

Nevenka Spalević

MIKRORAČUNARSKI SISTEMI

Čas obrade novog gradiva u trećem razredu gimnazije

Pod mikroračunarskim sistemom podrazumevamo računarski sistem zasnovan na mikroprocesoru. Naziv mikroprocesor koristi se za centralni procesor izveden u visokointegrisanoj tehnologiji, ali i za mnoge kontrolere. Tako se, na primer, centralni procesori iz familija Intel (8080A–80486), Motorola (MC68000–68040), aritmetički koprocesori, mnogi disk i CRT kontroleri (npr. Motorola 6845 CRT kontroler) definišu kao mikroprocesori. Ono što je zajedničko za sve ove uređaje je da se mogu programirati, imaju internu memoriju i/ili registar statusa, sposobni su da adresiraju, čitaju ili menjaju sadržaj memorijskih registara i urađeni su u visokointegrisanoj tehnologiji. Mi ćemo pod mikroprocesorom nadalje podrazumevati samo centralni procesor računara izrađen u visokointegrisanoj tehnologiji.

Razlike između klasičnih centralnih procesora izvedenih na ploči i mikroprocesora izvedenog u čipu ogledaju se u veličini, ceni i brzini izvršavanja instrukcija. Klasični centralni procesori zauzimali su veći prostor i bili znatno skuplji, ali su obično imali i veću brzinu izvršavanja instrukcija koje su hardverski rešene. Mikroprocesori zbog zahteva za nižom cenom obično imaju mikroprogramsku realizaciju instrukcija, pa su samim tim i sporiji. Međutim, razvoj tehnologije iz dana u dan menja njihove mogućnosti tako da danas na tržištu imamo i superračunare kompletno izvedene u čipu.

Moć mikroprocesora

Moć mikroprocesora procenjuje se na osnovu više faktora, ali već na prvi pogled može se proceniti na osnovu veličine reči podataka koju može da obrađuje paralelno, broja registara koje može da adresira i brzine časovnika koji diktira ritam rada kompletnog sistema.

Mikroprocesore generalno možemo da podelimo na 8-bitovne, 16-bitovne, 32-bitovne i slično. Broj u nazivu ukazuje na najveći broj *bitova kojima mikroprocesor paralelno može da komunicira* sa drugim uređajima u jednoj operaciji. To je u stvari širina magistrale podatka. Hibridne veličine kao 16/8 ili 32/16 ukazuju na mikroprocesor čiji interni registri imaju prvu veličinu, a magistrala podataka drugu. Na primer, Intel 8088, je 16/8 bitovni računar. Da bi efikasno mogao da radi podeljen je u dva zasebna dela za procesiranje, tzv. Execution Unit koji interpretira i izvršava sve instrukcije i Bus Interface Unit koji omogućava prenos instrukcija između 16-bitovne interne i 8-bitovne sistemske magistrale.

Broj registara koje mikroprocesor može da adresira vidi se iz širine adresne magistrale. Tako su osmobitovni računari obično imali mogućnost rada sa $2^{16} = 64K$ memorijskih registara, 16-bitovni sa $2^{20} = 1MB$, a procesori koji imaju 24-bitovnu adresnu magistralu mogu da adresiraju $16MB$ operative memorije.

Učestalost na kojoj radi „časovnik“ sistema ukazuje na brzinu izvršavanja naredbi. Tako recimo mikroprocesor i8088 radi na učestalosti od 4.77 MHz, a MC68040 na 33MHz. Razume se, od značaja su i način realizacije instrukcija i tehnike adresiranja kojima se zadaju adrese argumenata.

