

# Vgrajeni sistemi

# Vsebina

- Splošno o vgrajenih sistemih
- Mikroprocesor in mikroračunalnik
- Pomnilnik v mikroračunalnikih
- Programiranje mikroračunalnikov
- Orodja in pripomočki za razvoj programov za vgrajene sisteme
- Povezava mikroračunalnikov z okolico

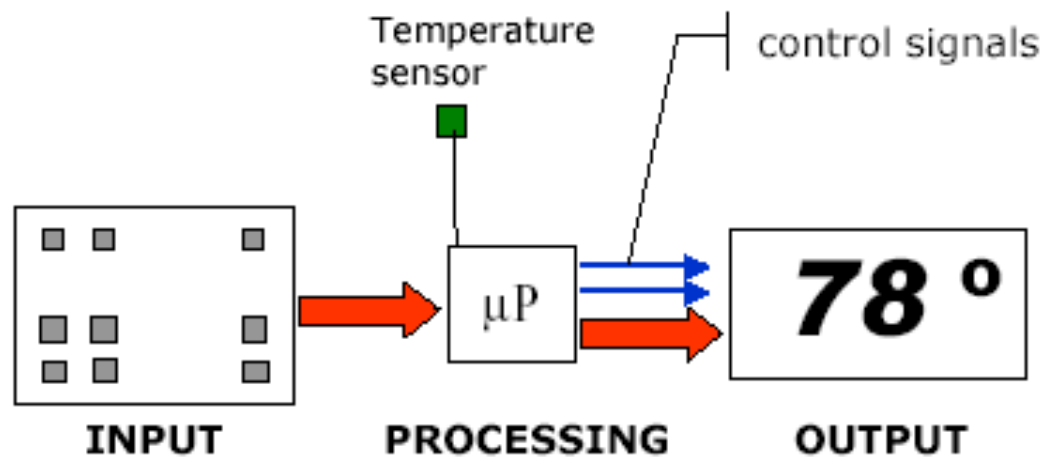
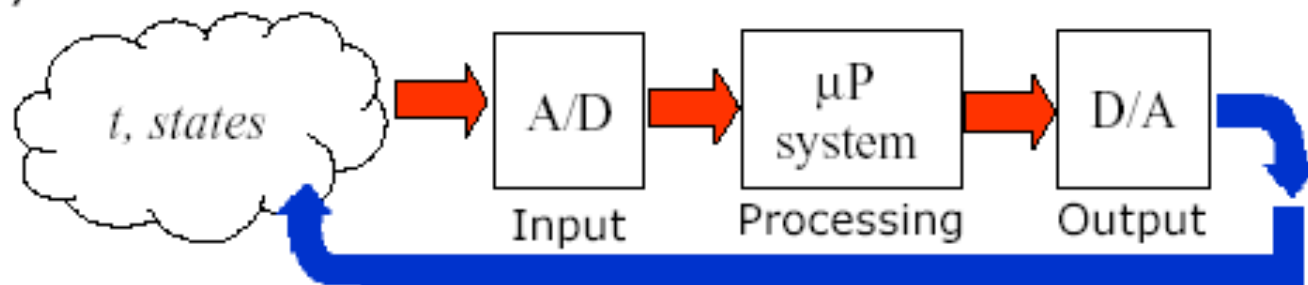
# Vgrajeni računalniški sistemi

- Vgrajeni računalniški sistemi so namenski računalniki računalniški sistemi – običajno opravljajo samo eno nalogo
- So vgrajeni v večje elektronske sisteme – služijo kot "možgani"
- So običajno računalniki z manjšimi pomnilniškimi in procesnimi zmogljivostmi in specifično sistemsko programsko opremo (običajno brez operacijskega sistema)
- Običajno se zahteva njihovo avtonomno delovanje brez posredovanja uporabnika

# Vgrajeni računalniški sistemi

- Uporabljajo najrazličnejše uporabniške vmesnike za komunikacijo z ljudmi, ter senzorje in aktuatorje za komunikacijo z okolico
- Pogosto se zahteva porazdeljeno delovanje vgrajenih sistemov – več manjših procesnih enot povezanih v omrežje
- Dodatne zahteve: omejena poraba energije, upoštevanje časovnih omejitev, odpornost na napake
- Osnova vgrajenih sistemov je mikroračunalnik oz. mikroprocesor

System



# Primeri uporabe vgrajenih sistemov

- Praktično vse kar je vezano na vseprisotne sisteme
  - Prenosni telefoni
  - Nadzorni računalnik v letalu
  - DVD predvajalnik
  - Klimatska naprava
  - Pralni stroj
  - Medicinske naprave

# Glavna področja uporabe

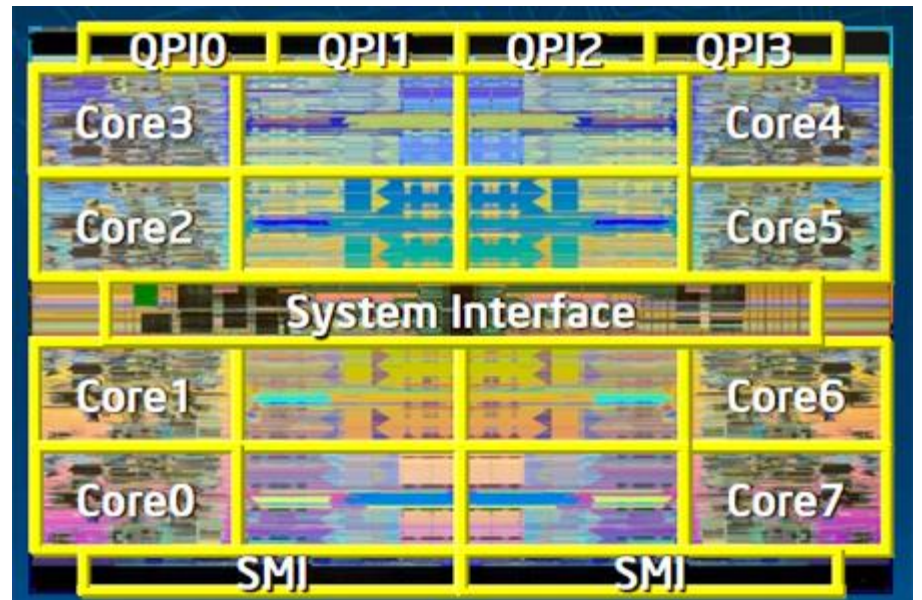
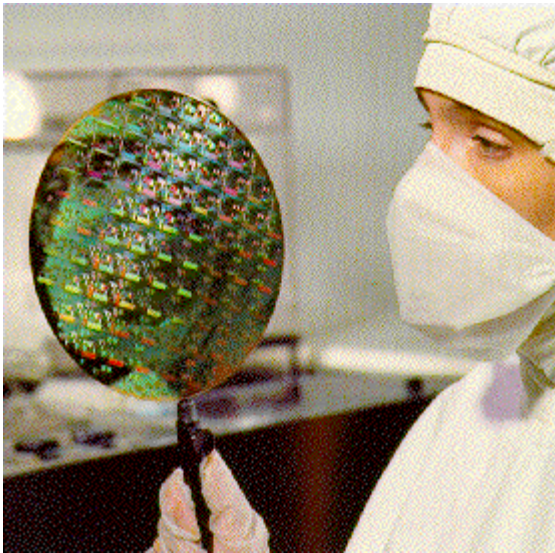
- Komunikacije
- Računalniške vhodno/izhodne naprave
- Upravljanje proizvodnje
- Upravljanje transportnih sredstev
- Izdelki široke potrošnje
- Medicina
- Vojaške in vesoljske rešitve





