



# Mikrokontroleri





**O predmetu**

**IV godina**

**Izborni predmet**

**Profesor: Prof. dr Branislav Petrović**

**Asistent: Mr Goran Nikolic**

# Uvod u mikrokontrolere

- **Široko rasprostranjena komponenta u modernim elektronskim sistemima**
  - **Automobili**
  - **Tastature PC-a**
  - **Elektronski merni instrumenti**
  - **Štampači**
  - **Mobilni telefoni**
  - **TV aparati, radio aparati, CD plejeri**
  - **Sigurnosni sistemi, protivpožarni sistemi**



# Istorijski razvoj

## *“Moore’s law”*

Gustina pakovanja tranzistora duplira se na svake dve godine.  
2010. Smanjenje brzine rasta, dupliranje na tri godine.

Performanse mnogih digitalnih uređaja prate ovaj zakon.

Brzina procesiranja, kapacitet memorije, broj piksela digitalnih kamera i dr.

**1950s**

Silicon  
Transistor



**1**  
Transistor

**1960s**

TTL  
Quad Gate



**16**  
Transistors

**1970s**

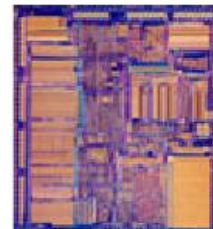
8-bit  
Microprocessor



**4500**  
Transistors

**1980s**

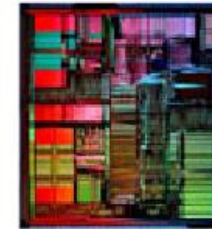
32-bit  
Microprocessor



**275,000**  
Transistors

**1990s**

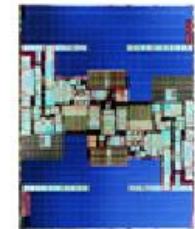
32-bit  
Microprocessor



**3,100,000**  
Transistors

**2000s**

64-bit  
Microprocessor



**592,000,000**  
Transistors



# Istorijski razvoj



## Kao ideja javlja se 1970-71

MP944 čipset za F-14, tajna, obelodanjeno tek 1998.

TI - Funkcionalna verzija TMS1000, patent, kalkulator HP35

## Početak ere embedded sistema

Intel 4004, pravljen za japansku firmu *Busicom*.

2300 tranzistora, 16-pinsko kućište(?), 10 um, (sada 22nm),

cena ~1100 \$

Prodato 100000 kalkulatora sa Intel 4004 procesorom



# Istorijski razvoj

## **April 1972. Intel 8008**

**3500 tranzistora, cena ~650 \$, 18-pinsko kućište  
Prvi računar opšte namene sa 8008**

## **1973 – 1975 pojava 8080**

**Trostruko napajanje dvofazni takt**

## **Zilog 8080**

**Jednostruko napajanje, jedan takt, cena ~1700\$**

**Pojava MOS tehnologije i drastičan pad cena**

**Motorola 6501, 6502 - Apple**



# Istorijski razvoj

## **Intel 8085 1977.**

Jednostruko napajanje (5), ugrađen taktni generator, sistemski kontroler i multipleksirana adresna magistrala. 8086, 80286, 80386, 80486, Pentium, ...

## **Motorola**

6809, 68000, 68010, 68020, 68030

Familija MAC računara

-Dve različite arhitekture

Registri

Memorijski prostori



# Istorijski razvoj

**Pojava mikrokontrolera baziranih 8080 i 6800**

**Intel**

**8048, 8051**

**Motorola**

**6805, 6808, 6811**





# Mikroprocesor

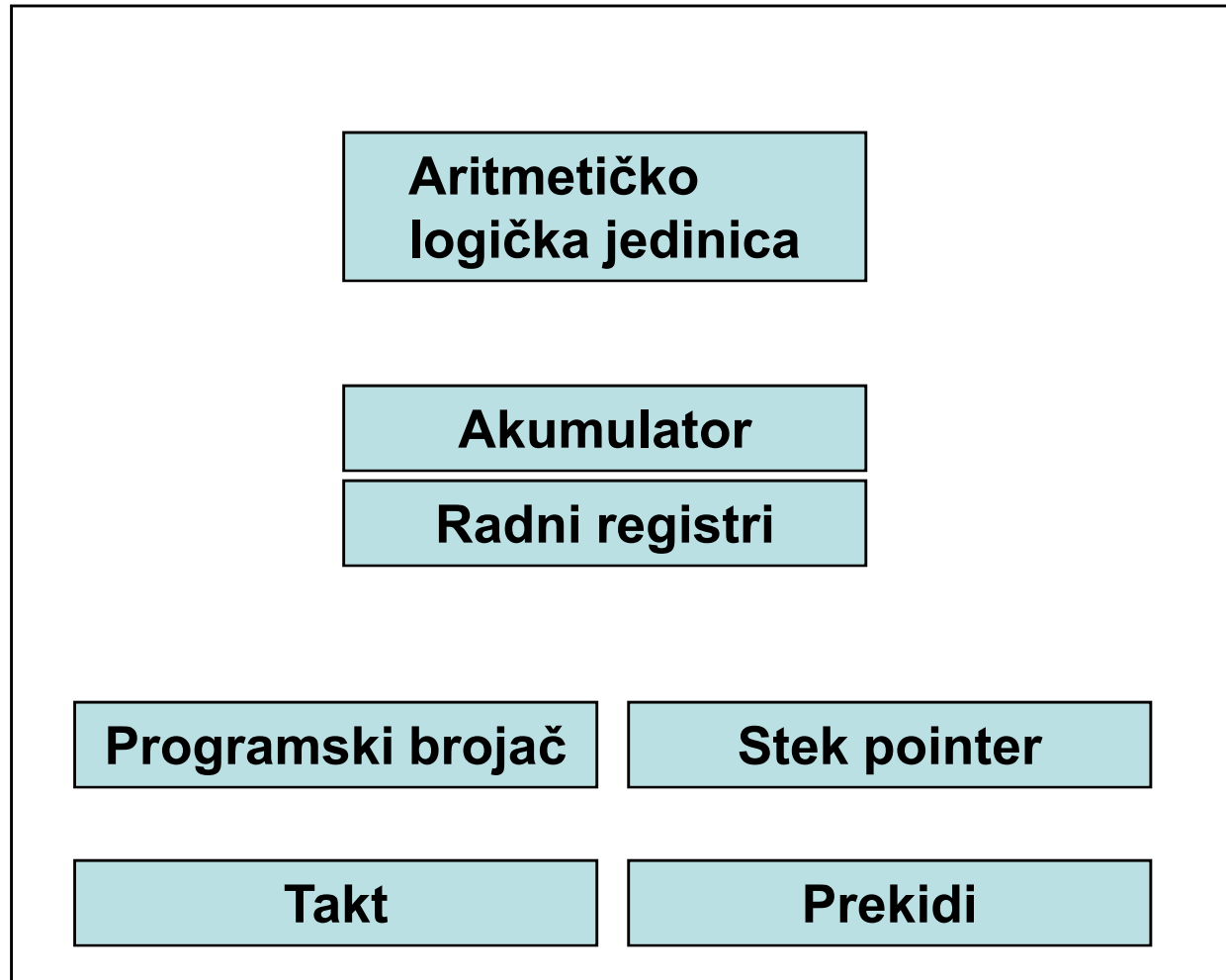
**Programabilna digitalna elektronska komponenta koja objedinjuje sve funkcije centralne procesorske jedinice (CPU) u jedno integrisano kolo (IC).**

