**SREDNJA STRUČNA ŠKOLA**

**BERANE**

**PROCESORI, KARAKTERISTIKE I FUNKCIONISANJE**

Stručni rad

predmet: APLIKATIVNI SOFTVER I MULTIMEDIJA

Mentor: kandidat:

Edin Sutović Erović Ezudin

**Sadržaj:**

[1. UVOD 2](#_Toc181631645)

[2. OSNOVNA STRUKTURA](#_Toc181631647) 3

[3. UNUTARNJE KOMPONENTE ARHITEKTURE](#_Toc181631648) 4

[3.1. Registri........................................................................................................](#_Toc181631649) 4

[3.2. Kontrolna jedinica........................................................................................](#_Toc181631650) 4

[3.3. Integrirana izvršna jedinica.........................................................................](#_Toc181631651) 5

[3.4. Jedinica pomičnog zareza...........................................................................](#_Toc181631652) 5

[3.5. Primarni(L1) cache i cache kontroler..........................................................](#_Toc181631653) 5

[4. PROCES PROIZVODNJE](#_Toc181631654) 6

[4.1. Tehnologija procesa....................................................................................](#_Toc181631655) 7

[4.2. Veličina el. kruga.........................................................................................](#_Toc181631656) 7

[4.3. Veličina čipa................................................................................................](#_Toc181631657) 7

[5. BRZINA PROCESORA](#_Toc181631658) 8

[5.1. Snaga procesora i napajanje......................................................................](#_Toc181631659) 8

[5.2. Vanjsko i unutarnje napajanje.....................................................................](#_Toc181631660) 8

[5.3. Kontrola potrošnje energije.........................................................................](#_Toc181631661) 9

[6. HLAĐENJE PROCESORA](#_Toc181631662) 9

6[.1. Problemi kod hlađenja procesora............................................................](#_Toc181631664) 10

[6.2. Pasivni hladnjaci..........................................................................................](#_Toc181631665) 10

[6.3. Aktivni hladnjaci...........................................................................................](#_Toc181631666) 11

[7. BUDUĆNOST (DVIJE I VIŠE JEZGRI)](#_Toc181631673) …………………………………………….12

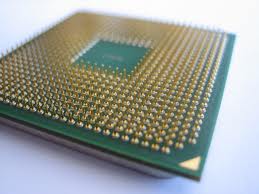
[7.6. Snaga zagrijavanja......................................................................................](#_Toc181631674) 13

[7.8. Kraj jednog doba.........................................................................................](#_Toc181631675) 14

1. **UVOD**

Dakle, skoro nakon pola stoljeća od pojave prvih računala, a i prvih procesora kao njihovog temeljnog strojnog elementa, možemo reći da su procesori doživjeli brojne promjene i poboljšanja sukladno s povećanim potrebama koje su se postavljale pred kompjutersku obradu podataka. No, sami razvoj procesora idilično je tekao sve do početka 70-ih godina i ugl. su bili orjentirani na makroračunala i računala posebnih namjena. Početkom 70-ih godina i otkrićem čipa-mikročipa počinje nova era u razvoju procesora.

Central processing unit (CPU) je središnji, centralni procesor. Katkad se naziva samo procesoraom. Cpu je mozak računala koji obavlja najveći dio operacija tijekom obrade podataka, ujedno je i najvažniji dio računalnog sustava gledano s motrišta računalne snage. Na osobnim računalima radnim stanicama, središnji je procesor smješten u jednom čipu koji se naziva mikroprocesorom. Kod velikih strojeva, središni procesor zahtjeva jednu ili više tiskanih ploča. Komponenta CPU-a su aritmetičko-logička jedinica koja izvodi aritmetiče i logičke operacije, te kontrolna jedinica koja iz memorije „vadi“ naredbe, dekorira ih i izvodi, pozivajući aritmetičko-logičku jedinicu kada je to potrebno.