# Kaj je mikroprocesor ?

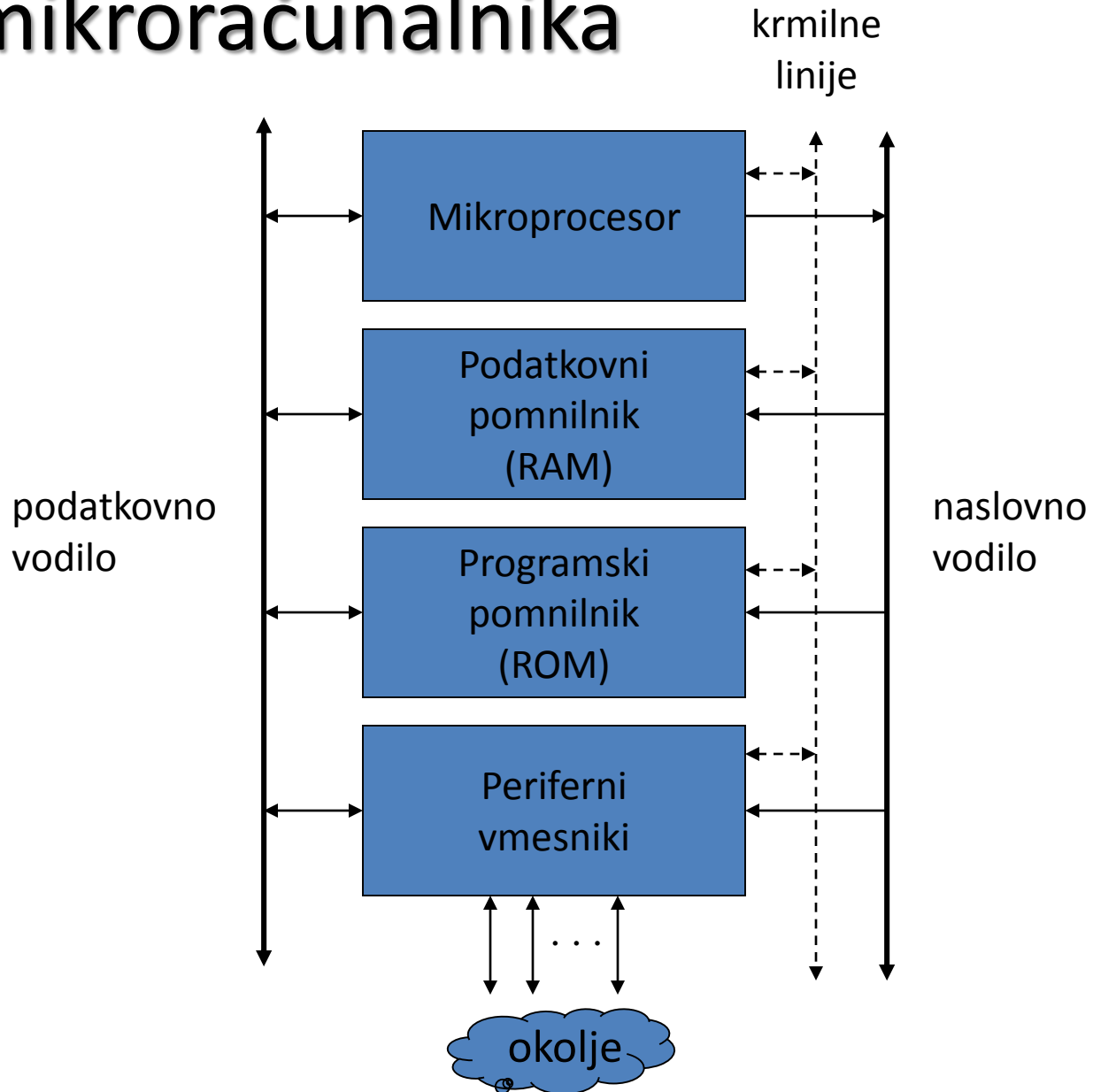
- Mikroprocesor je centralna procesna enota, izdelana v VLSI (Very Large Scale Integration) tehnologiji na enem ali na nekaj v celoto sestavljajočih polprevodniških čipih
- Vsebuje krmilno enoto, enoto za obdelavo podatkov (ALU) ter notranjo shrambo zanje
- Ima vmesnik za priključitev na okolico (sistemsko vodilo) – hrbtenica mikroračunalnika



# Kaj je mikroračunalnik ?

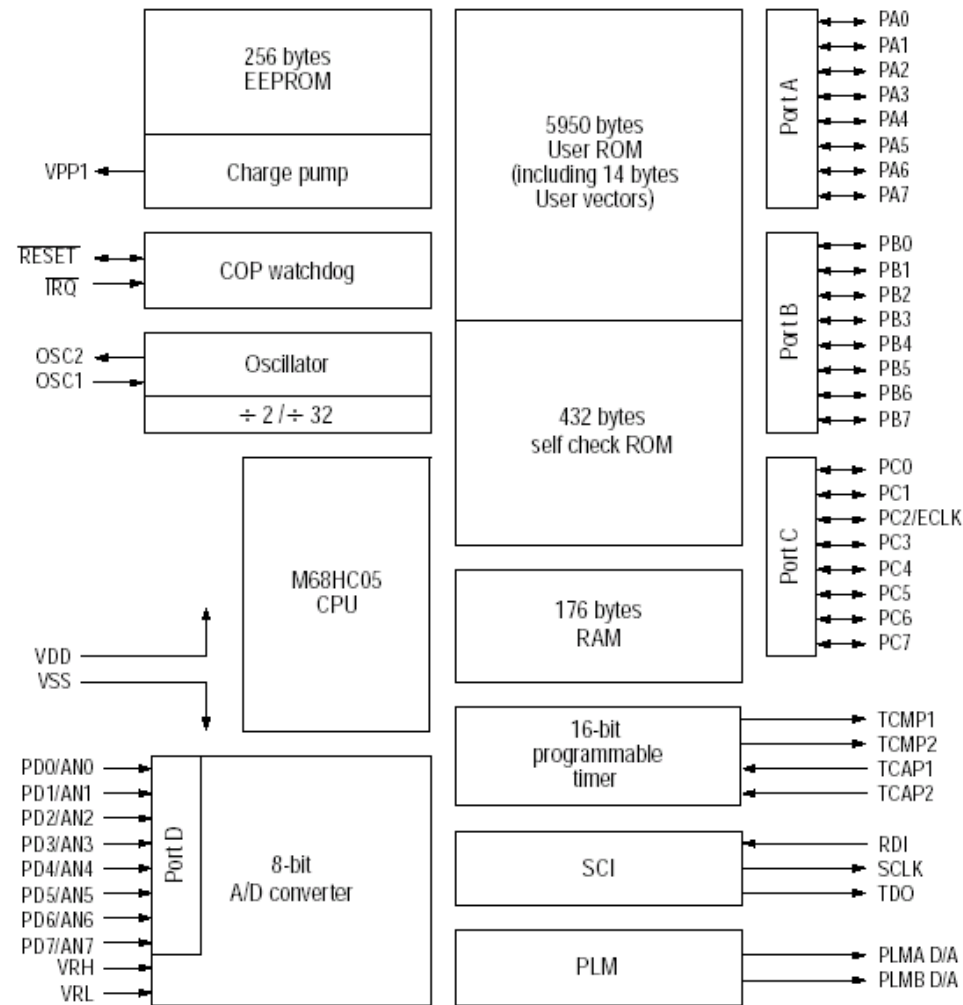
- Mikroračunalnik je računalnik zgrajen na osnovi mikroprocesorja. Sestavljajo ga:
  - **Mikroprocesor**, ki upravlja delovanje mikroračunalnika
  - **Programski pomnilnik** iz katerega mikroprocesor čita ukaze, jih interpretira in jih izvaja
  - **Podatkovni pomnilnik** kjer so shranjeni podatki, ki jih procesor obdeluje
  - **Periferni vmesniki** preko katerih mikroračunalnik vzpostavlja povezavo z okolico

# Model mikroračunalnika



# Kaj je mikrokrmilnik ?

- Mikrokrmilnik (mikrokontroler) je računalnik, ki ima vse komponente mikroračunalnika vgrajene v istem čipu
- Pred tem so mikroračunalnike sestavljale ločene komponente na skupnem tiskanem vezju (podobno kot matična plošča osebnega računalnika)



# Kaj je DSP?

- Digitalni signalni procesor – Digital Signal Procesor
- Procesor prirejen za obdelavo analognih veličin (signalov)
  - Analogne veličine se pretvorijo v digitalne, nato se obdelajo, zatem se ponovno pretvorijo v analogne
  - Obdelava zvoka in slike

# Uporaba in pomen mikroračunalnikov

- Mikroračunalniki so “ ... najbolj revolucionaren izdelek v zgodovini človeštva ...” – Moore
- Zamenjava za nekoč diskretne tehniške sisteme
- Uporabni na vseh področjih
  - Osebni računalniki
  - Avtomobilistka
  - Gospodinjstvo
  - Zabavna elektronika
  - Komerercialni in industrijski sistemi (CIM)

# Prednost mikroračunalniških sistemov pred diskretnimi

- Sestavljeni iz manj komponent, preprostejši in hitrejši razvoj, manjša možnost napake v razvoju, lažje testiranje, nižja cena
- Več različnih naprav lahko uporablja isto elektroniko,
- Zaradi univerzalnosti, hitrejše prilagajanje spremembam
- Preprostejše vzdrževanje zaradi manj elementov, univerzalnosti modulov, možnosti samotestiranja, standardiziranih postopkov



# Prvi mikroračunalnik

- 1968 Bob Noyce in Gordon Moor ustanovita Intel, da bi izdelovala pomnilniške čipe za velike računalnike pa tudi namenske čipe
- 1969 Japonski izdelovalec namiznih računskih strojev Busicom naroči izdelavo čipa za kalkulator
- Namesto namenskega čipa so se odločili izdelati univerzalno vezje