**Izvršavanja memorisani skup instrukcija u cilju obavljanja korisničkih zadataka.**

**Pristupa memorijskim čipovima u cilju čitanja i upisa podataka.**



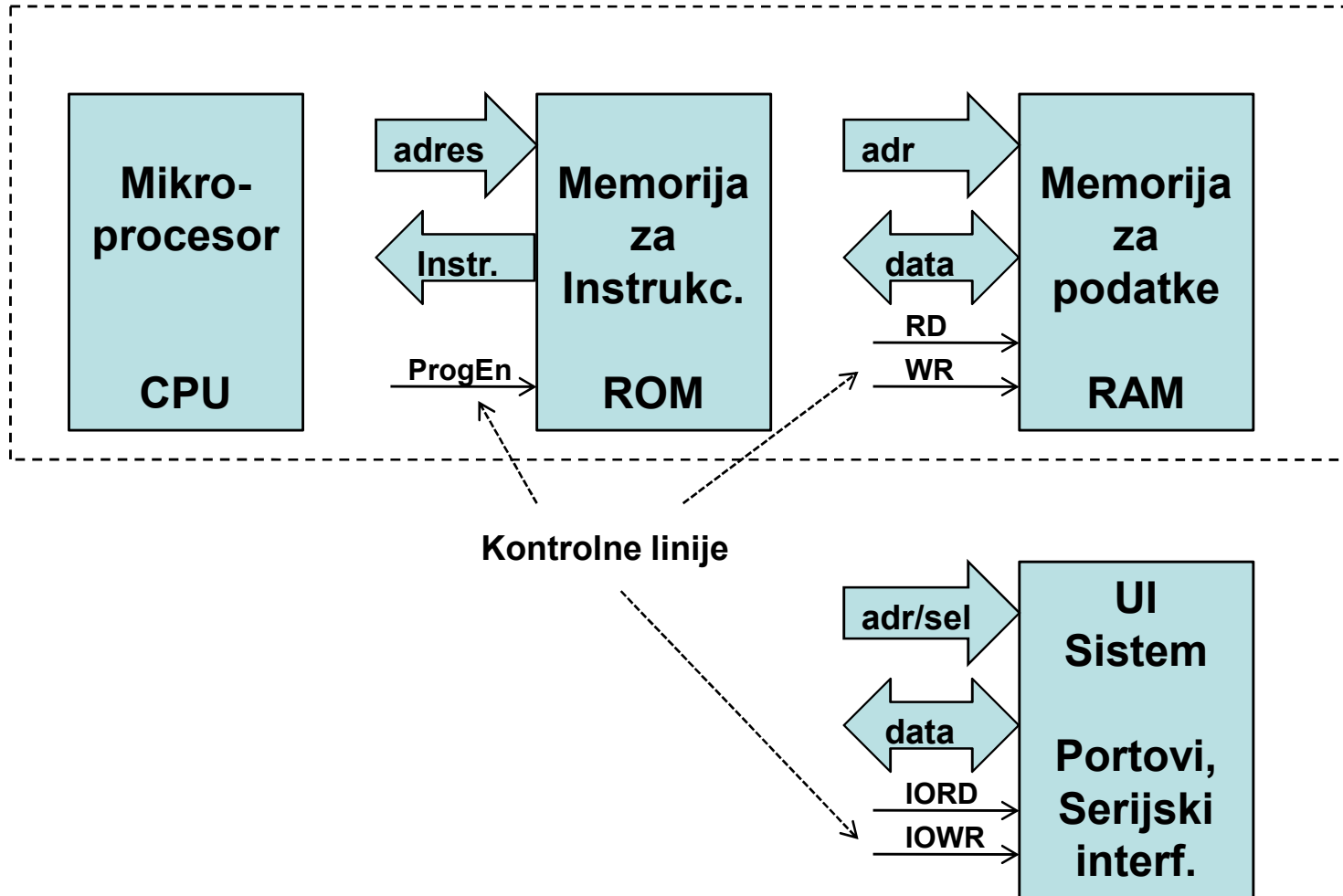
# Mikroprocesor – blok struktura



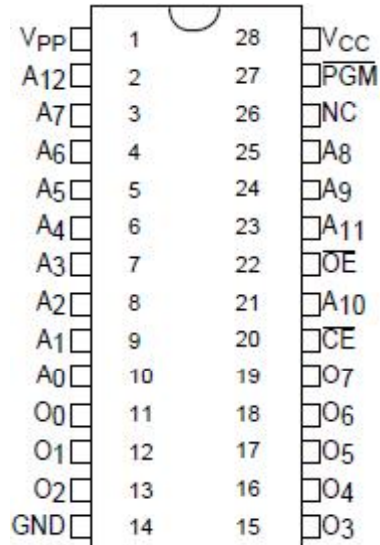
**Razlika između Intela i Motorole!**



# Mikroprocesor

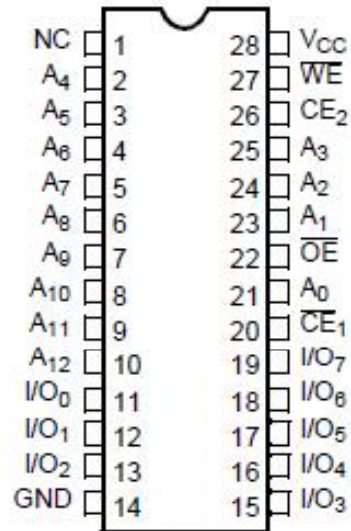