Slika

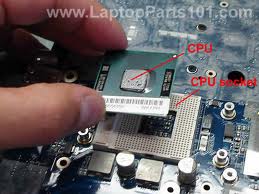
Procesor ima značajnu ulogu u sljedćim bitnim karakteristikama računala:

* **Perfomanse-** procesor ima najvažniju ulogu u perfomansama(mogli bismo reći u „sirovoj snazi“) računala. Dok druge komponente isto imaju važnu ulogu u perfomansama sračunala, sposobnosti i brzini procesora određuju maksimalne perfoanse sistema. Druge komponente samo dozvoljavaju procesoru da dosegne svoju punu brzinu i snagu.
* **Programska podrška** – noviji, brži procesori omogućavaju upotrebu najnovijih programa. Novi procesori kao npr. Pentium sa MMX tehnologijom omogućava upotrebu specijaliziranih programa, koji još više podižu perfomanse računala, neupotrebljivih na ranijim računalima.
* **Pouzdanost i stabilnost** – kvaliteta procesora je jedan od faktora koji određuje pouzdanost računala. Dok je većina procesora vrlo pouzdana, neki nisu. To također ovisi o generaciji procesora, starosti i koliko energije troše.
* **Potrošnja energije i hlađenje** – obično procesor troši vrlo malo energije nasprem drugih sistemskih uređaja. Noviji procesori konzumiraju sve više i više energije. Potrošnja energije direktno utječe na grijanje procesora pa sve do sveukupne stabilnosti hlađenja uređaja.
* **Podrška matične ploče –** ovisno za koji se procesor odlučili, treba obratiti pozornost o vrsti čipa na matičnoj ploči, te o vrsti utora za procesor. Matična ploča također puno utječe na stabilnost, pouzdanost i brzinu sustava.

1. **Osnovna struktura**

Procesorove glavne komponente su:

* **Jezgra** – srce same jedinice za izvršavanje. Pentium ima dvije paralelne protočne cjeline koje mu omogućuju da čita,interpretira, izvršava i šalje dvije instrukcije istovremeno.
* **Predviđač grana** – ova jedinica pokušava pogoditi koje će se sekvenca izvršiti svaki put kada program sadrži uvjetno preskakanje (*conditional jump*), tako da **Prefetch** (*dohvati unaprijed*) i **Decode Unit** (*jedinica za dekodiranje*) mogu dobiti instrukcije unaprijed.
* ***Floating Point*** **jedinica** – treća izvršna jedinica u Pentiumu, gdje se izvršavaju ne - cijeli proračuni.
* **Primarni cache** – Pentium ima dva *on-chip* cache-a od 8 KB svaki, jedan za kodove a drugi za podatke, koji su mnogo brži nego veći eksterni sekundarni cache.
* **Sabirničko sučelje** – ovo dovodi mješavinu kodova i podataka u CPU, odvaja dva spremna za upotrebu, i tada ih rekombinira i šalje natrag van.

****

Svi elementi ptocesora drže korak sa satnim mehanizmom (clock), koji diktira brzinu procesora. Prvi mikroprocesor imao je „sat“ na 100 KHz, dok primjerice pentium pro ima sat na 200 KHz, koji „kuca“ približno 200 milijnuna puta u sekundi. Kako sat otkucava tako se događaju razne stvari. Programsko brojilo (PC) je interna memorijska lokacija koja sadrži adresu sljedeće instrukcije koju će izvršiti. Kada dođe vrijeme izvršenja, kontrolna jedinica prenosi instrukciju iz memorije u instrukciju registra (IR). U isto vrijeme, PC se povećava tako da pokazuje na sljedeću instrukciju u nizu; sada procesor izvršava instrukciju koja se nalazi u IR. Neke instrukcije obavlja i sama kontrolna jedinica pa ako npr.instrukcija kaže „ skoči na lokaciju 2459“, vrijednost 2459 se zapisuje u PC tako da procesor izvršava tu instrukciju sljedeću.Mnoge instrukcje zahtjevaju aritmetičku i logičku jedinicu (ALU). Ovo radi zajedno sa registrima osnovne namjene – privremenim „skladišnim“ mjestima koja mogu biti učitana iz memorije ili zapisana u memoriju. Tipična ALU instrukcija bi mogla biti; dodaj sadržaj neke memorijske lokacije registru osnovne namjene. ALU također mijenja i bitove u status registra (SR) kada se pojedina instrukcija izvrši; ovaj registar sadrži informaciju o rezultatu prijašnjih instrukcija kao što je npr., „skoči na adresu 7654 ako je prijašnja instrukcija ostvarila prekoračenje“.