CISC i RISC koncepcija

Jedan od osnovnih ciljeva prilikom konstruisanja svih dosadašnjih računara bio je *povećanje brzine rada*. Od nastanka prvog mikroprocesora do današnjih dana njihova brzina se stalno uvećavala i kod najnovijih se izražava u stotinama MIPS-ova (miliona instrukcija u sekundi). Pored povećanja brzine stalno se težilo i *proširivanju repertoara* instrukcija koje je mogao da izvrši konkretan mikroprocesor. Međutim, povećanje broja operacija uticalo je na smanjivanje brzine njihovog izvršavanja, što je uslovalo da se pojave dva različita pravca u razvoju mikroprocesora. Mikroprocesori koji su građeni sa ciljem da izvršavaju što je moguće više raznih operacija pripadaju takozvanoj CISC koncepciji (Complex Instruction Set Computer). Nasuprot njima, mikroprocesori kod kojih je redukovano skup instrukcija da bi se omogućila veća brzina njihovog izvršavanja pripadaju klasi RISC (Reduced Instruction Set Computer) mikroprocesora.

Stepeni integracije

Tranzistori mogu da se koriste kao *prekidači i pojačavači*, pa su postali osnovni gradivni elementi računara. Pojava tranzistora baziranih na kristalu silicijuma koji je jedan od najrasprostanjenijih elementa u prirodi i usavršavanje tehnologije, znatno su smanjili cenu njihove proizvodnje što je omogućilo ubrzavanje procesa minijaturizacije u elektronici. Tendenciju minijaturizacije svesrdno je pomagala vojska koja je bila zainteresovana za proizvodnju raketa i drugih vidova naoružanja, a podrška je došla i od ljudi iz kosmičkog programa koji je u to vreme bio još uvek u povoju.

Ključni korak ka minijaturizaciji napravio je Džek Kilbi (Jack Kilby) 1958. godine predlogom o konstrukciji prvog *integralnog kola* (IC). Firma Texas Instruments, u kojoj je Kilbi radio, prezentirala je tržištu već 1959. godine računar koji se sastojao od 587 IC i zauzimao prostor od 40 cm^3 , to jest 150 puta manju zapreminu od odgovarajućih mašina urađenih u klasičnoj tehnologiji.

Do pojave integralnih kola sve komponente elektronskih shema prizvodile su se zasebno, a zatim su se povezivale lemljenjem. Pojava IC izmenila je kompletnu tehnologiju. Elektronska aparatura postala je jeftinija, pouzdanija, brža i univerzalnija i zauzimala je sve manje prostora. Sve više i više komponenti integrisano je na jednom kristalu, sloj za slojem, specijalnim postupcima fotolitografije i nagrivanja. Odgovarajući uređaj, koji je dobio naziv *čip* (chip - iver), 1964. godine sadržao je desetak aktivnih komponenti, a 1970. uz istu cenu proizvodnje već stotinak. Oko 1975. došli smo do onoga što se zove srednja integracija MSI (Medium Scale Integration) i tu smo već dosegli oko 10.000 komponenti po jednom čipu. Oko 1980. su

se pojavili još pametniji VLSI (Very Large Scale Integration) čipovi čak sa stotinak hiljada komponenti. Danas se uz čipove sa vrlo visokim stepenom integracije proizvode i oni sa preko milion tranzistora za koje je uvedena skraćenica ULSI (Ultra Large Scale Integration).

Sve kompleksnija rešenja u čipu

Kako godine prolaze, imamo na jednom čipu sve kompleksnija rešenja. Posebno ćemo se zadržati na onim tačkama koje predstavljaju kompletno rešenje, znači kada čip ne predstavlja građevinsku ciglu, nego celovito rešenje, kada ništa drugo osim tog čipa nije potrebno.

Prvo kompletno rešenje bio je *jednočipni kalkulator* projektovan početkom sedamdesetih godina. Ako otvorite današnji džepni kalkulator i pogledate šta unutra ima od računarskih materijala, obično ćete naći, zanemarujući displej elemente, jedan jedini čip. U tom čipu je sadržana kompletna logika, memorija, sve što treba tom kalkulatoru. To je bilo prvo kompletno rešenje na jednom jedinom čipu koje je dao Marsijan Hof (Marcian Hoff). Želeći da smanji broj komponenti u kalkulatorima Hof je došao na ideju da načini čip koji bi vršio funkcije centralnih procesora velikih računara. Po njegovom projektu Intel je krajem 1970. razvio prvi mikroprocesor sa oznakom 4004. Četvorke u nazivu odnose se na njegove mogućnosti: to je bio četvorobitni mikroprocesor koji je paralelno mogao da obrađuje četiri bita.