## ROM



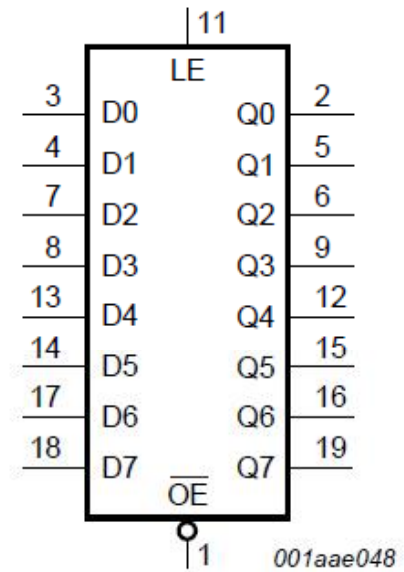
**EPROM**  
**8k x 8**  
**27C64**

## RAM



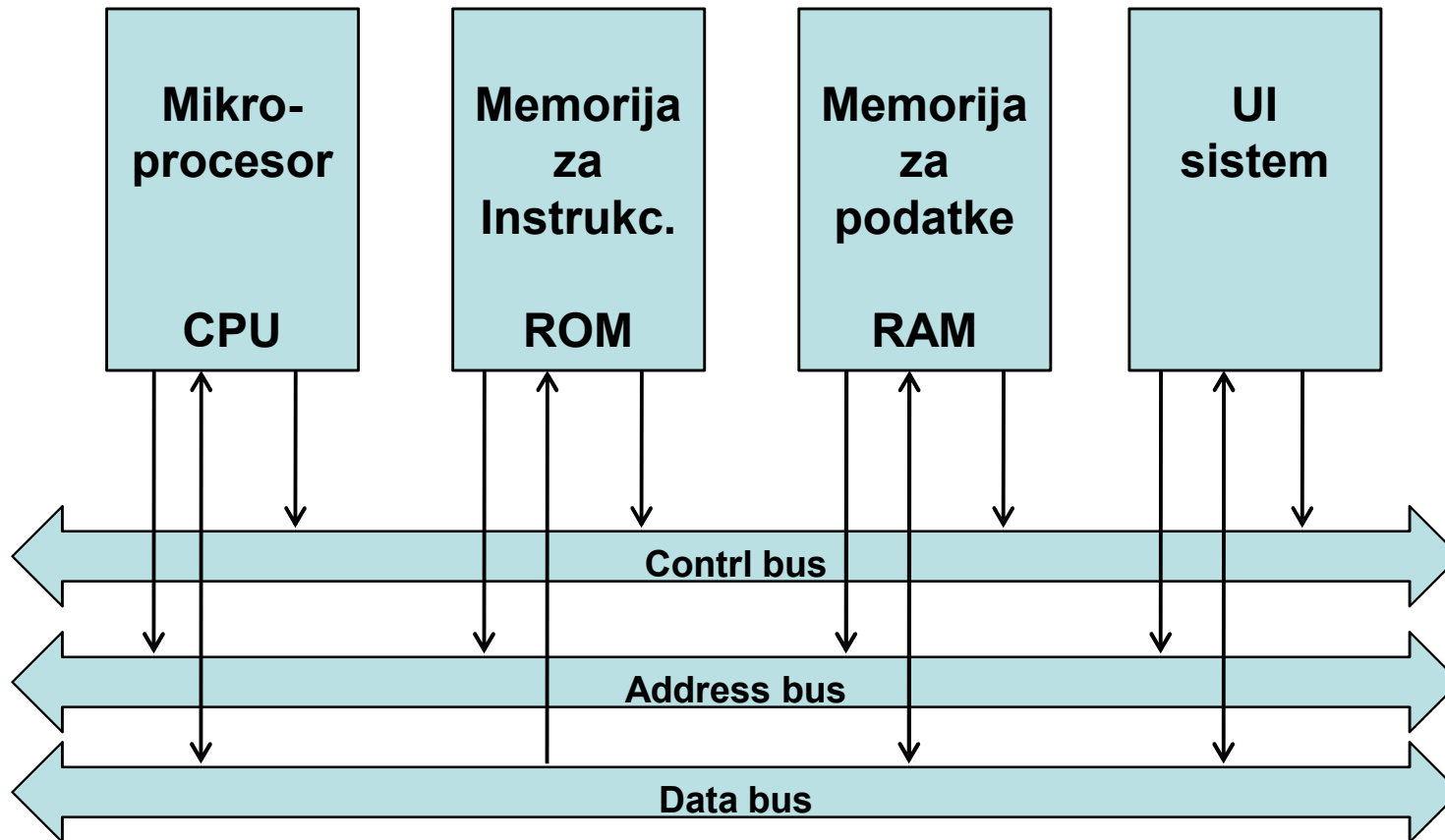
**CMOS RAM**  
**8k x 8**  
**6264**

## 8.Bit IO Port



**74HC373**

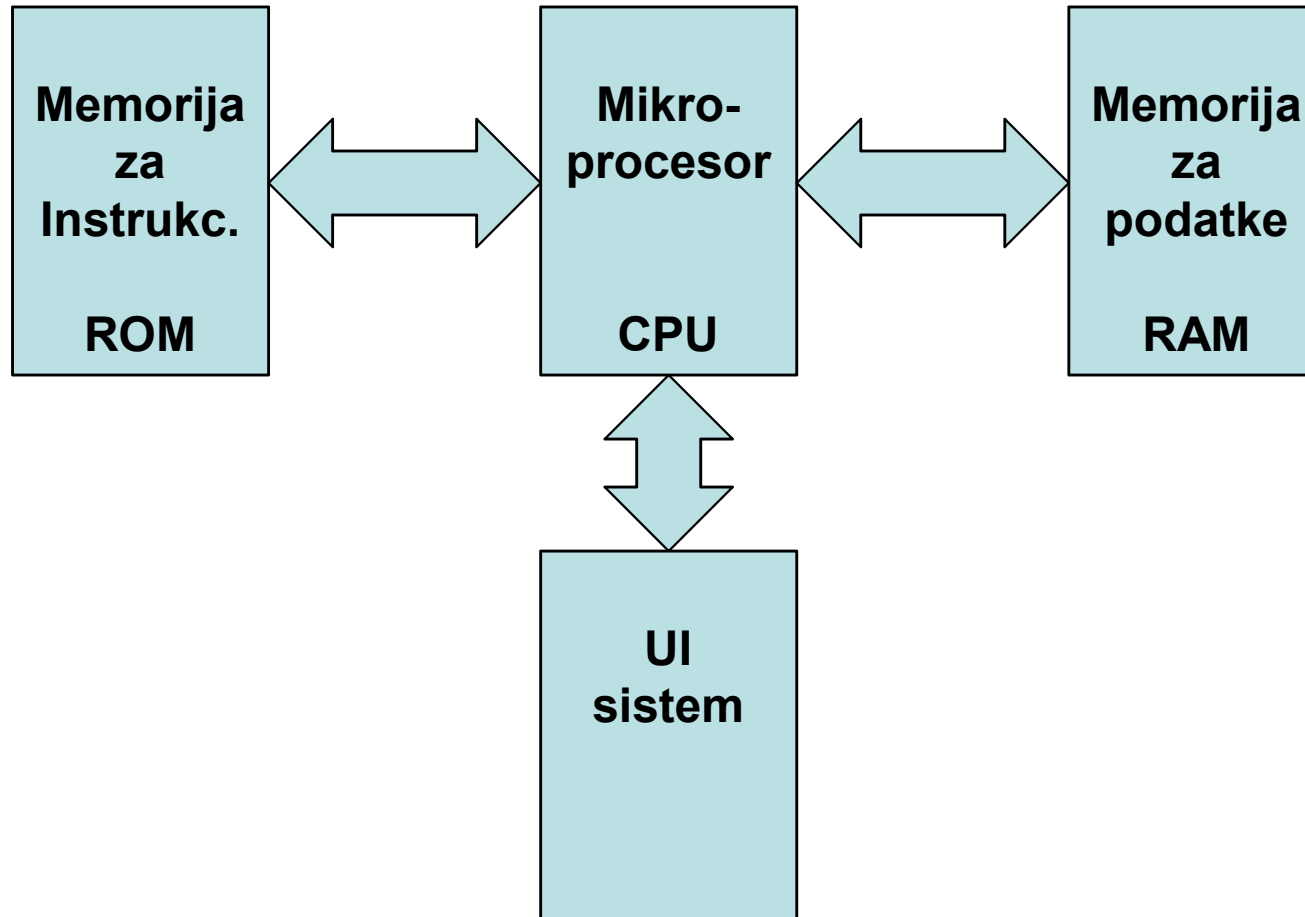
# Mikroprocesor – *Von Neumann architecture*