1. **Unutarnje komponente arhitekture**

Ovaj dio opisuje različite komponente koji čine unutarnju strukturu modernog procesora. Poput svakog složenog djelića opreme, procesor je interno razlomljen na male djeliće od kojih svaki ima svoju funkciju. Kako oni dijeluju ovisi o raznim faktorima i to se razlikuje od stroja do stroja, ali ipak svi imaju svoje osnovne djelove. Mnoge od njih nazivamo „jedinice“.

1. **Registar**

Registri su prostori za skladištenje unutar samog procesora u koji se spremaju podatci koje procesor obrađuje. Svaki procesor ima po nekoliko registara, neki su za posebne namjene, a neki su za opću namjenu. Registri su najbrža memorija PC-a, čak brža i od L1 cache-a zato što su direktno spojeni na procesorsku logiku. Večina operacija se obavlja preko registara, jer procesor ne može direktno izvoditi aritmetičke funkcije u memoriji. Ako npr., želimo dodati 1 memorijsko j lokaciji, procesor će normalno to učiniti tako što će učitati početnu vrijednost iz memorije u registar, dodati 1 registru te zatim spremiti dobivenu vrijednost u memoriju. To se naravno događa veoma brzo procesora i neovisno o korisniku. Veličina (u bitovima) registara procesora će odrediti količinu podataka može procesirati u nekom vremenu. Ponekad čujemo priču o 16- bitnom ili 32-bitnom procesoru što se zapravo odnosi na veličinu registra unutra procesora. Često se krivo poistovječuje širina sabirnice s „ veličinom“ procesora ; a zapravo svaki predstavljeni procesor u zadnjih nekoliko godina je 64-bitni.

1. **Kontrolna jedinica**

Kontrolna jedinica je zapravo sklop koji kontrolira protok informacija kroz procesor, i kontrolira aktivnost ostalih jedinica unutar njega. Na neki način to je“ mozak unutar mozga“ budući da kontrolira ono što se događa unutar procesora, što u djelovima kontrolira ostatak PC-a. Funkcijekoje kontrolna jedinica izvodi variraju zbog unutarnje arhitekture PC-a. Na običnom procesoru koji prirodno izvršava x86 instrukcija, kontrolna jedinica izvršava zadatke dodavanja podataka, dekodiranja podataka, određuje izvršavanje i spremanje rezultata. Na procesorima sa RISC jezgrom, kontrolna jedinica ima znatno više posla. Kontrolira prijenos x86 instrukcija RISC mikroinstrukcija i raspoređuje mikroinstrukcije između raznih izvršnih jedinica. Na nekim procesorima kontrolna jedinica može biti rascjepkana na dijelove zbog složenosti zadataka koje mora izvoditi.

1. **Integrirana izvršna jedinica**

Većina posla koji se izvodi na PC-u je ostvarena sa integriranim informacijama, to jest sa cijelim brojevima i podacima koji su predstavljeni kao cijeli brojevi. Integrirane jedinice sačinjavaju cijeli brojevi, slova i slični podaci. Ne-cijeli brojevi su nazvani ″brojevi pomičnog zareza″. Njima se upravlja drugačije, koristeći jedinicu pomičnog zareza.

Integrirana izvršna jedinica je sklop u kojem se izvršavaju instrukcije i izvršava posao. Stariji procesori imaju samo po jednu od tih jedinica te su instrukcije procesirane sekvencijski. Noviji zapravo koriste nekoliko tih izvršnih jedinica omogućujući simultano izvođenje instrukcija što poboljšava ukupnu izvedbu. Napredniji procesori imaju pojedine izvršne jedinice posebno namijenjene za izvršavanje samo određenih instrukcija.

1. **Jedinica pomčnog zareza**

Jedinica pomičnog zareza je izvršna jedinica namijenjena za izvođenje matematičkih funkcija na brojevima pomičnog zareza. To su svi brojevi osim integriranih brojeva,odnosno svaki decimalni broj. Integrirani brojevi su brojevi koji se obrađuju u integriranim izvršnim jedinicama.