# Prvi mikroračunalnik

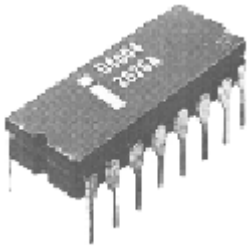


Vodji projekta Marcian “Ted” E. Hoff in  
Mashathoshi Shima



Stan razor – razvoj krmilne enote  
Federico Faggin – izdelava čipa

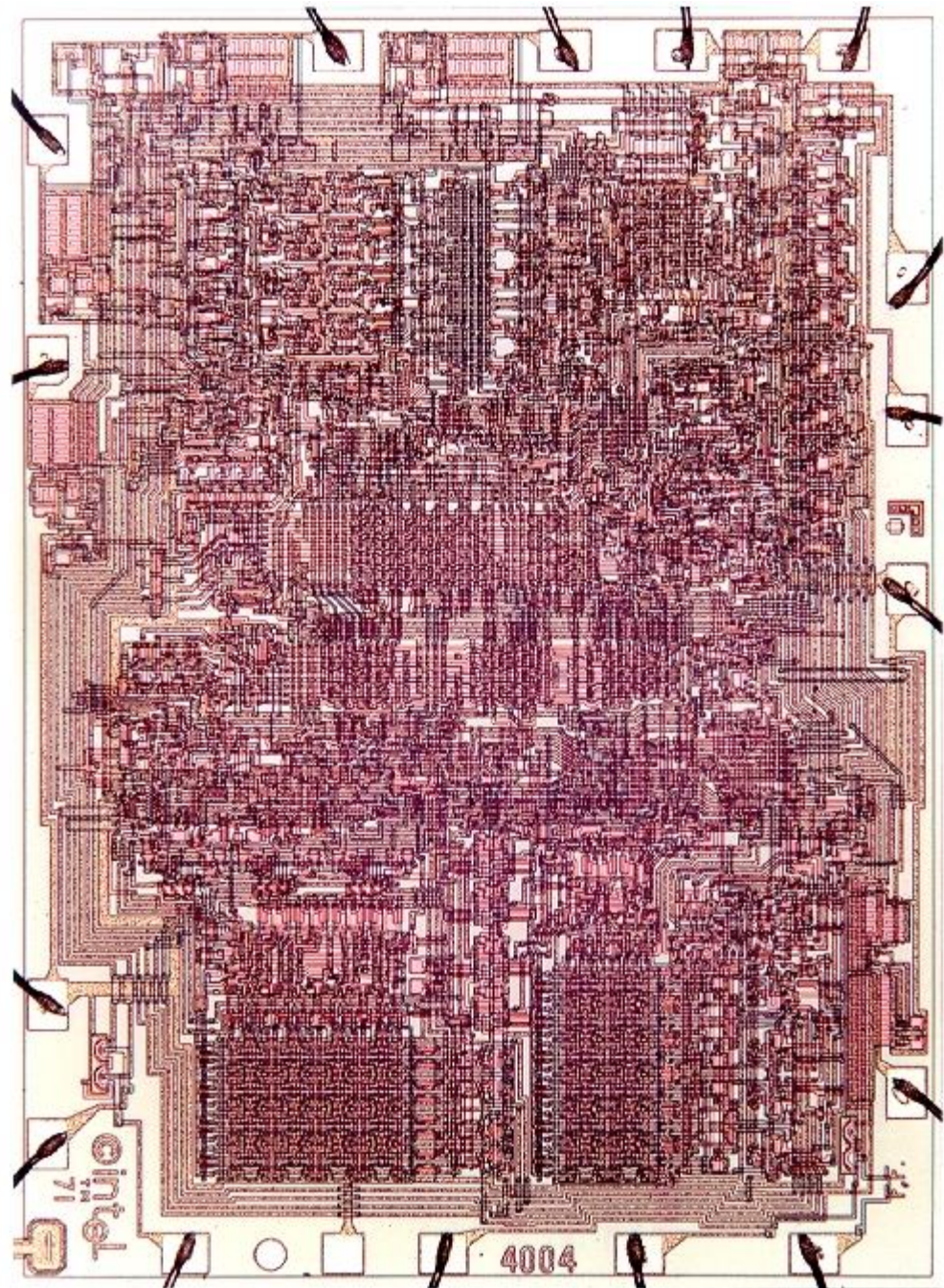
Prvi mikroračunalnik so sestavljali 4 čipi:  
4001 – programski pomnilnik (256 zlogov) in  
4 vhodno/izhodne linije  
4002 – podatkovni pomnilnik (20x4x4 bitov) in  
4 vhodno/izhodne linije  
4003 – vhodno izhodne vmesnik (10 bitni  
serijsko paralelni pretvornik)  
4004 – centralna procesna enota



Mikroprocesor 4004

2300 tranzistorjev

(P4: 55M)

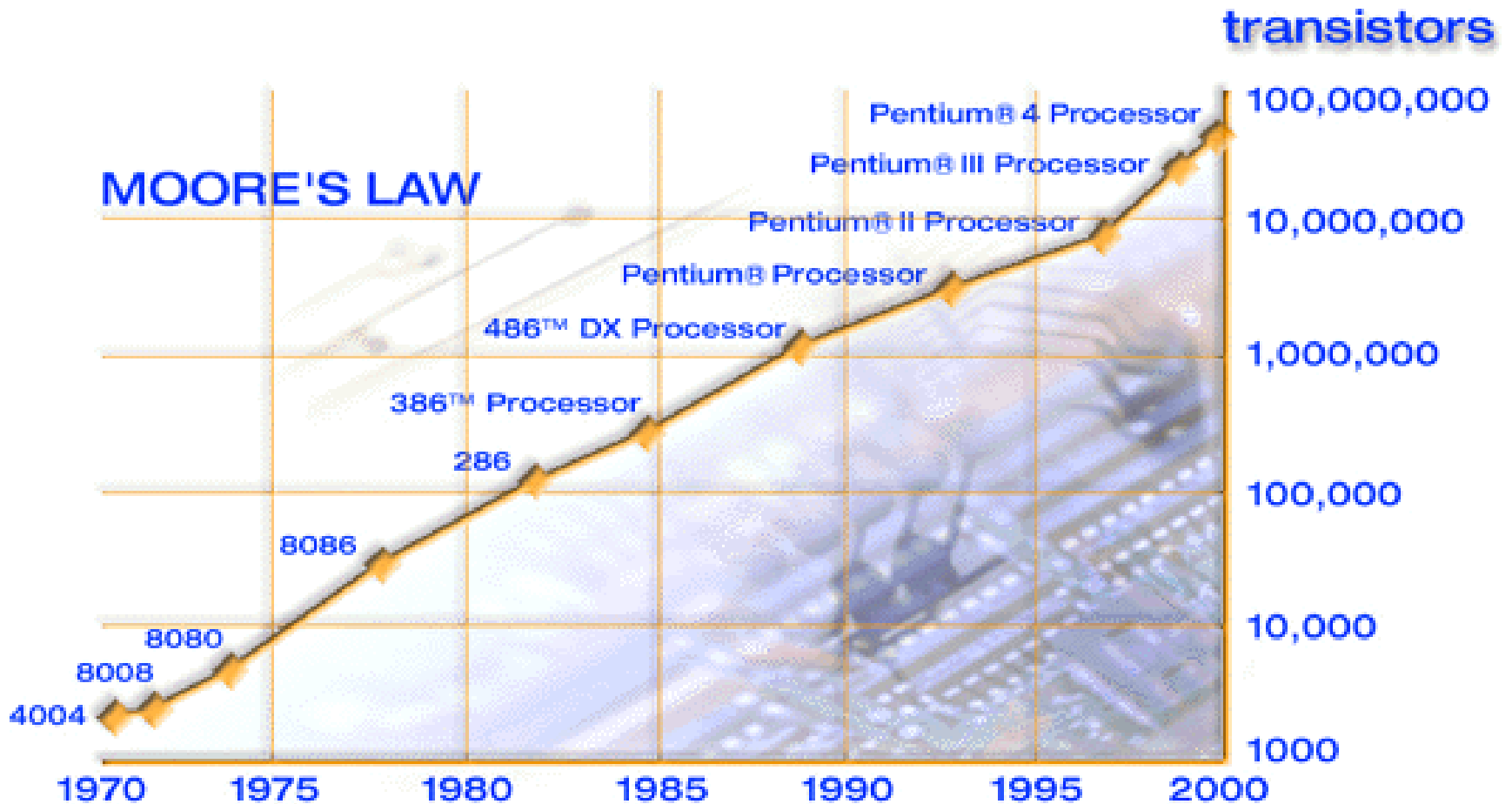


# Moorov zakon

Število tranzistorjev na enem čipu se podvoji vsakih 18 mesecev.

4004	1971	2,250
8008	1972	2,500
8080	1974	5,000
8086	1978	29,000
286	1982	120,000
386 processor	1985	275,000
486 DX processor	1989	1,180,000
Pentium processor	1993	3,100,000
Pentium II processor	1997	7,500,000
Pentium III processor	1999	24,000,000
Pentium 4 processor	2000	42,000,000

# Moorov zakon



# Delitev mikroprocesorjev

- **Delitev po dolžini besede**  
1,4,8,16,32,64 bitni
- Pomembna je tudi velikost naslovnega vodila – določa neposredno naslovljivo količino pomnilnika

# Delitev mikroprocesorjev

- **Delitev po kompleksnosti ukazov**  
CISC, RISC
- CISC (Complex Instruction Set Computers):
  - bogat nabor kompleksnejših ukazov
  - počasnejše dekodiranje in izvajanje ukazov
- RISC (Reduced Instruction Set Computers):
  - majhen nabor najpogostejših enostavnih ukazov
  - hitrejša dekodiranje in izvajanje

# Zakaj RISC? - statistične raziskave programov v strojnem jeziku

- 85% programskih konstruktov tvorijo preprosti izrazi, klici podprogramov in pogojni stavki.
- 80% izrazi tipa  $X = \text{vrednost}$ .
- 15% izrazov vsebuje na desni strani en operator, le 5% dva ali več operatorjev.