**Nedostaci: brzina prenosa podataka, zaštita.**



# Mikroprocesor – *Harvard architecture*



**Prednost: jednovremeni pristup**

**Mikrokontroleri, DSP**

**Modifikovana Harvard arhitektura - keš**



# **Mikroračunar**

**Računar opšte namene za primene u softverskim aplikacijama.**

**Bazira na primeni mikropocesora kome treba dodati sledeće delove:**

**Programska memorija – ROM,**

**Memorija za podatke – RAM,**

**Memorijski dekoderi,**

**Oscilator,**

**Ulazno izlazni uređaji (paralelni, serijski, ...)**

**Kola za specijalne namene; brojači, kontroleri prekida**

**Uređaj za masovno čuvanje podataka, tastatura, displej**



# Mikrokontroler

**Pravi računar na čipu sa svim potrebnim elementima**

**Opštost namene:**

**Prihvata podatke, izvršava odgovarajuća izračunavanja i na osnovu rezultata vršu kontrolu u okruženju.**

**Izvršavanje fiksnog programa koji se ne menja u toku životnog ciklusa.**

**Veličina instrukcija kod MP i MC**

**x86 najduža inst. 15 bajtova (VLIW n100 bitova)**

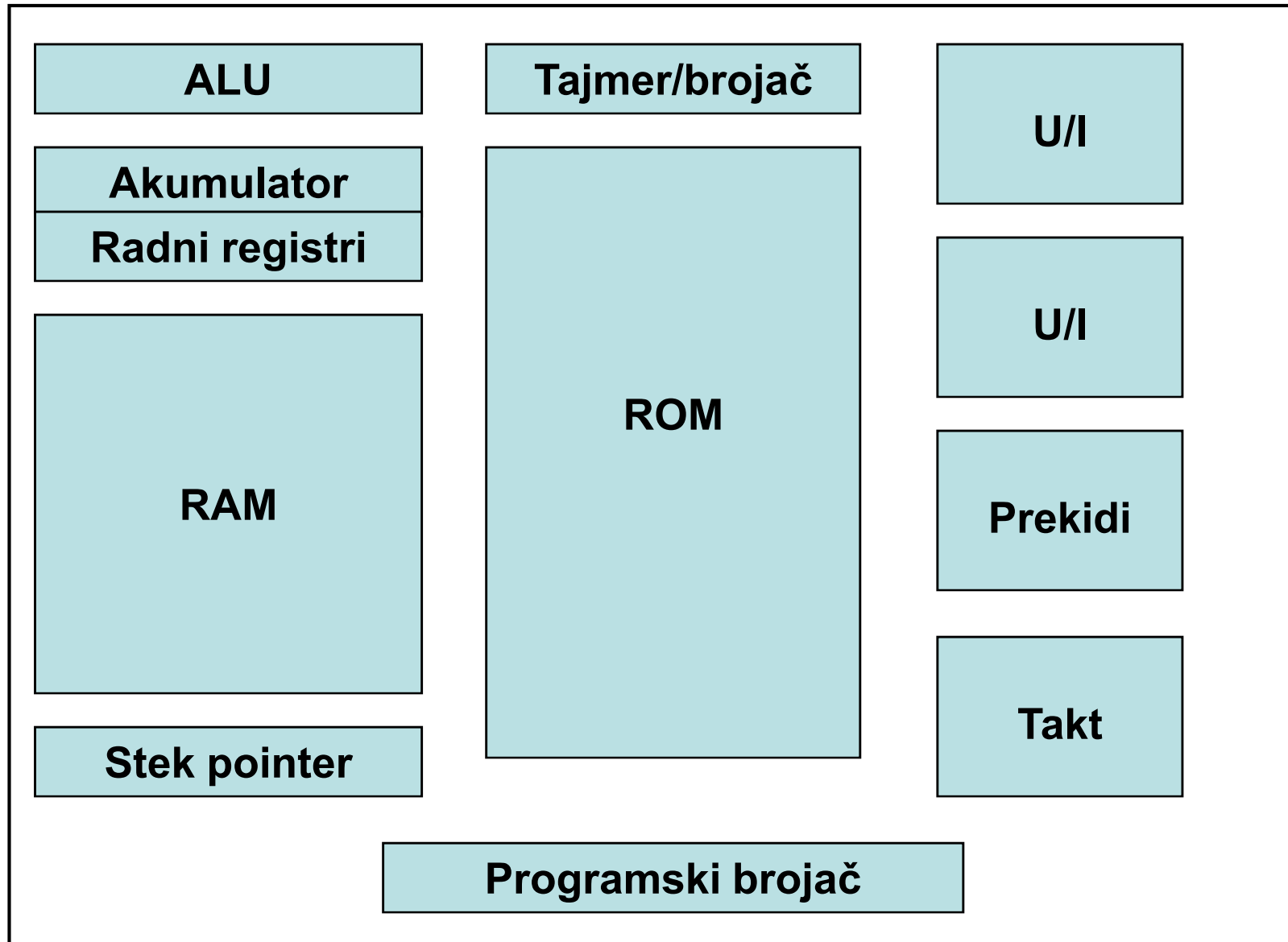
**kod nekih MC 4 bita**

**Optimizacija arhitekture i seta instrukcija**





## Blok struktura mikrokontrolera





<http://www.analog.com/processors/>

Precizne analogne komponente.  
16-bitni i 32-bitni DSPs zajedno sa razvojnim aliatima.  
MicroConverter, 8051 mikrokontroler sa 12-bitnim ADC.