Sa 2250 ugrađenih tranzistora i brzinom od svega 60.000 operacija u sekundi nije bio dovoljno jak da služi kao centralni procesor računara, ali je bio pogodan za kalkulatore i druge relativno jednostavne uređaje kao što su taksimetri ili lift kontroleri.

Sledeća etapa nastupila je posle 1975. godine. Tada smo dobili *kompletnu procesorku jedinicu u jednom čipu*. Tu smo već dostigli integraciju reda veličine 104 bitova po jednom čipu. To je ona era naglog prodora mikroračunara koja se dogodila oko 1975. godine kada smo dobili poznate mikroprocesore kao što su 8080, 6800 i prve personalne računare.

U januaru 1975. pojavio se prvi personalni računar Altair 8800 i praktično inicirao industriju kućnih računara. Altair je bio zasnovan na Intelovom mikroprocesoru 8080 i za to vreme zapanjujuće jeftin. Sklopljen je koštao samo 650 dolara, a u delovima još manje - 395\$. Za njim su došli komodorov Pet, legendarni Apple i niz drugih računara zasnovanih na 8-bitovnim mikroprocesorima. Osnovne zajedničke karakteristike osmобitovnih mikroprocesora su da paralelno obrađuju reči dužine 8 bitova, adresiraju 64K memorije i imaju operativni blok sa akumulatorom.

Treći značajan korak dogodio se početkom osamdesetih godina kada ne samo da imamo centralni procesor, već *logiku kompletnog računarskog sistema izvedenu u jednom čipu*. Dobili smo kompletan 16-bitovni računar na jednom čipu i integraciju reda veličine 10^5 bitova.

Šesnaestobitovni mikroprocesori paralelno obrađuju reči od 16 bitova i mogu da adresiraju 1–16 MB. U odnosu na 8-bitovne imaju brzinu veću 5 do 20 puta, poseduju veći repertoar naredbi i skoro svi poseduju naredbe za množenje i deljenje koje nisu bile na raspolaganju kod osmобitovnih procesora. Šesnaestobitovni mikroprocesori mogu se podeliti u dve generacije: prvoj pripadaju oni proizvedeni do

1982. godine, a drugoj noviji. Druga generacija šesnaestobitovnih mikroprocesora pored ostalog omogućava i korišćenje virtualne memorije i rad u multiprogramskom režimu.

Vrlo brzo pojavili su se i 32-bitovni mikroprocesori sa integracijom reda veličine 10^6 . Međutim, kao četvrti kvalitativno nov korak izdvajamo *pojavu RISC mikroprocesora* sredinom osamdesetih godina.

Analizom rada mikroračunara, IBM-ovi stručnjaci ustanovili su da se kod većine mikroprocesora upotrebljava oko 20% od celokupnog repertoara instrukcija. Ovo je navelo konstruktore da projektuju mikroprocesore sa redukovanim skupom instrukcija koji bi mogli znatno brže da rade. Prvi komercijalni RISC mikroprocesori pojavili su se 1985. godine, a danas se i tako veliki proizvođači mikroprocesora sa kompleksnim skupom instrukcija kao što su Motorola i Intel odlučuju na proizvodnju RISC mikroprocesora. Prva je krenula Motorola sa svojim MC88100, a zatim je odgovorio Intel sa svojim APX80860 koji može da radi sa 64-bitovnim celim brojevima i ima 12 Kb keš memorije.

Smatra se da će mikroprocesori oko 2000. godine imati i do 10^8 tranzistora, da će njihova brzina premašivati 1000 MIPS-ova, a da će biti projektovani na bazi dobrih rešenja CISC i RISC pristupa.