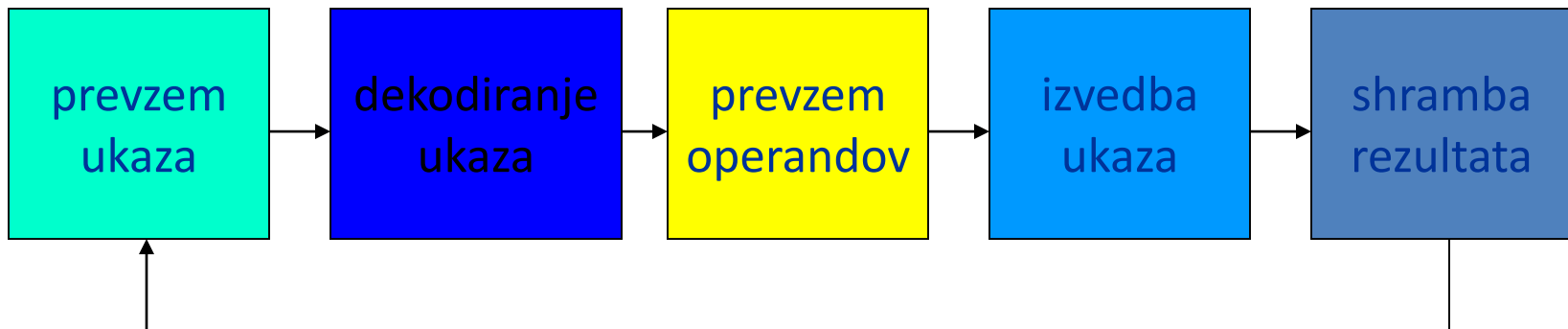
# Stanje na tržišču mikroprocesorjev

Prevladujoče tržišče za vgrajene sisteme:

- V letu 2003 je bilo izdelanih in prodanih 44 milijard mikroprocesorjev. Polovico prometa (denarja) gre na račun procesorjev za namizne in prenosne računalnike, čeprav je njihov kosovni delež samo 0,2% od vseh prodanih.
- Manj kot 10% vseh CPE je 32- ali več-bitnih. Tudi od 32-bitnih se jih samo 2% uporabi za osebne računalnike.
- Povprečna cena mikroprocesorja oz. mikrokrmilnika je 6\$.

# Delovanje mikroprocesorjev

- Prevzem ukaza
- Dekodiranje ukaza
- Priprava parametrov
- Izvedba ukaza
- Shranjevanje rezultata



# Pomnilnik v mikroračunalnikih

- Osnova pomnilnika je pomnilni element
  - sposoben za določen čas ohraniti neko stanje (informacijo)
  - (shrambe energije, magnetni mediji, polprevodniški elementi - trajno, dokler so pod napajanjem ali kratkotrajno)
- Ločimo med bralnimi (ROM) in bralno/pisalnimi pomnilniki (RAM)

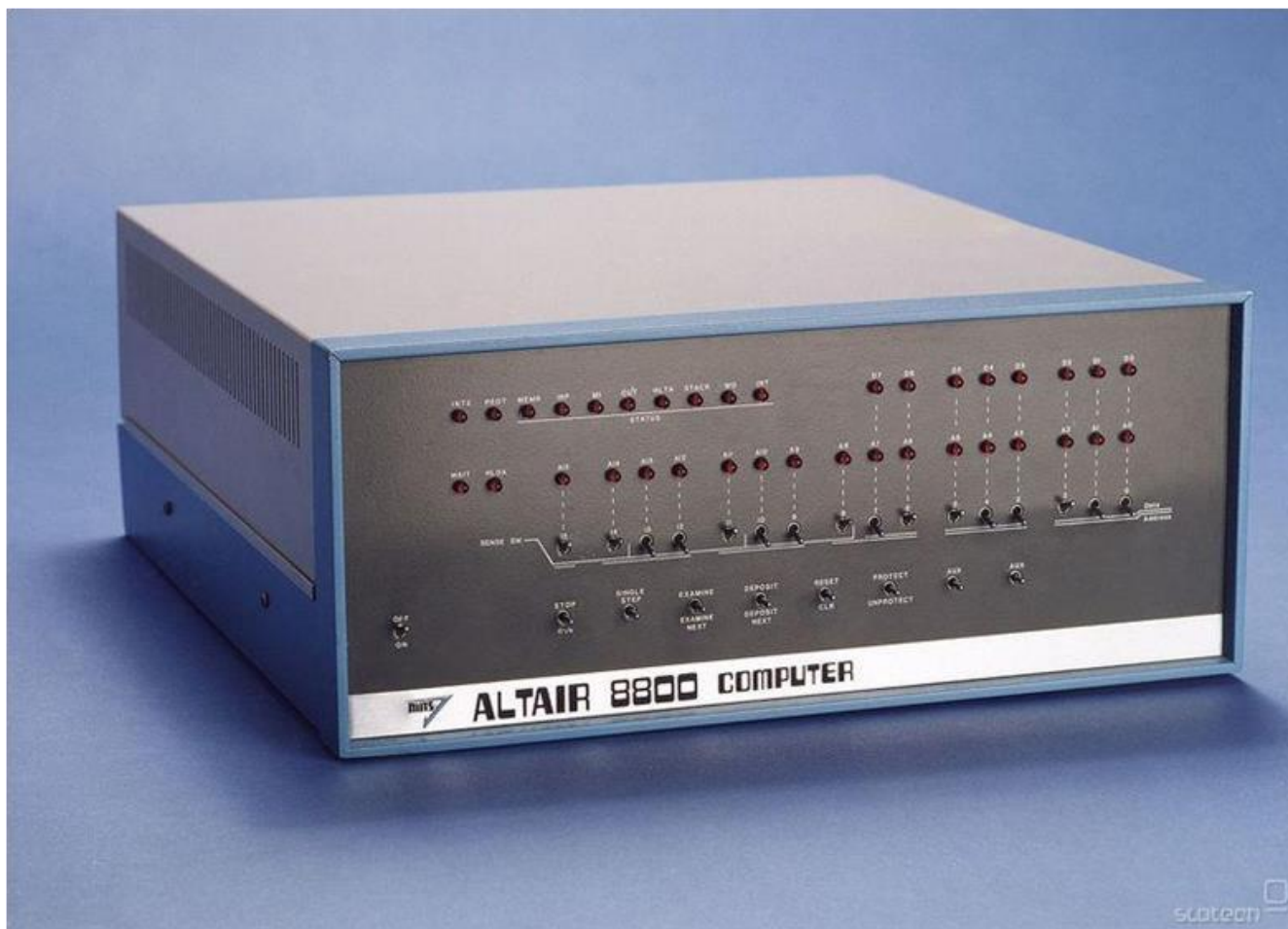
# Vrste pomnilnikov

- Bralni pomnilniki:
  - ROM – programira se med proizvodjo
  - PROM – enkrat ga lahko spogramiramo sami
  - EPROM – lahko ga zbrišemo z UV svetlobo
  - EEPROM (Flash) – lahko ga zbrišemo električno
- Bralno/pisalni pomnilniki:
  - statični: hitri, manjša gostota, dražji
  - dinamični: počasnejši, večja gostota, cenejši, potrebuje osveževanje

# Programiranje mikroračunalnikov - strojni jezik

- Edini jezik razumljiv računalniku je **strojni jezik**, ki ga sestavlja **zaporedje binarnih vrednosti**
- Vsako od teh binarnih vrednosti računalnik razume bodisi kot (točno določeni) **ukaz** bodisi kot **podatek**, ki ga bo uporabil pri izvedbi ukaza
- Programe napisane v drugih programskih jezikih moramo pred izvedbo preoblikovati (prevesti) v strojno obliko

- Prvi "osebni" računalnik Altair 8800



# Programiranje mikroračunalnikov - zbirni jezik

- Programiranje v strojni kodi je zamudno in podloženo napakam
- Zbirni jezik uporablja neposredna predstavitev strojnih kod ukazov v tekstovni obliki (z t.i. mnemoniki)
- Za prevajanje programa v zbirnem jeziku v strojno kodo skrbi zbirnik

# Zgled

```
STATUS EQU 3 ; definicija simboličnih konstant
PORTB EQU 6
TRISB EQU 6
RP0 EQU 5 ; bita za preklop bank
RP1 EQU 6

ORG 0h ; premik prevajanja na začetek pom.
START BSF STATUS,RP0 ; preklop na banko 1
      BCF STATUS,RP1

      MOVLW 0fh ; inicializacija vodila B (00001111)
      MOVWF TRISB ; priključki RB0-RB3 so vhodi,
                  ; priključki RB4-RB7 so izhodi
      BCF STATUS,RP0 ; preklop na banko 0
```

**TRISB = 0x0F;**



# Programiranje mikroračunalnikov - visokonivojski programski jeziki

- Podajajo **rešitve problema na bolj abstrakten način** in bližje človekovemu načinu razmišljanja
- Obstaja velika množica različnih programskih jezikov, ki so **specializirani za reševanje določenega tipa nalog**
- Programe napisane v visokonivojskih programskih jezikih **moramo pred izvajanjem preslikati v strojno kodo**

# Posebnosti programiranja mikroračunalniških sistemov

- Mikroračunalniški sistemi imajo pogosto omejene vire (pomnilnik, hitrost, zmogljivost, ...)
- Ne uporabljajo poenotenih vhodno/izhodnih naprav (kot npr. PC)
- Programi običajno niso namenjeni za neposredno interakcijo z uporabniki - vgrajeni so v druge sisteme
- Razvoj in prevajanje programov ne more potekati na samem mikroračunalniškem sistemu

# Izjeme in prekinitve

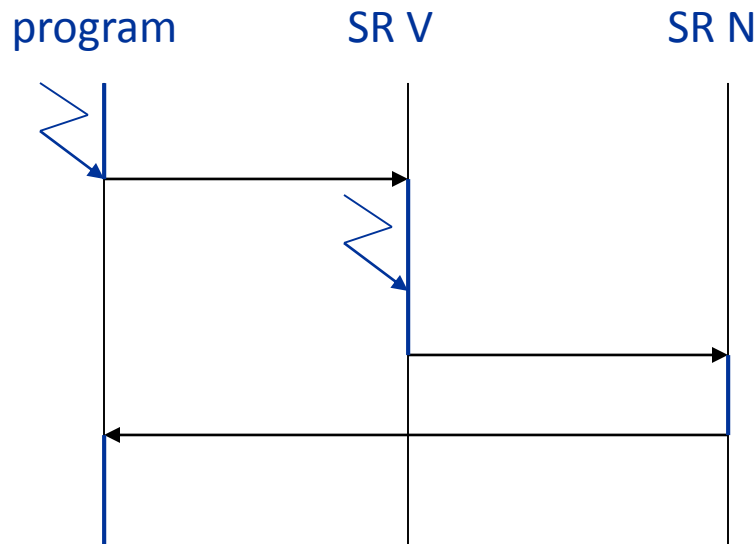
- Izjema je dogodek (signal, napaka ali ukaz), ki povzroči prekinitev normalnega toka izvajanja programa. Kot posledica izjeme se običajno izvede strežni program izjeme.
- Prekinitve so posebna vrsta izjem, ki jih prožijo periferne naprave, ko želijo odziv mikroprocesorja. Uporabljajo se za:
  - upravljanje in komunikacija z vhodno/izhodnih napravami
  - vodenje ure
  - multiprocesiranje