<http://www.atmel.com/products/>

8051, AT91, AVR, AVR32 Microcontrollers



<http://www.maxim-ic.com/products/>

*High-performance Flash 8051 (50 MIPS peak at 50 MHz),  
"secure" (tamper resistant) mikrokontroleri,  
TINI Networked Microcontrollers  
MAXQ 16-bit RISC Mixed signal mikrokontroleri.  
Razvojni alati*



<http://www.freescale.com/>

Analogna i digitalna kola, 8-bit, 16-bit & 32-bit. (68HC05, 68HC11, 68HC908, 68HC12, 68000, 68020, 68030, 68040, Coldfire, MCore, PowerPC, DSP56800, and lots more). Poznak kao Motorola.



<http://eu.renesas.com/>

<http://www.hitachi.com/>

*High speed/high performance* SuperH embedded RISC.  
R32C, M32C, SH-Tiny, H8SX, M16C and H8S.  
*Low power/low voltage* R8C/H8, M16/Tiny



<http://www.infineon.com/>

C16x, C500, TriCore.  
8-bitni bazirani na 8051. 16-bitni C166 arhitektura.  
32-bitni, izuzetni razvojni alati.



<http://www.intel.com/embedded/index.htm>

Pentiums, High Performance Chipsets



<http://www.microchip.com/>

8-bit Microcontrollers, Interface Chips

PICmicro® MC 8-bit - PIC10 (6 pins), PIC12 (8 pins),

PIC16 (14-64 pins), PIC18 (18-100 pins)

16-bit - PIC24 (28-100 pins), dsPIC30/33 (18-100 pins);

*analog/interface*

EEPROM; microID® RFID tags; KEELOQ® security devices;

dsPIC® familija *Digital Signal Controllers*.

Vrlo dobri razvojni alati (MPLAB)



<http://www.silabs.com/mcu/>

Brzi flash kontroleri bazirani na 8051 familiji – 8051Fxxx

*In system programmable, mixed signal, JTAG.*

*Cygnal.*



<http://mcu.st.com/mcu/>

Veliki asortiman analognih i digitalnih komponenata.  
32-bitni ARM-based mikrokontroleri, 8-bitni ST6, ST7, ST9  
µPSD3200 8051-kompatibilni microcontroller.



<http://www.ti.com//> (then select 'microcontrollers')

Lider u proizvodnji DSP-a  
Low-power 16-bit MSP430 microcontrollers  
32-bit general purpose ARM7-based TMS470  
High performance TMS320C2000 digital signal controllers.  
Analogne komponente, *wireless*, i telekomunikacione.



<http://www.zilog.com/products/>

Z8 Encore!, Z8®, Z80, eZ80, Z180, Z380

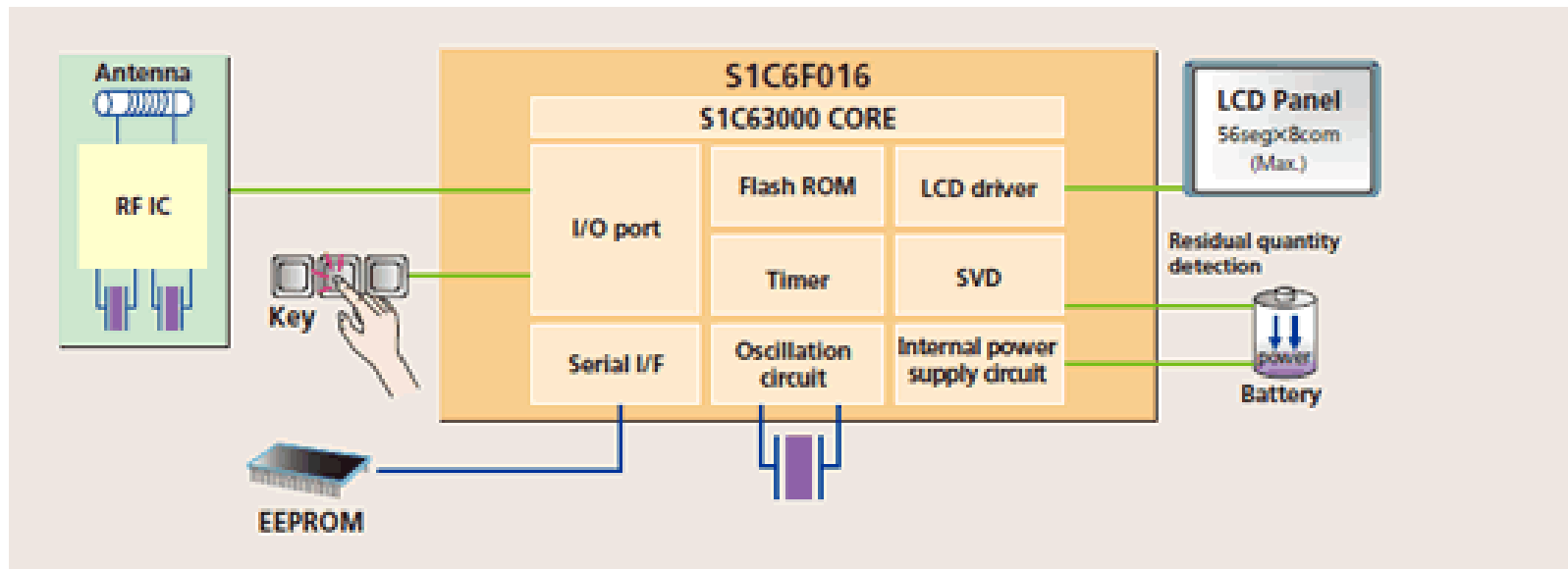
## 4-bitni mikrokontroleri

4-bitni MC u eri 64 bitnih!  
Mala potrošnja, velika brzina

ATMEL: MARC4

EM MICROELECTRONIC: EM6607

EPSON: S1C6xxx serija



**Radiom kontrolisani sat (DCF 77)**





# Intel MCS-48 - Uvedeno 1976



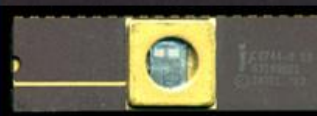



Device	RAM (bytes)	ROM	Speed	Timers	Ports	Picture
8021 8021H**	64	1024	100-400KHz	2	2x8, 1x4	
8022 8022H**	128	2048	100-400KHz	2	3x8	Has an ADC
8035	64	-	11MHz			
8038	64	-			3x8	
8039	128	-	11MHz		3x8	
8040	256	-	11MHz			
8048	64	1024	11MHz	2	3x8	
8049	128	2048	11MHz	2	3x8	
8050	256	4096	11MHz			



## Intel MCS-41 - Uvedeno 1979

Device	RAM (bytes)	ROM	Speed	ADCs	Timers	Ports	Picture
8041	128	1024	6MHz		2	3x8	
8042	256	2048	12.5MHz		2		