Kratka istorija personalnih računara

Prvi personalni računar pod nazivom Altair predstavljen je publici 1975. godine u januarskom broju časopisa Popular Electronics. Altair je konstruisao Edvard Roberts (Edvard Roberts), vlasnik male ameterske kompanije za hobiste iz Albuquerka u Novom Meksiku. U kompaniji koja je u vreme kada je objavila projekt o kućnom računaru grcala u dugu od 300.000\$ i jedva od banke izmolila kredit da bi preživela, bili su zaprepašćeni hiljadama porudžbina koje su ih mesecima zasipale.

Altair je bio vrlo primitivan računar bez programske podrške. Njegovo programiranje je bilo mukotrpno. Preko kontrolnog panela na prednjoj ploči svaka informacija morala se unositi bit po bit u mašinskom jeziku. Svega 256 bajtova operativne memorije bilo je isuviše malo da bi se išta ozbiljnije moglo uraditi, ali je i pored svega toga ovaj računar bio veoma omiljen jer se mogao koristiti za igre. Osim operativne memorije i perifernih uređaja Altair-u je najviše nedostajalo ono što danas zovemo bežik interpretator.

Personalci postaju unosan biznis

Videvši reklamu za Altair, Pol Alen (Paul Allen) i Vilijam Gejts (William Gates) došli su na ideju da prerade *bežik interpretator* za male računare i telefonirali Robertsu. Bio je zainteresovan i Alen je posle samo 6 nedelja odleteo u Albuquerk sa napisanim interpretatorom. Ova dva mladića, Alen i Gejts, osnivaju ubrzo svoju firmu za proizvodnju softvera Microsoft koja i danas diktira softverske standarde za mikroračunare.

S druge strane, Čak Pedl (Chuck Peddle) je predložio poznatoj firmi za proizvodnju kancelarijske opreme i kalkulatora Commodore da proizvede *personalni računar u kompletu sa ekranom, tastaturom i kasetama* za smeštanje programa. Sistem, koji je bio zasnovan na mikroprocesoru 6502 firme MOS Technology i po-

javio se 1976. pod nazivom Pet 2001, doživeo je ogroman komercijalni uspeh i inicirao pojavu mnoštva novih personalnih računara.

Čim su se prvi modeli peta pojavili na tržištu Stiven Voznijak (Stephan Wozniak) i Stiv Džobs (Steven Jobs) projektovali su sopstveni računar na jednoj ploči i počeli privatno da ga proizvode i prodaju. Ova ploča smeštena u kutiju sa tastaturom pretvorila se u najuspešniji kućni računar svih vremena „epl“. Kompanija *Apple* postala je kompanija sa najbržim rastom u Americi. Od godišnjeg prihoda 775.000\$ u 1977. godini stigla je do sume od 335 miliona dolara za svega četiri godine.

Uspostavljanje softverskih standarda

Gari Kildal (Gary Kildall), konsultant u Intelu i njegov prijatelj Džon Torod (John Torode) konstruisali su mikroračunarski *sistem koji je uključivao i disk jedinicu* za flopi diskete. Torod je izgradio hardver, a Kildal napisao softver koji je omogućio da procesor upravlja diskom. Ovaj *operativni sistem* nazvao je CP/M (Control Program/Microcomputers) po ugledu na Intelov jezik PL/M (Programming Language/Microcomputers). Ovaj operativni sistem brzo preuzimaju proizvođači opreme koji su hteli da prošire svoje računare disk jedinicama. Kao što je Microsoft predstavljao uzor za programske jezike, tako je Kildalova firma Digital Research postala uzor za operativne sisteme.

Sledećih godina javlja se mnoštvo novih firmi za proizvodnju softvera i hardvera, listova posvećenih mikroračunarima i sajmovima opreme. Personalni računari postaju pristupačni milionima početnika i život savremenog čoveka počinje suštinski da se menja. O tome koliko je računar izmenio svakodnevicu možda najbolje govori odluka časopisa Time da izabere kućni računar za ličnost 1982. godine. U obrazloženju svog izbora priznati časopis navodi da postoje prilike kada najvažnija stvar u godini nije pojedinac već proces, široko rasprostranjen proces koji menja pravac svih drugih procesa.