# Primeri izjem

- Reset
- Napaka na vodilu
- Nedovoljen ukaz
- Kršitev privilegijev
- Aritmetične izjeme (npr. deljenje z 0)
- Programske pasti
- Prekinitve

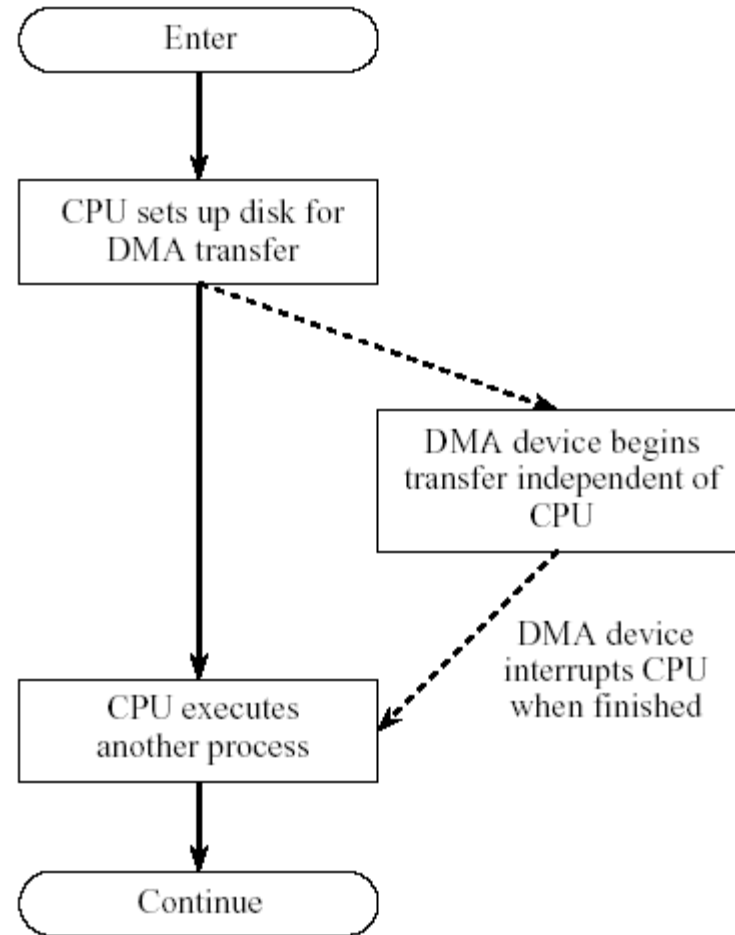
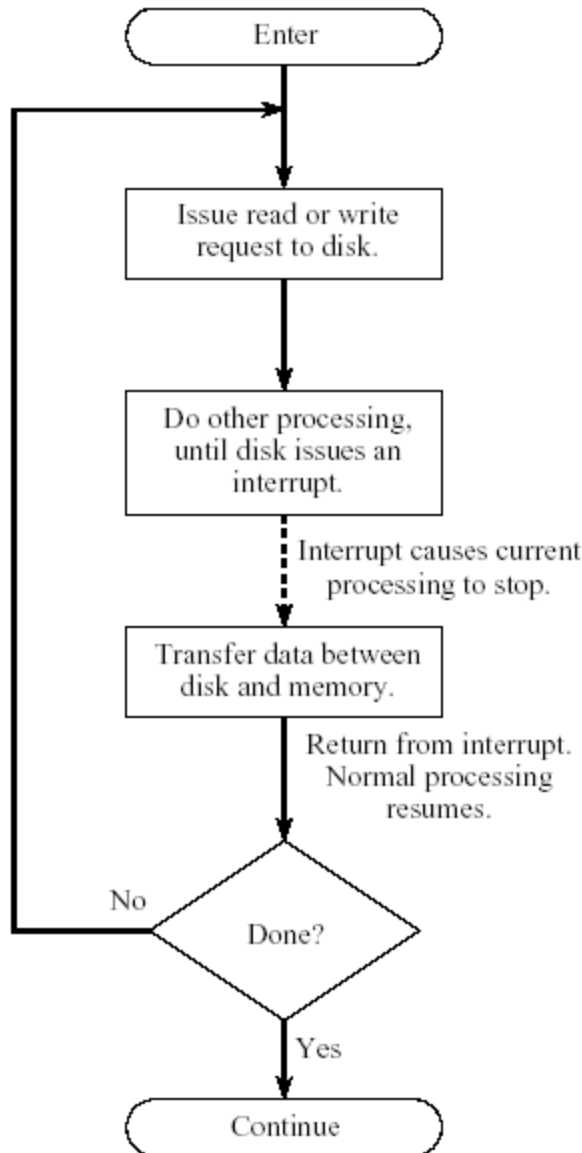
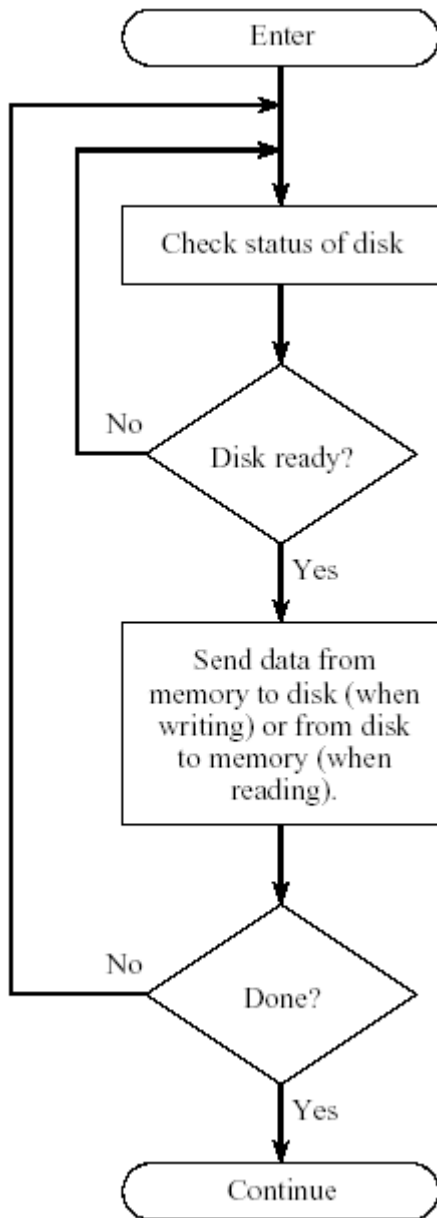
# Gnezdenje prekinitev in prioritete

- Med tem ko se streže ena prekinitev se lahko sproži nova (iz istega ali drugega vira).
- Da preprečimo probleme, lahko pomembnejša prekinitev zaduši (zadrži) manj pomembno.
- Prekinitve lahko zadušimo tudi programsko – kritična območja



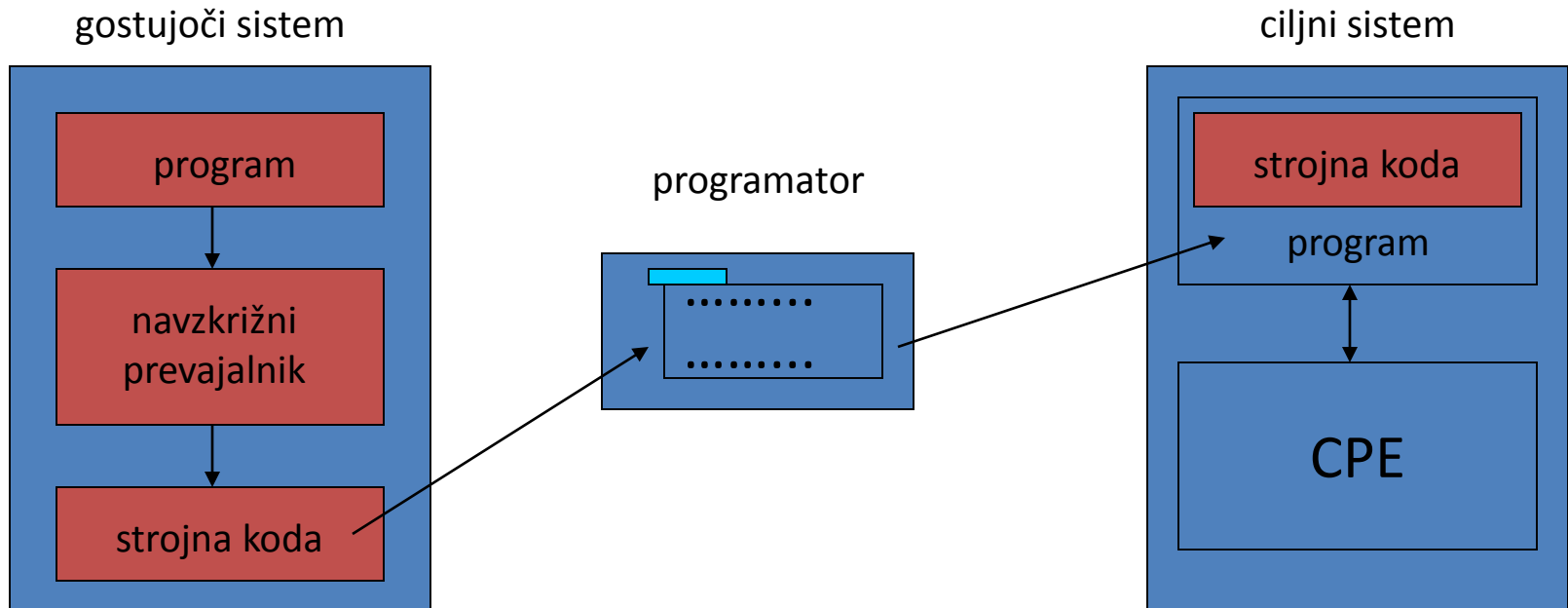
# Neposredni dostop do pomnilnika

- Univerzalni procesor “zna preveč”, zato ni učinkovit pri prenosu informacij iz perifernih vmesnikov v pomnilnik
- DMA (Direct Memory Access) zaobide procesor in podatke prenaša neposredno med perifernimi napravami in pomnilnikom – občasno postane gospodar na vodilu