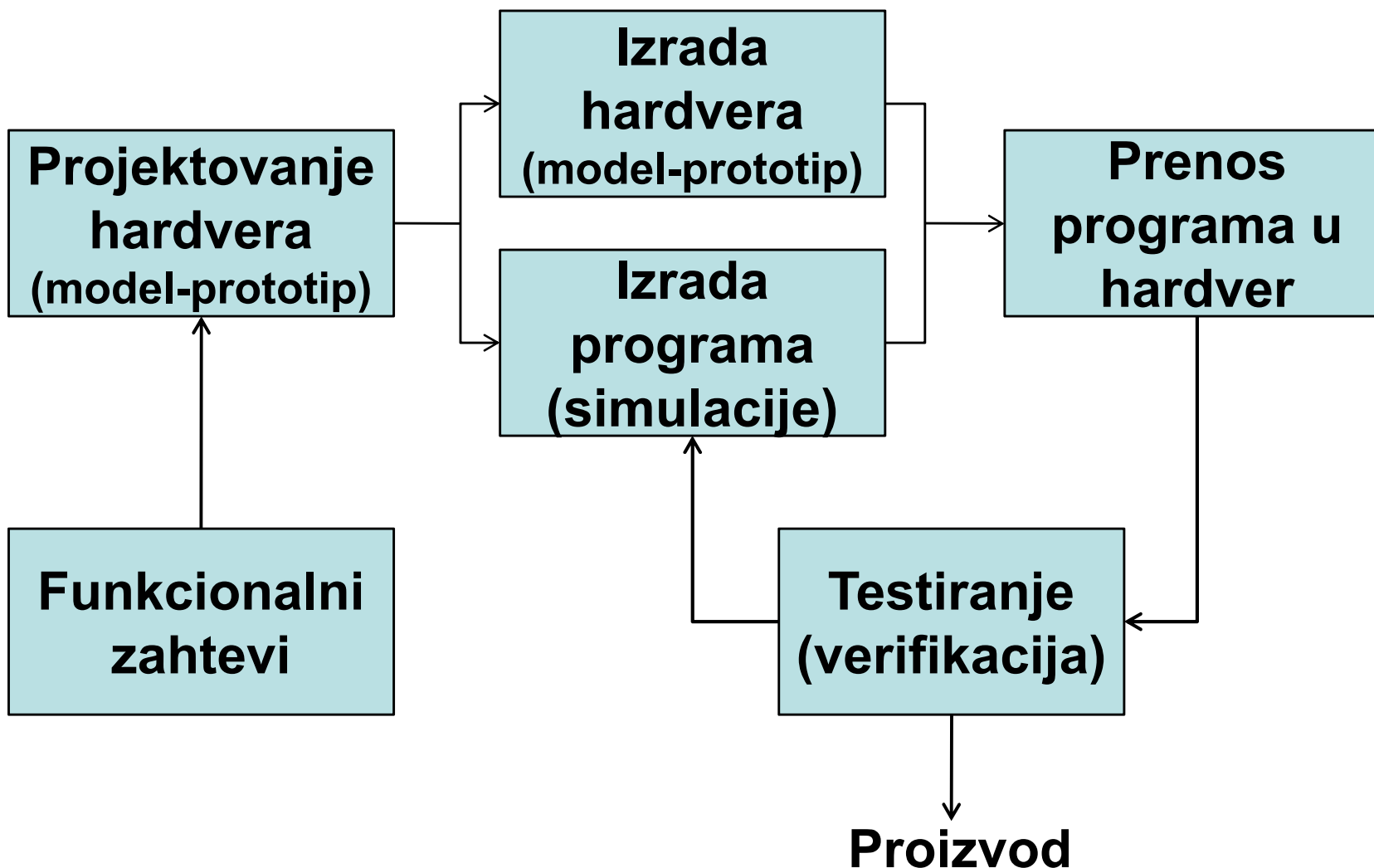
## Intel MCS-51 - Uvedeno 1980

Device	RAM (bytes)	ROM	Speed	Timers	Ports	Picture
8031	128	-	12MHz	2	4x8	
8032	256	-	12MHz	2	4x8	
8044*	192	4096	12MHz	2	4x8	
8051	128	4096	12MHz	2	4x8	
8052	256	8192	24MHz	2	4x8	
8054	256	16K	24MHz	3	4x8	
8058	256	32K	33MHz	3	4x8	



# Razvojni alati

## Postupak projektovanja MC sistema



# Razvojni alati

## Postupak projektovanja hardvera

Analogna kola, kola sa mešovitim signalima, RF kola  
Štampane ploče (prototip-raster, projektovanje)

## Oprema:

Personalni računar (Laptop)  
Drugi monitor  
Štampač

## Sofrverski alati:

Altium Designer (Protel)  
Orcad, Cadence Allegro

## Pribor i alati:

Izvori za napajanje  
Lemna stanica - lemilica  
Pasta za lemljenje, kalaj  
Lupa, kljunasto merilo (šubler)

# Razvojni alati

## Postupak izrade softvera

Pisanje programskog koda

Tekst editor

## Prevođenje koda

Asembler

C kompajler

Linkovanje (biblioteke)