Jedinica pomičnog zareza je ugrađena u sve procesore od 486DX na dalje. Raniji procesori su morali koristiti integrirane izvršne jedinice za obradu brojeva pomičnog zareza što je bilo vrlo sporo, osim ako nisu imali poseban čip namijenjen za obradu tih brojeva nazvan **matematički koprocesor**. Koprocesori su mogli raditi uz obične procesore kako bi poboljšali obradu matematičkih aplikacija. Poseban matematički koprocesor je bolji od ničeg, ali ipak je puno korisnije i bolje imati jedinicu pomičnog zareza za izvođenje matematičkih funkcija integriranu u sam procesor, kao što to danas imaju svi noviji procesori.

1. **Primarni (L1) cache i cache kontroler**

Svi noviji procesori imaju ugrađenu malu i brzu memoriju cache na čipu, kako bi sačuvali nedavno korištene podatke i instrukcije.Vrlo često se događa da ako procesor koristi neku lokaciju u memoriji, tada će joj pristupiti u skoroj budućnosti. Korištenje cache memorije u koju se spremaju nedavno korišteni podaci, štedi vrijeme procesora koji bi se u drugom slučaju morao ponovo obratiti lokaciji u glavnoj memoriji. To mnogostruko ubrzava rad procesora budući da je glavna memorija puno skuplja od cache-a.Cache na procesoru je nazvan primarnim zato što je to cache koji je najbliže procesoru. Svaki puta kada procesor zatraži informaciju iz memorije, cache kontroler koristi poseban sklop kojim prvo provjerava da li se tražena informacija nalazi u cache-u. Ako se nalazi, tada je procesor pošteđen gubljenja vremena da traži informaciju u glavnoj memoriji. Mnoga računala koriste i L2 ili sekundarni cache kako bi uhvatili nedavno korištene podatke koji ne stanu u malu primarnu cache memoriju.

Kod tipičnih procesora, doseg primarnog cache-a je od 8 do 64 KB, dok je puno veći kod novijih procesora. Stariji procesori (386 i prije) nisu uopće imali L1 cache. Ti cache-ovi su vrlo brzi zbog toga što rade na punoj brzini procesora u koji su integrirani. Dodatno, većina cache-a su asocijativni što poboljšava šanse za pogodak na cache kad procesor potražuje informaciju.

Postoje dva različita načina na koji procesor može organizirati primarni cache - neki procesori koriste jedan cache za obavljanje komandnih instrukcija i programskih podataka; to se naziva **ujedinjeni cache***.* Drugi imaju posebni cache za pohranu podataka, a posebni za pohranu instrukcija.

U nekim slučajevima sposobnosti cache-a za podatke i cache-a za instrukcije ne moraju biti iste. Današnji procesori imaju od 512kB do 2 MB cache.

