

Digitalni sustavi

Auditorne vježbe

Osnove oblikovanja računalom

Edgar Pek

Zavod za elektroniku, mikroelektroniku, računalne i inteligentne sustave
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Sveučilište u Zagrebu

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 1/27

Organizacija vježbi I

- Auditorne i laboratorijske vježbe
 - Auditorne - upoznavanje s praktičnim i teoretskim postavkama, nužno za razumijevanje praktičnog dijela (laboratorijskih vježbi)
 - (2-3) × 2 sata auditornih - ovisno o mojem umijeću prijenosa znanja i vašem predznanju
 - Ostalo - laboratorijske vježbe
- Lagano podešavanje vašim interesima (ako za to bude potrebe :-))
- Slajdovi - bogati tekstem - trebali bi (djelomično) koristiti i prilikom učenja

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 2/27

Organizacija vježbi II

- Slijedeći termin: 30.03. nema auditornih (konferencija u Berlinu)
- Odrada srijeda 05.04. 16-18 ili nastavljamo klasično 06.04. pa onda jedan tjedan dulje?
- Laboratorijske vježbe
 - Srijeda 16-18 u D307 (prema rasporedu)
 - Prve laboratorijske vježbe biti će najavljene na auditornim

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 3/27

Pregled

- Što je mikroprocesor?
- Primjene mikroprocesora
 - Primjer: automobil
- Kratka povijest mikroprocesora
- Performanse mikroprocesora
- Prvi mikroprocesor: Intel 4004
- Usporedba: Intel Itanium (30 godišnji razvoj)
- Tehnološki napredak
- Revolucija mikroprocesora
- Nedostaci mikroprocesora

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 4/27

Pregled II

- Srodni pojmovi - mikrokontroler, DSP, ...
- Porodice mikroprocesora
- Oblikovanje MC68000
- Zaključak

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 5/27

Što je mikroprocesor?

- Intuitivno: mikroprocesor (μP) je "mozak" računala koji je izveden na jednom poluvodičkom čipu
- Preciznije: μP je osnovna procesna jedinica (engl. Central processing unit, CPU) za računalo koje se može programirati
- CPU se može zamisliti kao "mozak" računala stoga što "razumije" i "izvršava" nizove binarnih naredbi u prevedenom računalnom programu
- Ostali dijelovi računala se u usporedbi s CPU mogu smatrati relativno "glupim" jer zahtijevaju detaljni nadzor centralne procesne jedinice kako bi mogli funkcionirati unutar računalnog sustava

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 6/27

Primjene mikroprocesora

- Mikroprocesori se nalaze u gotovo svim tehničkim uređajima:
 - Računalima opće namjene: poslužitelji (engl. serveri), osobna računala (PC) - stolna računala, prijenosna računala
 - Računalima posebne namjene: kalkulatori, ručna računala (engl. handheld computers) - PDA, mp3 playeri, iPod
 - Ugrađenim računalima koja upravljaju automobilima, kućanskim uređajima, instrumentacijom, komunikacijskim sustavima, mobitelima, tvornicama, elektranama, semaforima...

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 7/27

Primjer primjene - automobil

- Ugrađeni mikroprocesori u automobilu nalaze se u
 - Sustavu za pokretanje
 - Sustavu za sagorijevanje goriva i kontrolu ispušnih plinova
 - Sustavu za kočenje (ABS, itd.)
 - Upravljačkoj ploči
 - Radio, CD player, ... ("entertainment system")
 - Sustav za navigaciju
- BMW 7-serija i Mercedes S-klase cca. 100 mikroprocesora
- Volvo cca. 50 mikroprocesora
- Prvi automobil s mikroprocesorom: Cadillac Seville 78'

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 8/27

Kratka povijest mikroprocesora I

- Mikroprocesori se se razvili zahvaljujući napretku u tehnologiji integriranih sklopova (engl. integrated circuit)
 - Nekoliko tisuća tranzistora bilo je moguće integrirati na jedan poluvodički čip
- Razvoj je započeo u kasnim 70im - tehnologija razvoja mikroprocesora mnogo je više "dobivala" razvojem integrirane tehnologije od velikih računala (engl. mainframe) i miniračunala (engl. minicomputers)
- U "ranim" godinama performanse mikroprocesora rastle su za oko 35% godišnje