## Debugiranje

Simulator

*“Starter Kit”*

Emulator

Razvojno okruženje

*“Bond-out”* čipovi

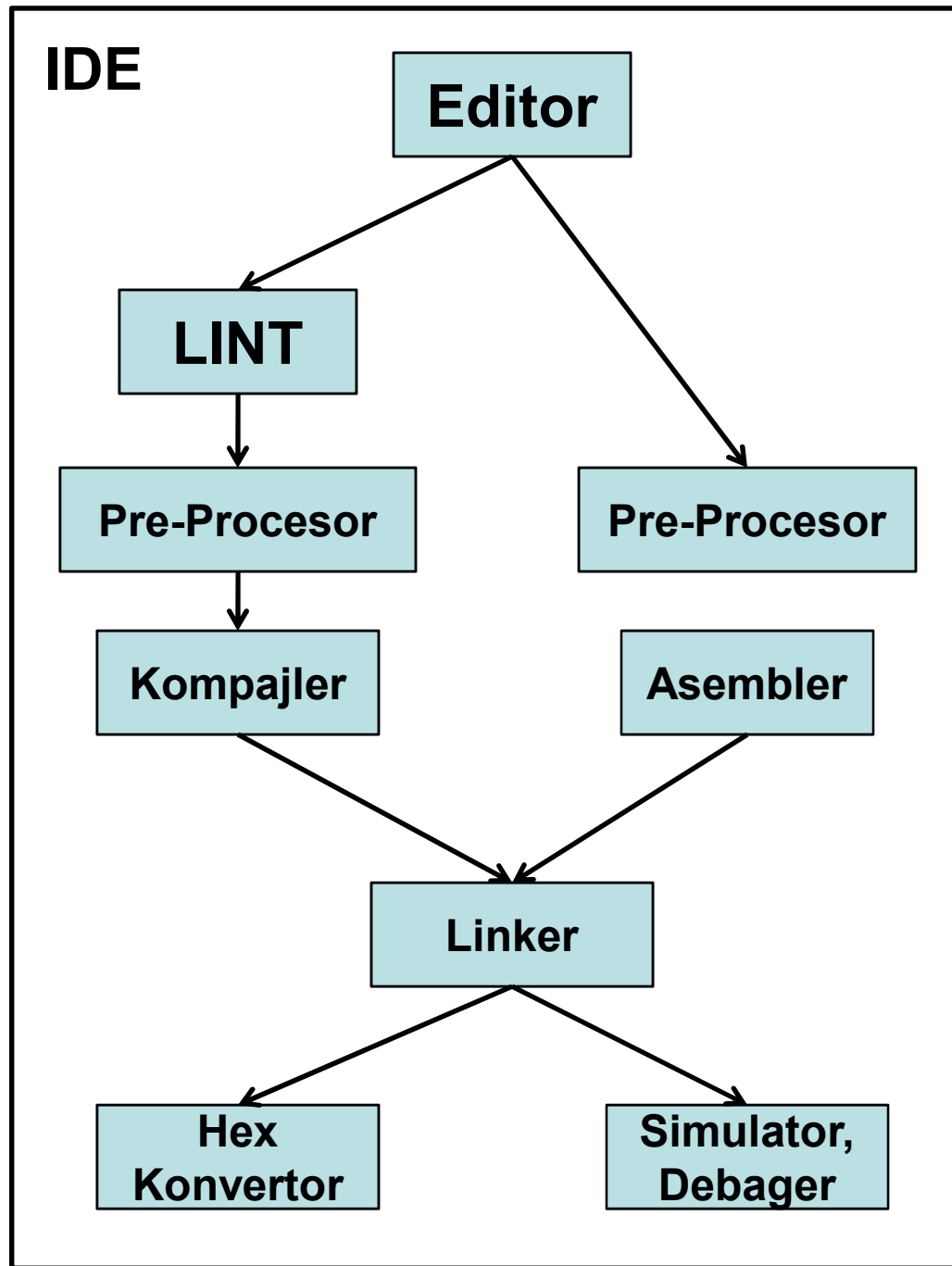
## Programiranje programske memorije

EPROM, FLASH, OTP, ...

ISP, IAP

LINT - Nalaženje simjnih jezičkih konstrukcija

- Primena promenljivih koje nisu inicijalizovane
- Izračunavanja čiji je rezultat van opsega promenljive



# Razvojni alati

## Debugiranje

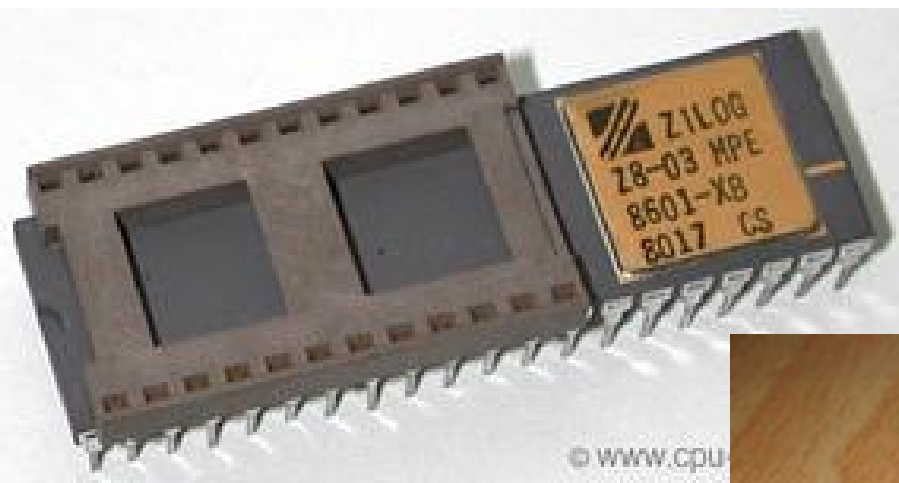
Prva rešenja za mikroračunare. Emulator ROM memorije