1. **Proces proizvodnje**

Ono što razlikuje mikroprocesor od njegovih predaka,koji su se sastojali od ventila,samostalnih tranzistora ili malih IC-a,je to da sada prvi put imamo cijeli procesor na jednom jedinom silikonskom čipu.**Silicij** je osnovni materijal od kojeg se rade čipovi.To je **poluvodič** koji,kada se ″napuni″ nečistoćama u određenom uzorku,postaje tranzistor,osnovna ″cigla″ gradnje i rada digitalnih krugova.Proces uključuje bakrorezanje tranzistora,otpornika,spajanje unutarnjih staza,itd. na površini silicija.Prvo se stvori komad izlivenog silicija(ingot). Mora imati savršeno čistu kristalnu strukturu,aspekt koji stavlja ograničenja na njegovu veličinu.U ranim danima,ingoti su bili ograničeni na promjer od 2″, iako je sada standardno 8″. U slijedećem stadiju, ingot se reže u kriške pod nazivom **oblate** (**wafers**). Oblate se zatim poliranju dok ne dobiju površinu savršeno glatku poput zrcala. Na tim oblatama se rade čipovi. Obično se od jedne oblate napravi dvanaestak mikroprocesora.Strujni krugovi se rade u slojevima. Slojevi se rade od različitih tvari. Npr.,silicijev dioksid je izolator, a polisilicij sačinjava vodljive trake. Kada je čisti silicij izložen, može se bombardirati sa ionima da bi se dobili tranzistori – to se zove **punjenje**. Da bi se napravile zahtijevane sposobnosti, slojevi se dodaju da bi prekrili cijelu površinu oblate, a suvišne površine se bakrorezanjem odstranjuju. Da bi se to napravilo, novi sloj se pokriva fotootporom, na kojeg se zatim projicira image željenih sposobnosti. Nakon izloženosti, miču se oni dijelovi fotootpora koji su bili izloženi svjetlosti, ostavljajući za sobom masku kroz koju može početi bakrorezanje. Ostaci fotootpora se kasnije miču pomoću otapala.Taj se proces nastavlja, sloj po sloj, dok se ne napravi cijeli strujni krug. Nepotrebno za reći je da, budući da su ovdje mjere reda veličine milijuntog dijela metra, i najmanja čestica prašine može ozrokovati havariju. Te čestice mogu biti velike od 1 do 100 mikrona u promjeru – 3 do 300 puta veće od urezanog imagea. Mikroprocesori se proizvode u ″čistim sobama″ - ultra čistoj okolini gdje radnici nose ″svemirska″ odijela.U ranim danima, poluvodička proizvodnja je bila i pogodak i promašaj, sa uspješnošću manjom od 50% čipova. Danas je puno veća uspješnost, ali nitko ne očekuje da svih 100% proizvedenih čipova radi.Čim se stave svi slojevi na oblatu, svaki čip se testira i označuju se svi koji nisu ispravni. Individualni čipovi se sada odvajaju, i u ovom trenutku se zovu **dies**. Oni s greškom se odbacuju,dok se oni ispravni pakiraju u pinska kućišta – keramičke pravokutnike sa redovima pinova na donjoj strani a ljudi ih zovu **mikroprocesori**.4004 je koristio 10-mikronski proces; najmanje urezano svojstvo bilo je u promjeru veličine deset milijuntog dijela metra. Po današnjim standardima,to je ogromno. Npr, Pentium Pro bi u tim uvjetima bio veličine 5.5″x7.5″, i bio bi spor; brzi tranzistori moraju biti mali. Do 1998.većina procesora je koristila 0.25-mikronski proces – sa 0.1-mikronskim procesom kao ciljem svih proizvođača. Današnji procesori se izrađuju u 90-nanometarskoj tehnologiji, no užurbano se radi na prelasku na 65-nanometarski proces, dok je Intel već najavio i 45-nanometarski proces.

1. **Tehnologija procesa**

Postoje različite vrste poluvodiča, koje se razlikuju po tome kako se izrađuje tranzistor iz silicija. Razlike su vrlo tehnološke,pa nećemo ulaziti previše u detalje. Proces koji se koristi pri proizvodnji čipova ima utjecaja na:

* mali krugovi ili veličina procesora, što se odnosi na koliko se može procesor minijaturizirati i

koliko tranzistora se može upakirati u dati prostor

* maksimalna brzina koju može postići čip
* zahtijevani napon
* količina stvorene topline i potrošnja energije, koji su funkcija od preostalih tri uvjeta

Većina procesora se proizvodi u tehnici pod imenom **CMOS** proces. CMOS dolazi od ″Complementary Metal Oxide Semiconductor″ i odnosi se na djelomičnu metodu izrade tranzistora iz silicija. Stariji procesori su se proizvodili u starijoj tehnologiji; originalni 8088 procesor se proizvodio NMOS tehnologijom. Pentium procesori su se proizvodili u BiCMOS tehnologiji (Bipolar CMOS) i imali su određene prednosti i manjkavosti u odnosu na CMOS tehnologiju. Intel se vratio na CMOS standard jer dozvoljava veće brzine procesora na manjim naponima, što omogućava održavanje napona na niskim razinama.

1. **Veličina el. krugova**

Veličina kruga ili veličina procesora se odnosi na stupanj minimizacije procesora. Da bi se izradili što moćniji procesori, više je tranzistora potrebno. Da bi se sve veći i veći broj tranzistora smjestio na istu površinu potrebno je neprekidno smanjivati veličinu tranzistora. Što su procesori brži, tim su i gušći, a s tim dolazi i problem potrošnje energije i zagrijavanja. Veličina el. kruga je glavni ograničavajući faktor u brzini procesora, a to je pak faktor u pretjeranom zagrijavanju. Također ima i izravno utjecaj na veličinu čipa.