IBM ulazi u trku

Najveća firma za proizvodnju računara, IBM uviđa da se upravo na prodaji personalnih računara može napraviti najveći profit. Bez obzira što je do tada prodavao isključivo velike računareske sisteme i prateću opremu, IBM 1981. godine izlazi na tržište sa sopstvenim proizvodom IBM Personal Computer. IBM PC stekao je ogromnu popularnost zahvaljujući fleksibilno dizajniranom pouzdanom hardveru i ogromnoj softverskoj podršci. Pod nazivom IBM PC krije se u stvari mnogo različitih računara za koje je zajedničko da su kompatibilni sa prvim IBM PC računarom i da se programi koji su pisani za njega mogu izvršavati na svim članovima ove velike familije. Postoje XT i AT tipovi IBM PC računara. U XT tipove ugrađeni su mikroprocesori i 8088 ili i8086, a u AT i80286 ili neki od 32-bitovnih Intelovih procesora. Osim originalnih IBM-ovih računara danas na tržištu postoji i mnoštvo klonova kompatibilnih sa originalnim računarima, ali znatno jeftinijih. Međutim, komponente klonova obično nemaju tako dobar kvalitet izrade kao kod originalnih modela.

Da rezimiramo ...

- Razlike između klasičnih centralnih procesora izvedenih na ploči i mikroprocesora izvedenog u čipu ogledaju se u veličini, ceni i brzini izvršavanja instrukcija.
- Moć mikroprocesora procenjuje se na osnovu više faktora, ali već na prvi pogled može se proceniti na osnovu veličine reči podataka koju može da obrađuje paralelno, broja registara koje može da adresira i brzine časovnika koji diktira ritam rada kompletnog sistema.
- Mikroprocesori koji su građeni sa ciljem da izvršavaju što je moguće više raznih operacija pripadaju takozvanoj CISC koncepciji (Complex Instruction Set Computer). Nasuprot njima, mikroprocesori kod kojih je redukovana skup instrukcija da bi se omogućila veća brzina njihovog izvršavanja pripadaju klasi RISC (Reduced Instruction Set Computer) mikroprocesora.
- U tranzistorima se na dva prelaza emitor-baza i baza-kolektor vrše složeni procesi razmene elektrona i šupljina karakteristični za poluprovodnike, koji omogućavaju da tranzistori brzo i pouzdano rade kao *prekidači i pojačavači*.
- Ključni korak ka minijaturizaciji napravio je Džek Kilbi (Jack Kilby) 1958. godine predlogom o konstrukciji prvog *integralnog kola* (IC).
- Za mnoštvo tranzistora integrisanih specijalnim postupcima fotolitografije i nagrizanja na maloj površini kristala silicijuma koristi se naziv *čip*.
- Prvi *jednočipni kalkulator* projektovan je početkom sedamdesetih godina, *kompletnu procesorsku jedinicu u jednom čipu* dobili smo 1975, početkom osamdesetih godina pojavljuje se *logika kompletnog računarskog sistema izvedena u jednom čipu*, a sredinom osamdesetih godina karakteriše *pojava RISC mikroprocesora*.
- Prvi *personalni računar* pod nazivom *Altair* predstavljen je publici 1975. godine u januarskom broju časopisa Popular Electronics.
- Pol Alen (Paul Allen) i Vilijam Gejts (William Gates) napravili su prvi *bežični interpretator* za mikroračunare.
- Čak Pedl (Chuck Peddle) autor je projekta *Pet 2001, personalnog računara u kompletu sa ekranom, tastaturom i kasetama* za smeštanje programa.
- Stiven Voznijak (Stephan Wozniak) i Stiv Džobs (Steven Jobs) projektovali su najuspešniji kućni računar svih vremena Apple.
- Gari Kildal (Gary Kildall) je napisao operativni sistem CP/M (Control Program/Microcomputers).
- IBM 1981. godine izlazi na tržište sa sopstvenim proizvodom IBM Personal Computer. IBM PC stekao je ogromnu popularnost zahvaljujući fleksibilno dizajniranom pouzdanom hardveru o ogromnoj softverskoj podršci.