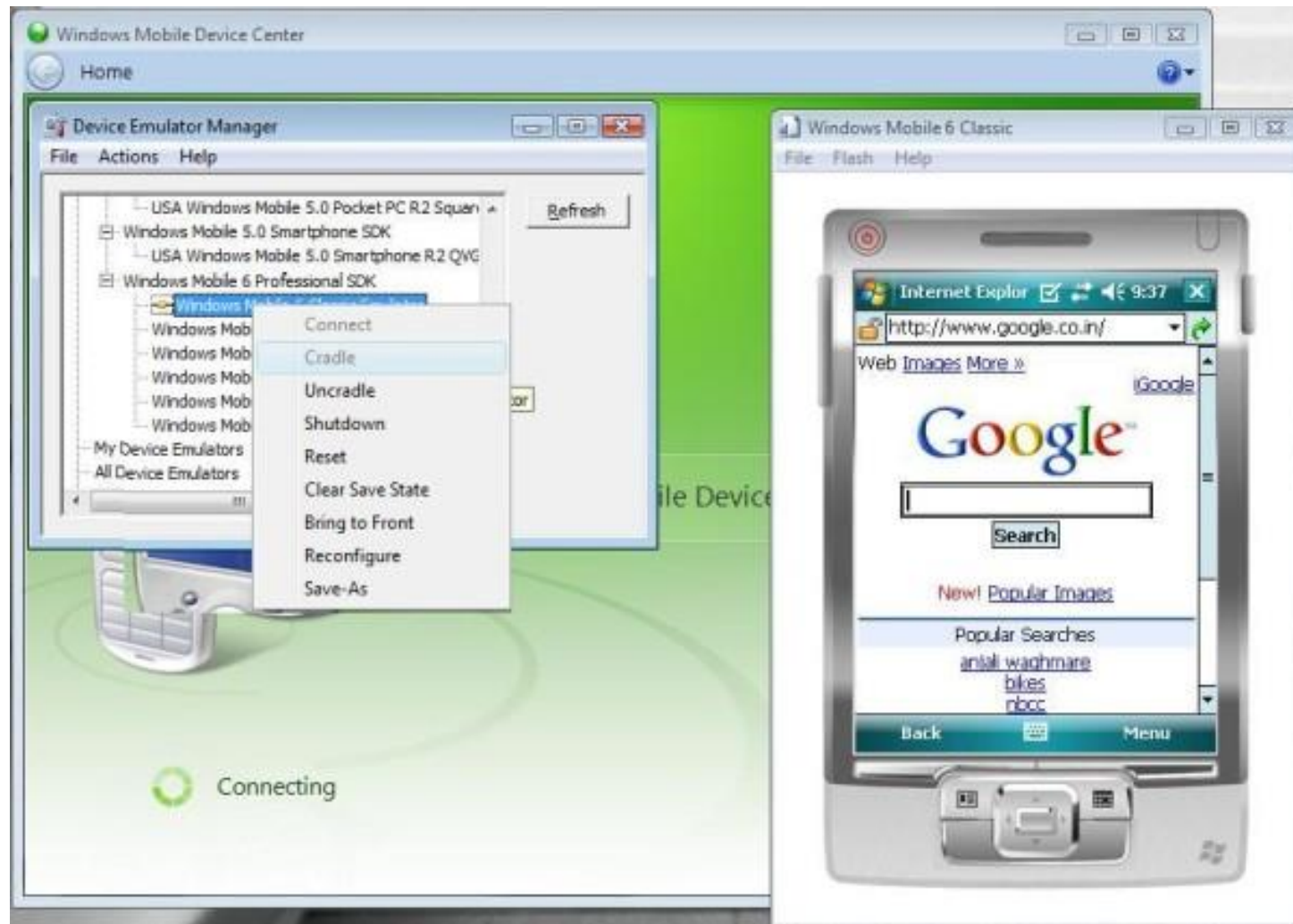
# Orodja in pripomočki za razvoj programov

- Zbirniki in prevajalniki
  - navzkrižni (cross) prevajalniki
  - integrirana razvojna orodja
- Programatorji





# Programska simulacija

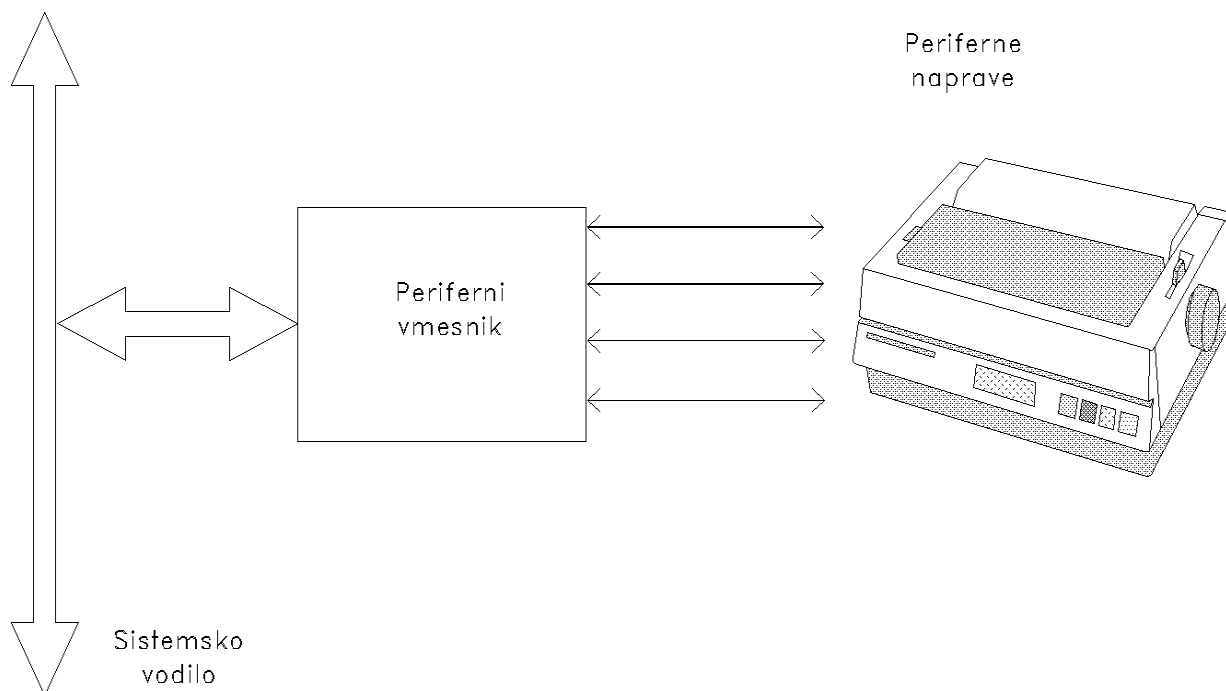


# Povezava mikroprocesorja z okolico - periferni vmesniki

- Vhodno/izhodne naprave:
  - Za interaktivno delo z uporabnikom:  
tipkovnica, prikazovalnik, diskovne enote, tiskalniki
  - Za vodenje procesov: senzorji in aktuatorji
- Mikroprocesor ne vidi resnične periferne naprave, temveč le njen periferni vmesnik

# Periferni (V/I) vmesnik

- Periferni vmesnik poskrbi za prilagoditev napetostnih nivojev, hitrosti delovanja, protokola, ...