Problemi kod mikrokontrolera. Verzije bez ROM-a

MCS48 8035, 8039

MCS51 8031, 8032

MCS48 Mikroračunar

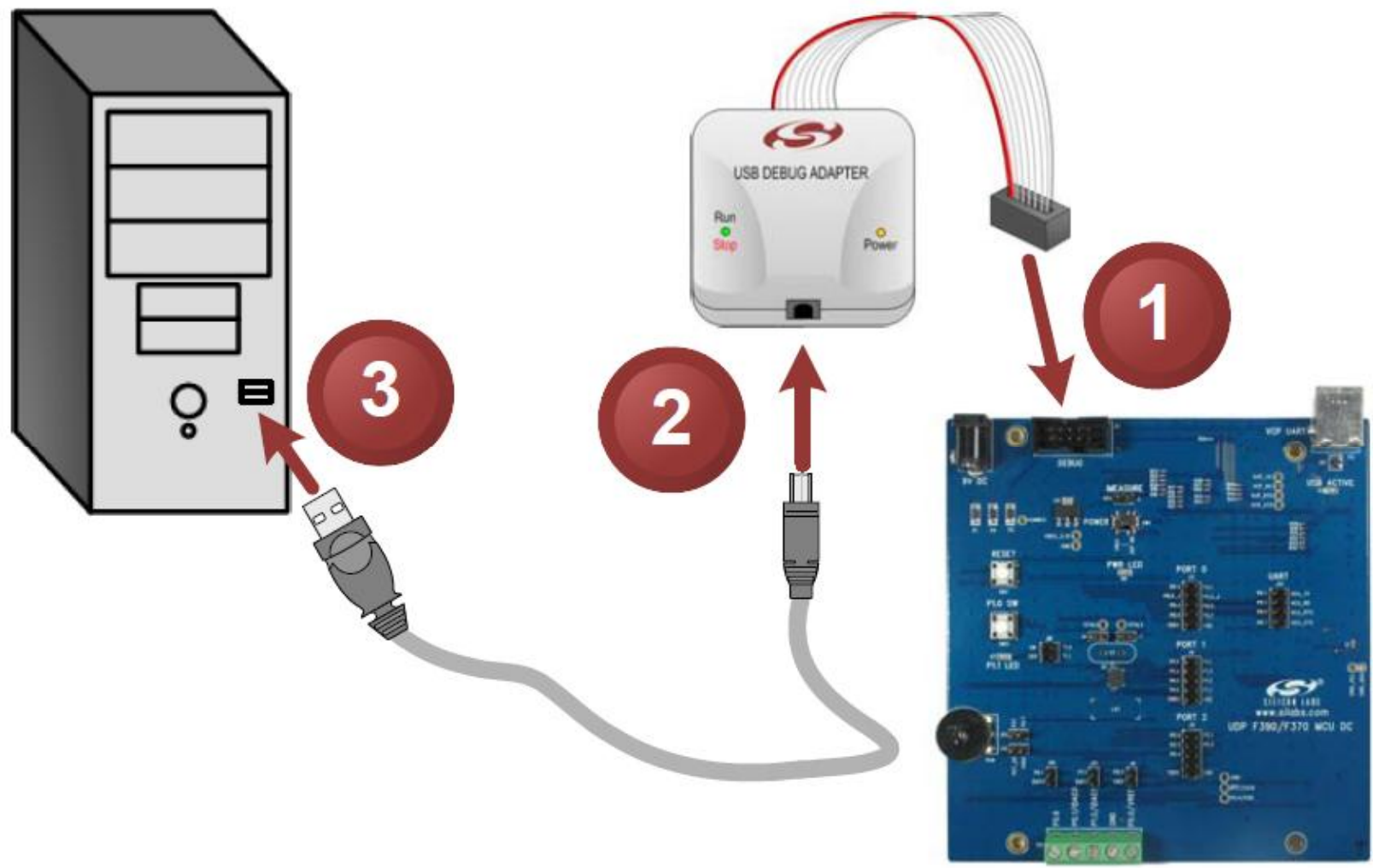


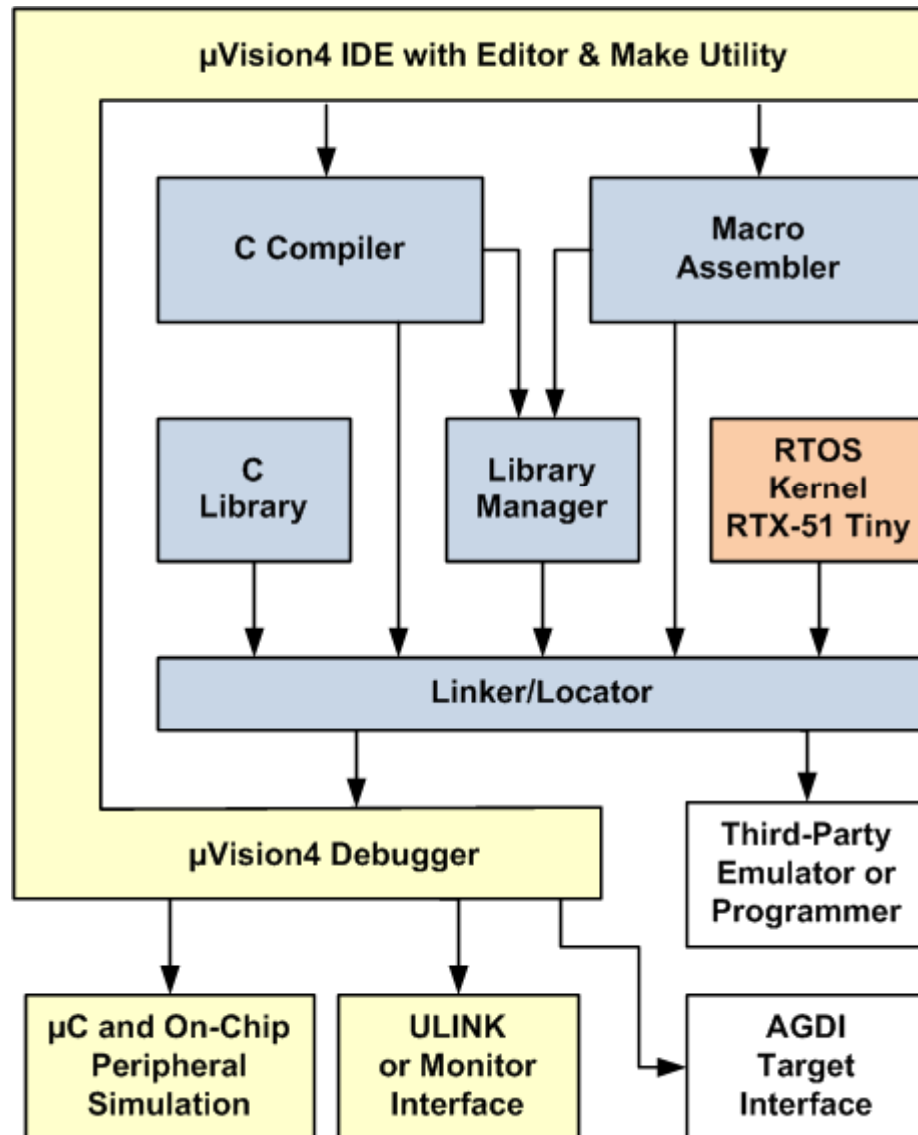
# Razvojni alati

## Emulatori



**OTP and Flash Programming**  
**Out-of-Circuit Programming**  
**In-System Programming (ISP)**







# Primeri

- **Muzički stub MS200, (TV prijemnik, STB, kablovski sistemi)**
- **Sistem za praćenje pozicije bespilotne letilice**
- **Sistem za analizu šahovske partije**
- **Sistem za testiranje praznih štampanih ploča**
- **Sistem za ispitivanje čvrstoće kamene vune**
- **Sistem za ispitivanje ispravnosti kočnica kod vozila**
- **Uređaj za merenje usporenja**
- **Sistem za upravljanje liftom**
- **Programabilni kontroler za primene u KGH**

## **Zadatak**

**Projektovati mikroračunarski sistem zasnovan na Hipotetičkom 8 bitnom mikroprocesoru (CPU) koji ima Harvard arhitekturu. Adresna (16 b) i magistrala za podatke (8 b) je jedinstvena za sva tri memorijska prostora. Sistem ima sledeća karakteristike:**

**Programska memorija (ROM) 8 kB na 0-8 kB**

**Memorija za podatke (RAM) 8 kB na 0-8 kB**

**UI prostor na 0-16 B**

**jedan izlazni port na 01h**

**jedan ulazni port na 02h**

**Za realizaciju ROM-a koristiti standardni memorijski čip serije 2764. Za RAM koristiti hopotetički čip sa RD, WR i CSEL ulazima koji su aktivni sa nulom. Za portove koristiti čip 74HC373.**

## **Zadatak**

**Prethodni zadatak uraditi za slučaj da mikroprocesor ima Von Nojmanovu arhitekturu sa sledećim adresnim prostorom.**

**Programska memorija (ROM) 8 kB na 0-8 kB,**

**Memorija za podatke (RAM) 8 kB na 8-16 kB,**

**UI prostor (DRAM) na 32 kB- 64 kB**

**jedan izlazni port na 0x8000,**

**jedan ulazni port na 0x9000.**

**Svi memorijski prostori imaju zajedničku magistralu za podatke i adrese.**