Sve naprednija i naprednija tehnologija dozvoljavaju sve veće i veće smanjivanje krugova. Nekad se smatralo nemogućim smanjiti veličinu kruga ispod 1 mikrona; većina današnjih procesora se izrađuje u 0.25 mikronskoj tehnici, dok u 0.18 mikronskoj tehnici će se tek izrađivati. Sad se smatra da će se krugovi moći smanjiti čak do 0.08 mikrona. To će zasigurno dovesti do skroz nove generacije procesora, vrlo brzih s malom potrošnjom energije.

1. **Veličina čipa**

Veličina čipa u procesoru se odnosi na veličinu fizičke površine na keksu. Tipično se mjeri u kvadratnim milimetrima. Važnost veličine čipa je očita - što je manji čip više ih se može izraditi iz jednog keksa. Veći čip znači manje dobivenih čipova iz jednog keksa i s tim veća cijena. Veći čip također troši više energije. Tri važna faktora u veličini čipa su veličina el.kruga mjerena i mikronima, tehnologija koja se koristi i naravno sam dizajn procesora (noviji procesori su u pravilu veći jer sa sobom donose i nove mogućnosti i funkcije). Smanjivanje veličine el. kruga je djelomično ključ u smanjivanju čipa. Na primjer, prva generacija Pentium procesora upotrebljavala je krugove veličine 0.8 mikrona i potrebna površina po čipu je bila 296 mm2. Druga generacija Pentium procesora upotrebljavala je krugove veličine 0.6 mikrona i površina čipa se smanjila za 50%, tj. na 148 mm2.

1. **Brzina procesora**

Brzina na kojoj procesor može raditi je funkcija mnogih faktora. Neki od njih su povezani s dizajnom samog procesora koji diktira unutarnje vremensko usklađivanje koje ograničava maksimalnu brzinu procesora kojom on može upravljati. Proizvodni faktori su povezani s tehnologijom izrade, veličinom el. kruga i čipa i kvalitetom procesa. Uglavnom što je manji čip, brže može raditi.

U skladu s tim manje se energije troši, a više topline stvara; toplina se stvara kad tranzistor prelazi iz 1 u 0 i obratno, te što je brži čip, brže se mijenjaju stanja, a samim tim se generira više topline. Čip koji se pregrije izaziva prekid rada ili krivo računanje. Dizajneri smanjuju veličinu kruga u čipovima kako bi smanjili zagrijavanje, a povećali brzinu procesora.

Postoje i tzv.proizvodna variranja (nestalnosti) koje dozvoljavaju pojedinim čipovima da rade na većim brzinama iako su proizvedeni u istom procesu i s istim keksima. To se zove procjena brzine i provodi se tokom testiranja.

1. **Snaga procesora i napajanje**

U ranim danima računala, nije trebalo brinuti o potrošnji energije od strane

procesora. Tada ih nije bilo puno i nisu radili bogzna kakve operacije. Bili smo oduševljeni samim tim što postoje. Kako je vrijeme prolazilo naši zahtjevi nad tim strojevima su rasli i novi načini uporabe su pridonijeli da se potrošnji energije pridoda veći značaj. Sve je to dovelo do zbunjujećeg skupa raznih napona napajanja,jer do tada sve je radilo na 5V.

Potrošnja energije i napon napajanja procesora važni su zbog:

* potrošnja energije povezana je s povećanim zagrijavanjem,koji je primarni neprijatelj u postizanju boljih perfomansi.Noviji procesori su veći i brži, te njihovo hlađenje može biti ozbiljan problem.
* sa milijunima računala u svijetu, i katkad na tisuće njih samo u jednoj kompaniji, dovode do ogromne količine energije koja je potrebna za njihov normalan rad što prije 5 godina nije bilo zabrinjavajuće.
* smanjenje količine potrošnje energije je primarni cilj dizajnera notebook računala, pošto oni rade na baterije koje imaju ograničeno vrijeme korištenja jer se isprazne. Također oni imaju više problema s grijanjem zbog toga što je u njima sve vrlo stisnuto u malom prostoru.

Noviji procesori teže tome da napreduju u funkcijama,mogućnostima i brzini rada, što dovodi do povećane potrošnje energije. Dizajneri procesora nadoknađuju taj problem upotrebljavajući poluvodiče koji troše manje energije, te smanjujući veličinu el.krugova i čipova.