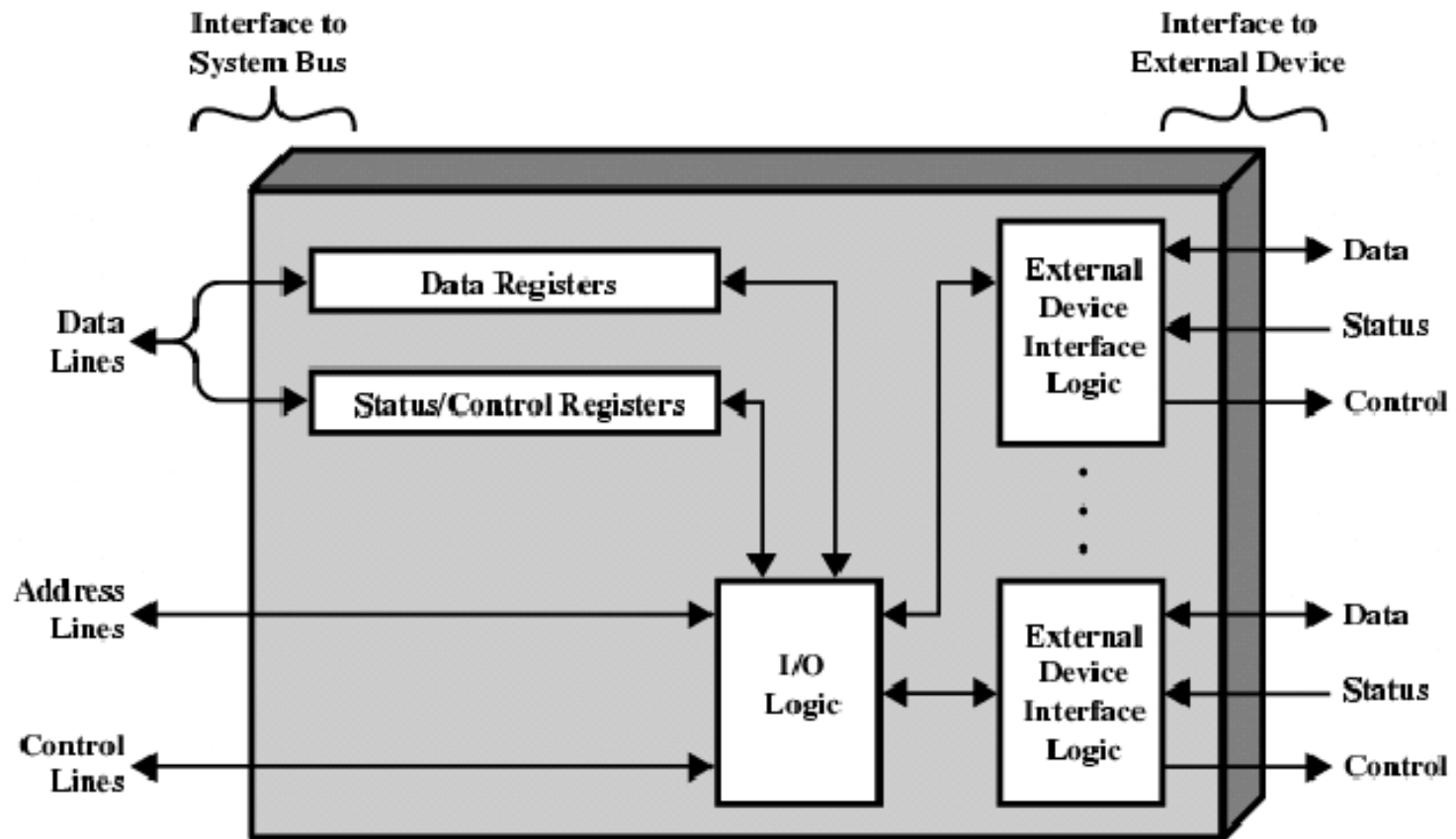


# Vrste V/I vmesnikov

- Univerzalni
  - paralelni
  - serijski vmesniki
  - analogno/digitalni in digitalno/analogni vmesniki
  - števcji in časovna vezja
- Namenski
  - krmilnik diskov in disketnikov,
  - krmilnik zaslonov, tipkovnic,
  - komunikacijski vmesniki za različne protokole, itd.
- Univerzalni vmesniki so praviloma preprostejši od namenskih

# Programiranje V/I vmesnikov

- Preko registrov - krmilni, statusni in podatkovni. Kar se vpiše v register, se pojavi kot napetost na izhodu in obratno: priključeni napetostni signali so v obliki bitov dostopni v podatkovnem registru
- Z vpisom v pomnilnik – tam kjer je potrebno večje pomnilniško področje – npr. grafičnih vmesnikih

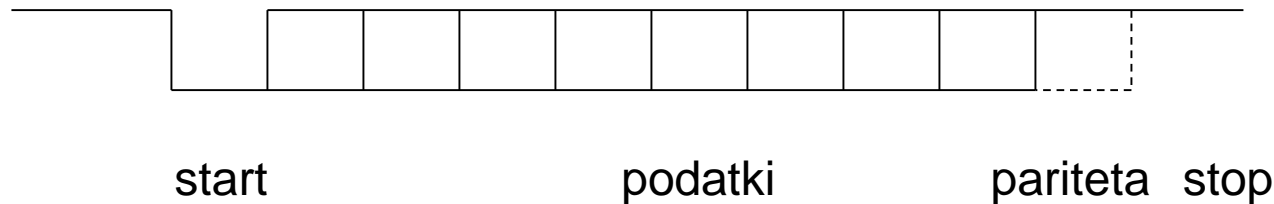


# Paralelni vmesniki

- Najpreprostejši vmesniki med mikroprocesorjem in periferijo.
- Vmesnik med logičnimi (programiranimi podatki) in fizičnimi signali – linijami
- Linije lahko obravnavamo posamezno (npr. stikala in signalne lučke) ali v skupini (npr. tiskalniški priključek)

# Serijski vmesniki

- Podatki se prenašajo "bit-po-bit" po eni povezavi ali po manšem številu povezav
- RS232 protokol: zastarel, v uporabi za preprostejšo in praviloma počasnejšo standardno periferijo, kot so tipkovnice, miške, modemi.



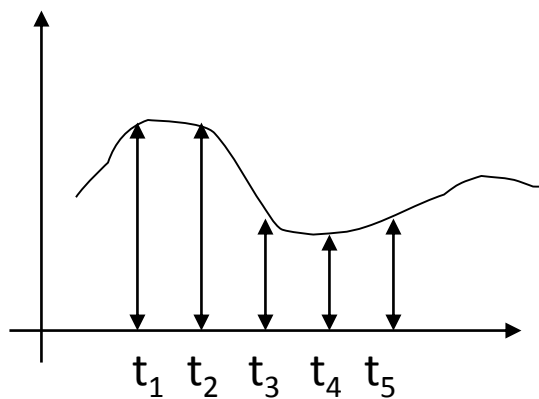
- Serijska vodila: (I2C, CAN, Interbus-S, USB, itd.) praviloma hitrejša, mnogo zmogljivejša in nudijo več možnosti kot RS232.



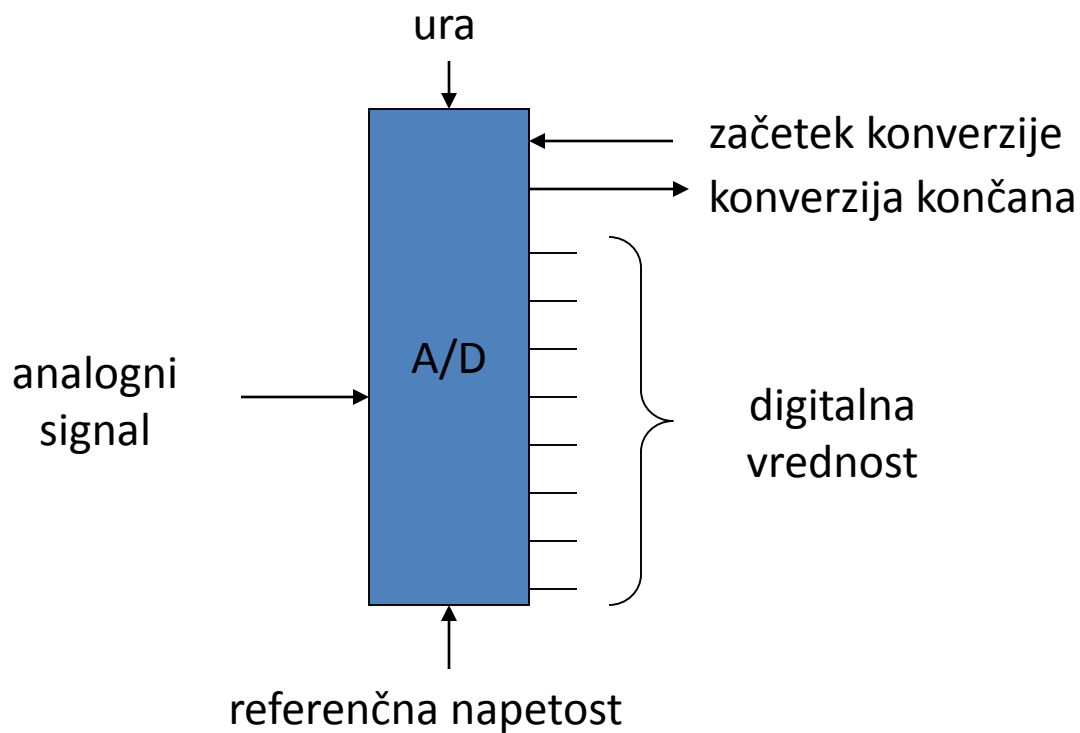
# A/D in D/A pretvorniki

- Pretvarjajo zvezne fizikalne veličine (najobičajnejše električno napetost) iz analogne oblike v digitalno in obratno
  - Merjenje temperature
  - Produciranje glasbe

