:



# Operacije z registri – mikrooperacije

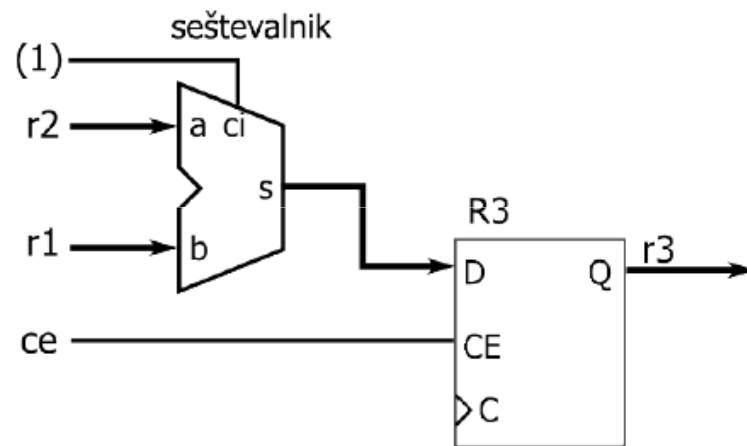
- ▶ Prenos podatkov med registri – mikrooperacija prenosa
  - ▶ izbiralniki na vsakem vhodu ali s skupnim vodilom
  - ▶ kontrolne signale (s, p1, p2, p3) določa krmilna enota



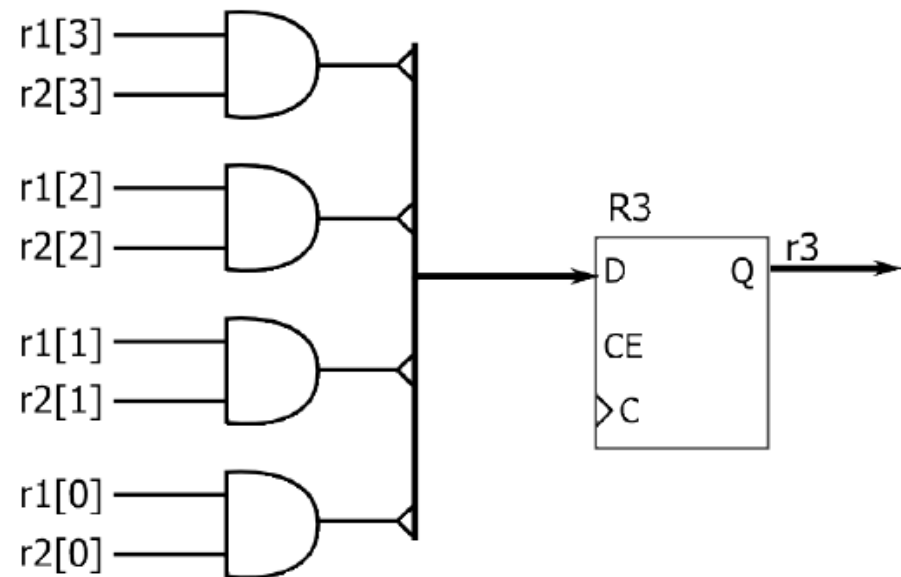
# Aritmetične in logične mikrooperacije

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

$$r3 \leftarrow r1 + r2$$



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

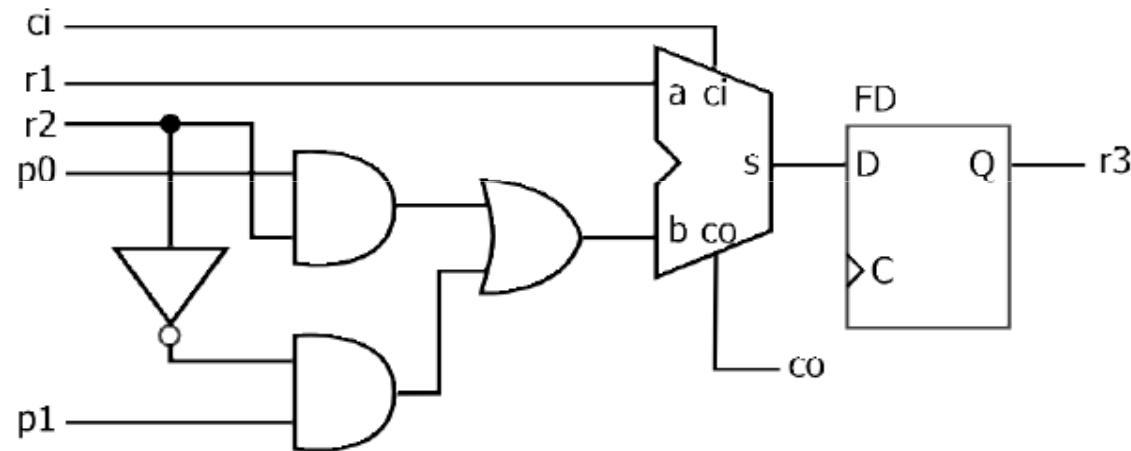




# Aritmetično logična enota – ALE

- ▶ naredimo registrske celice za operacije nad posameznim bitom, npr:

$r3 \leq r1 + ci$	$p1 = 0, p0 = 0, ci = 1$ (povečaj)
$r3 \leq r1 + r2 + ci$	$p1 = 0, p0 = 1, ci = 1$ (seštej s prenosom)
$r3 \leq r1 + (\text{NOT } r2) + ci$	$p1 = 1, p0 = 0, ci = 1$ (odštej)
$r3 \leq r1 - 1 + ci$	$p1 = 1, p0 = 1, ci = 1$ (prenesi r1)



- ▶ ALE je narejena s povezavo več registrskih celic
  - ▶ npr. 8-bitna ALE vsebuje 8 registrskih celic