1. **Vanjesko i unutarnje napajanje**

Rani procesori koristili su jednostruko napajanje koje je upotrebljavala i matična ploča i procesor, obično 5V. Kako su procesori napredovali u brzini i veličini težili su manjem naponu napajanja, pa su dizajneri morali riješiti taj problem. Prvi korak je bio smanjiti napon na 3.3V. Noviji procesori još su više smanjili napon, koriste tzv.dvostruko napajanje.Procesori s dvostrukim napajanjem koriste dva različita napona. Vanjski ili **I/O** napon je veći, obično 3.3V za kompatibilnost s ostalim čipovima na matičnoj ploči. Unutarnji ili **jezgreni** napon je manji, obično od 2.5 do 2.9V. Takav dizajn dozvoljava da se ne mora mijenjati cijeli dizajn matičnih ploča, čipova, itd. Ono što se mora promijeniti da bi noviji procesori radili to je regulator napajanja na matičnoj ploči.

1. **Kontrola potrošnje energije**

Prisiljen primarno da stavi brže i jače procesore u notebook računala, Intel je napravio ″sklop″ za kontrolu potrošnje energije kako bi omogućio procesorima da sačuvaju energiju i produže trajanje baterija. To je bilo prikazano u 486SL seriji procesora, koji je poboljšana verzija 486DX procesora. Naravno ta funkcija je standardizirana i ugrađena je u sve sljedeće procesore, a naziva se **SMM,** što znači ″System Management Mode″.SMM sklop je integriran u čip ali radi samostalno i nadzire potrošnju energije na temelju procesorske aktivnosti. Dozvoljava korisniku da odredi nakon kojeg intervala neaktivnosti će se procesor djelomično ili potpuno ″ugasiti″, tj. smanjiti potrošnju. Također podržava ***suspend/resume*** funkciju koja se koristi za trenutno paljenje i gašenje, većinom korišteno na notebook računalima.

Sve te opcije se podešavaju iz BIOS-a.

1. **Hlađenje procesora**

Potreba za specijalnim sistemom hlađenja procesora prerasla je iz nebitne stvari u vrlo ozbiljni problem tokom 1990-ih. Danas postoje različite vrste hlađenja procesora, koje ćemo podrobnije objasniti u ovom poglavlju.

Sa 80386 i ranijim procesorima koji su radili na malim brzinama i s relativno malo tranzistora, nije bilo problema s grijanjem, nije bilo potrebe za specijalnim hladnjacima jer se čipovi jednostavno nisu toliko jako zagrijavali. Ventilator u napajanju je bio dostatan da zrak lagano struji kroz kućište, te je bilo dovoljno za hlađenje procesora i ostalih dijelova računala. Većina 386-ica i ranijih procesora nije koristila nikakvo specijalno hlađenje.Prvi procesor koji je zahtijevao dodatno hlađenje bio je 80486DX2/66, koji se znao prilično zagrijati u normalnim okolnostima.Većina novijih procesora zahtijeva specijalno hlađenje, iako koliko je potrebno i kako bi to trebalo biti napravljeno ovisi o samom procesoru, mjestu gdje se koristi i o kvaliteti rashladnog sistema.Neki procesori su vrlo osjetljivi na ispravno hlađenje od drugih. Npr, Cyrix 6x86 procesori su alternativni Pentium procesorima i umeću se u isto podnožje, samo što se više griju. Ustvari, postoje posebni aktivni hladnjaci dizajnirani baš za 6x86 procesore, koji hlade jače od onih za Pentium procesore.

1. **Problemi kod hlađenja procesora**

Procesori, kao i svi drugi elektronički uređaji, imaju određenu granicu temperatura na kojima mogu sigurno raditi. Ako se procesor pregrije problemi su obično rezultat. Ti problemi mogu imati različite oblike i mogu se jako teško ustanoviti zato jer često utječu na ostale sisteme u računalu.

Najčešći simptomi pregrijavanja procesora su rušenje sistema, smrzavanja i slučajna resetiranja. Naravno, nije isključeno da neki drugi problemi mogu uzrokovati iste te simptome. Pregrijani procesor se također očituje kroz pogreške u memoriji, aplikacijama,na disku, ili mnoštvo drugih stvari. Neki procesori nakon pregrijavanja mogu biti nepovratno uništeni, iako se to rijetko dešava.