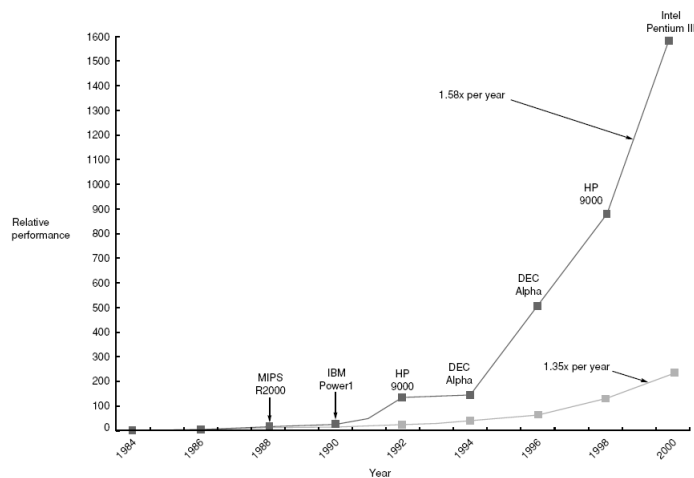
© ZEMRIS, FER 2006 – p. 9/27

Kratka povijest mikroprocesora II

- Pojava novih arhitektura računala
 - RISC (engl. Reduced Instruction Set Computer) arhitektura - razvija se u 80-im godinama
 - RISC bazirana računala - pažnja dizajnera usmjerena na dvije kritične tehnike vezane za performanse
 - Paralelizam na razini instrukcija
 - Korištenje priručne memorije (engl. cache)
- Napredak u broju tranzistora na integriranoj pločici u kombinaciji s napretkom u arhitekturi i organizaciji rezultirao je 20 godišnjim održivim rastom u stopi od 50% godišnje

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 10/27

Porast performansi procesora



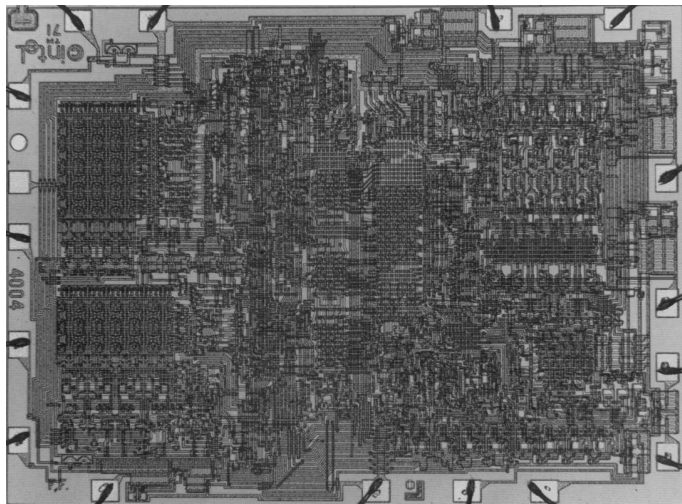
© ZEMRIS, FER 2006 – p. 11/27

Intel 4004

- Prvi mikroprocesor - proizveden je 1971. godine
- Inicijalno razvijan za proizvod koji je obavljao funkciju stolnog kalkulatora
- Sadržavao je 2300 tranzistora
- Procesor je na silicijskoj pločici zauzimao 12 mm^2
- Izveden je u $10 \mu\text{m}$ PMOS poluvodičkoj tehnologiji
- Podatkovna sabirnica bila je širine 4 bita
- Bilo je moguće adresirati 640 bajtova
- Takt procesora 108 kHz
- Procesor je mogao obaviti oko 60000 operacija u sekundi