# Analogno/digitalni pretvorniki



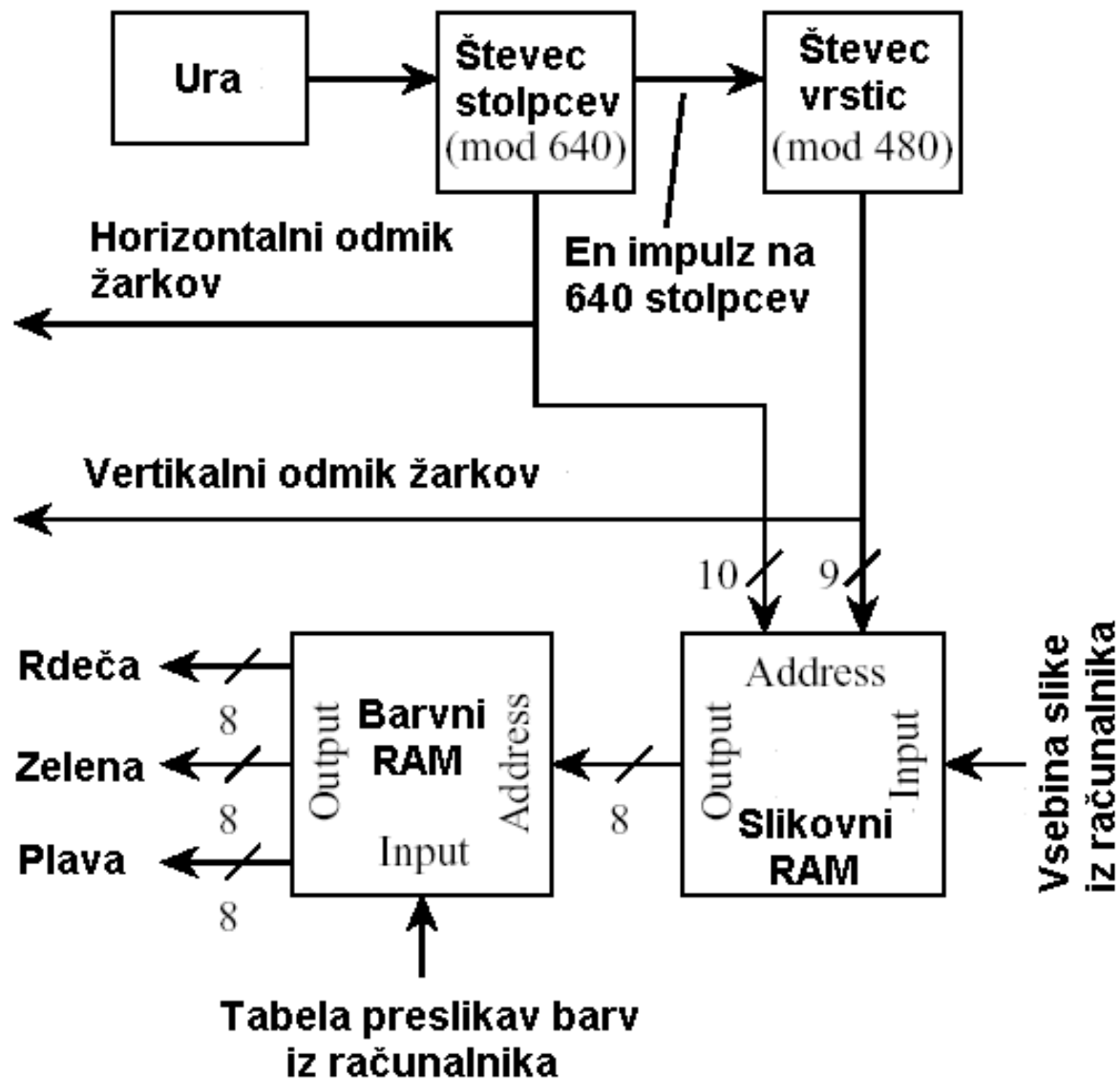
$t_1$	200
$t_2$	200
$t_3$	110
$t_4$	100
$t_5$	115



# Slikovni krmilniki

- Skrbijo za tekstovni ali grafični prikaz informacij na zaslonu
- V pomnilniku hranijo sliko zaslona – mikroprocesor "riše" po tem pomnilniku in s tem dejansko vpliva na prikaz
- Slikovni krmilniki imajo lahko tudi lasten procesor, ki je sposoben samostojno izvesti nekatere grafične primitive (risanje črt, ploskev, ...) – grafični pospeševalniki – niso značilni za vgrajene sisteme

# Slikovni krmilnik



# Grafični pospeševalniki

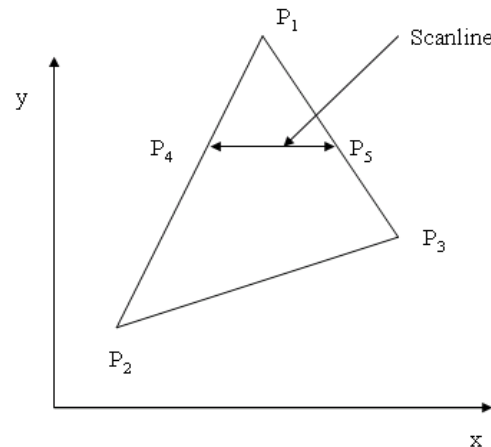
- Grafični pospeševalnik je slikovni krmilnik z lastnim procesorjem, ki je namenjen povečanju zmogljivosti sistema.
- Procesor je specializiran predvsem za pospeševanje grafičnih transformacij. Običajno uporablja večjo velikost besede (64 in 128 bit)
- Imajo svoj pomnilnik, ki omogoča hkraten dostop do podatkov s strani CPE in grafične kartice
- S CPE je povezan z vodilom (PCI, AGP, PCIExpress)

# Osnovne operacije 2D

- Risanje točk, črt, lomljenih linij, krožnih izsekov in krožnic, krivulj
- Risanje polnjenih likov: pravokotnik, krog (elipsa), poligon
- Manipulacija s poljem točk: bitblt – kopiranje pravokotnega polja točk iz osnovnega pomnilnika na slikovni pomnilnik in obratno  
=> animacija z dvojnimi vmesniki: en vmesnik se prikazuje, drugi se osvežuje, nato se zamenjata

# Osnovne operacije 3D

- 3D obdelava se običajno prevede na prikaz velikega števila majhnih poligonov (trikotnikov)

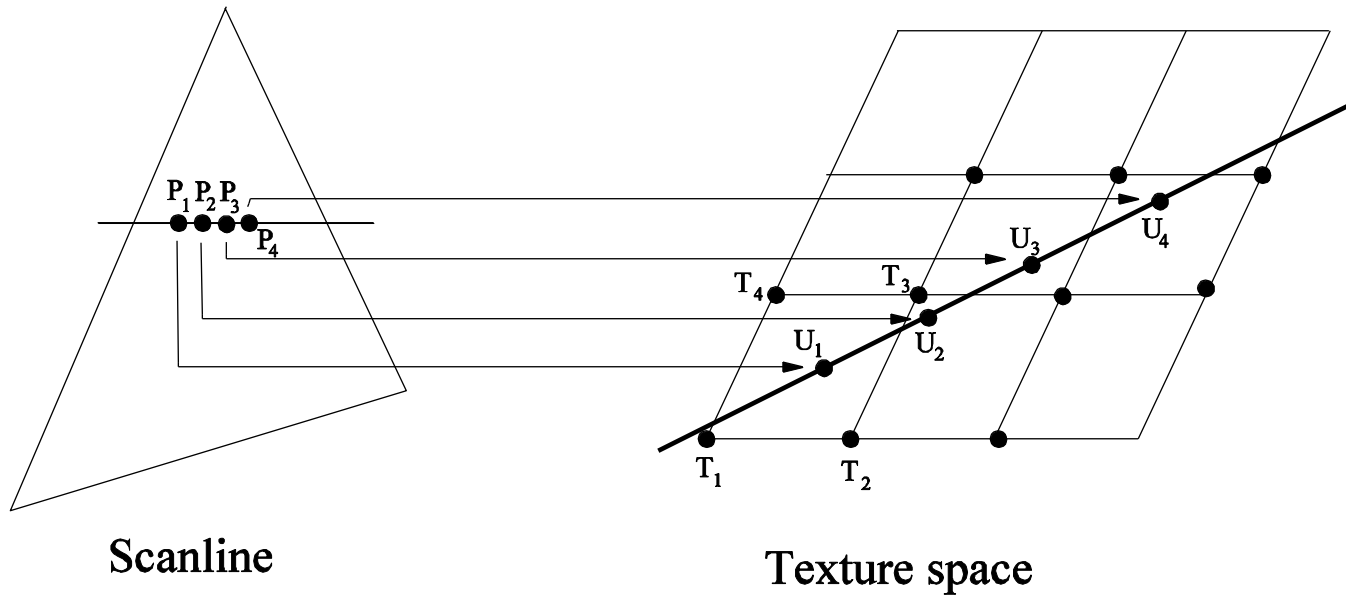


- Vsaka točka v 3D prostoru ima poleg koordinat in barve določeno še druge attribute: material, teksturo, prosojnost, ... (vozlišče – vertex)

# Osnovne operacije 3D

- Teksture: preslikava 2D (3D) objektov na površine v prostoru
- Drugi atributi prostora: izvori svetlobe, difuzijska svetloba kadra, ...
- Senčenje: izračun končne barve točke na zaslonu z upoštevanjem vseh objektov v prostoru, izvorov svetlobe, odbojev, ...
- Dodatni efekti: megla, voda, ...





**Primer rasterizacije preko teksture**







# Zvočni krmilniki

- So sposobni obdelovati zvočne signale
- Običajno delujejo kot DSP (Digital signal processor): zvok pretvorijo v digitalno obliko, ga obdelajo in ga ponovno pretvorijo v analogni signal
- Zvok se lahko generira tudi iz digitalnih medijev (CD, zvočni zapisi WAV, MP3, ...) ali pa se generira sintetično (sintetizatorji zvoka)
- Sodobni zvočni krmilniki lahko obdelujejo več deset zvočnih kanalov naenkrat

# Zvočni krmilniki