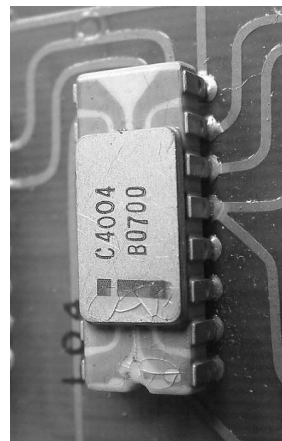
© ZEMRIS, FER 2006 – p. 12/27

Intel 4004 - silicijska pločica



© ZEMRIS, FER 2006 – p. 13/27

Intel 4004 - čip i primjena



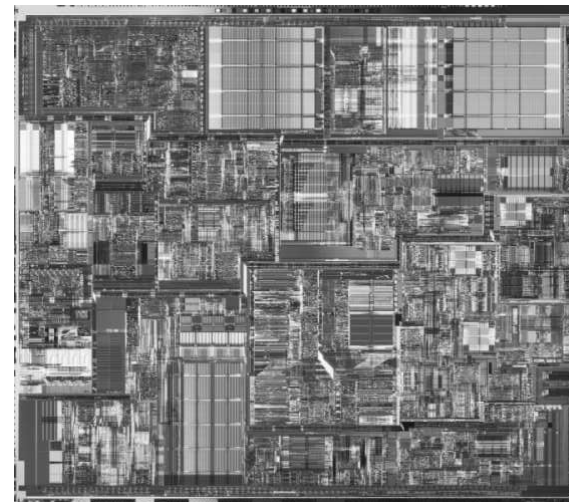
© ZEMRIS, FER 2006 – p. 14/27

Intel Itanium

- Intel Itanium - Intelov prvi istinski 64-bitni mikroprocesor koji je u masovnu proizvodnju ušao 2001. godine
- Korišten je u naprednim ("high-end") poslužiteljima i radnim stanicama
- Sadržava 25.4 miliona tranzistora
- Površina na čipu prelazi 300 mm^2
- Izveden je u 180nm CMOS poluvodičkoj tehnologiji
- 64-bitna podatkovna sabirnica; 64-bitna adresna sabirnica; 64-bitni registri
- Memorijski prostor od preko 18 terabajta ($2^{64} = 18.45 \times 10^{18}$)
- Takt procesora 800MHz
- Performanse (u najboljem slučaju) od oko 3.2 biliona instrukcija u sekundi

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 15/27

Pentium 4 - silicijska pločica



© ZEMRIS, FER 2006 – p. 16/27

Tehnološki napredak

- Intel 4004 (1971.)- 108 kHz prema Intel Pentium 4 (2001.) (danas "slabih" 1.5GHz)
- "... If automobile speed had increased similiarly over the same period, you could now drive from San Francisco to New York in about 13 seconds. . . "
- Danas: 90nm tehnologija - broj tranzistora cca. 600 miliona
- U budućnosti: 65nm tehnologija, Mooreov zakon se nastavlja

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 17/27

Revolucija mikroprocesora

- Pojava mikroprocesora predstavlja revoluciju u oblikovanju digitalnih sustava počevši od 70-ih godina prošlog stoljeća, nastavljajući sve do danas
- Osnovne prednosti mikroprocesora:
 - **Mogućnost programiranja.** Kompleksna funkcionalnost se relativno jednostavno može ostvariti pomoću programske podrške.
 - **Performanse.** Napredak u tehnologiji integriranih sklopova omogućuje brže i "moćnije" mikroprocesore.
 - **Isplativost.** Mikroprocesori, su po prirodi višenamjenski, pa se proizvode u velikim količinama što minimizira njihovu cijenu.
 - **Pouzdanost.** Integrirani sklopovi su visoko-pouzdana uređaji, proizvedni u strogo kontroliranim uvjetima.
 - **Kompaktnost.** Sve veća i veća funkcionalnost može se zapakirati na jedan mikroprocesorski/mikroupravljački čip.

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 18/27

Nedostaci mikroprocesora

- Učenje potrebno za oblikovanje korištenjem mikroprocesora može zahtjevati veliku količinu uložene vremena i truda (engl. steep learning curve)
- Razlozi:
 - Mikroprocesori imaju mnoštvo kompleksnih svojstava. Specifikacija mikroprocesora opisana je u dokumentacijama netrivijalne veličine - fleksibilnost (višenamjenska priroda) ima svoju cijenu.
 - Mikroprocesori ne "oprašaju" greške prilikom programiranja. Izvršiti će točno ono što je isprogramirano, nemaju "zdrav razum" niti "intuiciju" u vezi toga što je programer namjeravao ostvariti.
 - Alati koji omogućuju ispravljanje pograškaka (engl. debugging tools) obično su vrlo primitivni. (Posebno u odnosu na programe koji postoje za jezike više razine.)

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 19/27

Mikroprocesor - srodni pojmovi

- *Mikroračunalo (računalo)* - računalni sustav sagrađen na temelju mikroprocesorskog čipa.
- *Mikrokontroler* - integrirani sklop koji osim mikroprocesora, sadrži i dodatno sklopovlje kao što su brojači vremena (engl. timers), memoriju, ulazno-izlazno pristupno sklopovlje (A/D pretvarač), itd.
- *Procesor za obradu signala* (engl. digital signal processor, DSP) - specijalizirani mikroprocesor koji ima dodatna svojstva (npr. instrukcije, registre posebne namjene, interne puteve signala, aritmetičko sklopovlje) koje omogućuje posebnu efikasnost prilikom izvođenja onih vrsta numeričko intenzivnih izračunavanja koje susrećemo u digitalnoj obradi signala (kodiranje slike i zvuka, prijenos govora, ...).

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 20/27

Porodice mikroprocesora I

- Proizvođači nastoje izdati mikroprocesore u porodicama povećavajući kompleksnost i performanse
- Poznatije porodice mikroprocesora:
- Intel
 - **4004** (1971), 8008(1972), 8080(1974)
 - **x86 porodica:** 8086 (1978), 8088('79), 80186('82), 80286('82), 80386('85) , 80486('89), Pentium ('93), Pentium II ('97), Pentium III ('99), Pentium 4 (2000), Xeon (2001), . . .
 - **IA-64 porodica:** Itanium (2000), Itanium 2 (2002)

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 21/27

Porodice mikroprocesora II

- Motorola
 - **porodica 6800:** 6800 (1974), 6809 ('79), 68HC11 ('84)
 - **porodica M68000:** 68000 (1979), 68010 ('82), 68020 ('84), 68030 ('87), 68040 ('89), 68332 ('89)
 - **PowerPC porodica (dio AIM):** Power PC G3 (1994), Power PC G4 (1999)
- Porodice mikroprocesora olakšavaju prijenos programske podrške od starijih mikroprocesora prema novijim. "Kompatibilnost prema gore" (engl. upward compatibility) je važna strategija za zadržavanje kupaca.

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 22/27

Oblikovanje MC68000 I

- Glavni projektanti procesora: Edward Stritter i Tom Gunter
- Motivacija za izradu MC68000 (prema projektantima)
 - Potražnja za proizvodima koji omogućavaju rad mnogih sofisticiranih proizvoda. Tržišna vrijednost procesora u 80-im bila je oko 500 mil. dolara. Revolucija mikroprocesora - u najvećoj mjeri vezana za nova područja primjene.
 - Visoki troškovi razvoja programske podrške. Programi su koštali oko 10-20 dolara po liniji "debugiranog" koda. Motorola je (za ono vrijeme) omogućila podršku za jezike više razine, disciplinu prilikom programiranja, debugiranje i samo-testiranje.
- Oblikovanje i proizvodnja novog mikroprocesora - u 80-ima troškovi izražavani u desecima mil. dolara

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 23/27

Oblikovanje MC68000 II

- Implementacija - u skladu sa motivacijom i zahtjevima
- Čip je implementiran u HMOS tehnologiji (HMOS - high density, short channel MOS)
- Prve verzije MC6800 - sastojale su se (slučajno?) od oko 68000 tranzistora na čipu
- Arhitektura MC68000 - tzv. arhitektura opće namjene (engl. general purpose architecture)
- Pretpostavka: primjena u velikim, memorijski intenzivnim aplikacijama → mogućnost adresiranja 16M prostora
- Višezadačnost - posebni načini rada (korisnički i nadgledni)

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 24/27

Oblikovanje MC68000 III

- Kriza programske podrške - poticaj za kreiranje procesora koji će se relativno jednostavno programirati i imati podršku za debugiranje (na razini procesora)
- Karakteristike sklopovske i programske podrške - visoki stupanj *konzistentnosti*
 - Svi podatkovni i adresni registri funkcioniraju na jednak način
 - Svi podatkovni i adresni registri mogu služiti kao indeksni registri
 - Većina instrukcija može raditi na bajtovima, riječima i dugim rječima
- Broj mnemonika sveden je na minimum
 - Grupiranje slične funkcionalnosti istim mnemonikom - višenamjenska instrukcija *MOVE* (prijenos podataka "from anywhere to anywhere")
- ...

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 25/27

Zaključak I

- Mikroprocesori u zadnjih tridestak godina doživjeli vrlo velik napredak
- Kvantitativno: za tridest godina broj tranzistora na čipu mikroprocesora narastao cca. 10000 puta
- Nove arhitekture računala, nova područja primjene, sve veće tržište mikroprocesora, ...
- Razvijeni programski jezici visoke razine (nema potrebe za poznavanje programiranja mikroručunala na niskoj razini)

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 26/27

Zaključak II

- Ipak:
 - Programiranje na razini assemblera pomaže u razumijevanju funkcioniranja računala
 - Ponekad je jedino moguće programirati na toj razini (ugrađeni računalni sustavi, upravljanje sklopovljem, mikrokontroleri)
 - Potpuna kontrola nad izvođenjem programa (greška je u svakom slučaju na strani programera)

© ZEMRIS, FER 2006 – p. 27/27