1. **Pasivni hladnjaci**

Prvi tip hlađenja procesora je bio stavljanje hladnjaka na procesor; dio koji se već jako dugo koristi u svijetu elektronike za hlađenje elektroničkih elemenata. Televizori i radio uređaji su ih koristili mnogo godina, ima ih i u napajanjima računala, pa i na samim matičnim pločama. Ti hladnjaci se nazivaju još i ″*pasivni*″, što jednostavno znači da nema pomičnih dijelova na hladnjaku za razliku od aktivnog na kojem se nalazi pričvršćen ventilator.Primjena hladnjaka je jednostavna - hladi procesor koristeći toplinsku vodljivost i radijaciju. Veliki komad metala (najčešće aluminij) sa rebrima pričvršćen je na površinu procesora. Metal hladnjaka odvodi toplinu s procesora, a zrak struji kroz rebra hladnjaka i poboljšava hlađenje. Što je veća površina hladnjaka i rebra bolje je i hlađenje. Neki hladnjaci u novijim računalima mogu biti ogromni, površine 2 do 3 puta veće od samog procesora.Hladnjak je učvršćen na procesor na dva načina. Neki procesori dolaze s već zalijepljenim procesorom na sebi. Drugi se mogu skidati, a učvršćuju se tako da se zakvače za podnožje procesora ujedno stiskajući procesor prema dolje. Takvi hladnjaci bi u pravilu trebali koristiti i pastu za odvođenje topline koja se nanosi između procesora i hladnjaka za poboljšano prenošenje topline s procesora na hladnjak.

1. **Aktivni hladnjaci**

Aktivni hladnjak je samo proširenje pasivnog hladnjaka. Normalno i on koristi metal s rebrima pričvršćen za procesor, ali ima vlastiti mali ventilator koji direktno puše kroz rebra i na taj način dobro hladi. To uklanja potrebu pasivnog hladnjaka za potrebom strujanja zraka kroz hladnjak (npr.ventilator iz napajanja).Aktivni hladnjaci također mogu se učvršćivati ljepilom ili polugicama. Opet se preporuča korištenje paste za odvođenje topline ako se koriste polugice zbog poboljšanog odvođenja topline, jer u protivnom zbog nesavršenosti učvršćivanja pomoću polugica može doći do lošeg dodira između procesora i hladnjaka što umanjuje sposobnost hlađenja i na taj način može dovesti do pregrijavanja.Kvalitetni ventilatori koriste kuglične ležajeve i dolaze s trogodišnjom garancijom. No očito je da zato koštaju i do 7 puta više od običnih (iako je to još uvijek ništa naspram novog procesora).

1. **BUDUĆNOST (DVIJE ILI VIŠE JEZGRI)**
2. **Uvod**

Još prije koju godinu održavanje Mooreova zakona (snaga procesora se udvostručuje se svakih 18 mjeseci) nije uopće bio nikakav problem. U tu se svrhu u najvećoj mjeri koristilo povećanje radnog takta procesora i, kako su stvari stajale, činilo se da taj postupak može ići u nedogled. No, baš kad smo pomislili da su svi problemi riješeni, proizvođači su došli do svojevrsnog zida koji se najbolje može opisati kao barijera od četiri gigaherca. Pokušaji da se ta barijera dosegne i prestigne pokazali s da to neće biti nimalo laka zadaća te da će za njezino ostvarivanje trebati obaviti ne samo tehnološke, nego i neke druge promijene, a tu prije svega se misli na način korištenja procesora i njegovu stvarnu iskoristivost u računalu. Glavni problem konstantnog ubrzanja radnog takta javlja se u obliku generiranja sve veće količine topline koju je potom vrlo teško izvući iz samog procesora, a ni daljnja njezina odvodnja izvan kučišta nije tako jednostavna kao nekada kada je za sve bio dovoljan jedan jedini ventilator ili čak samo konvekcijsko hlađenje. Povećanje radnog takta dovelo je do toga da je sve veća energetska potrošnja procesora uzrokovana više porastom parazitskih i lutajućih struja nego povećanjem broja tranzistora koji obavljaju koristan posao. Može se na određen način zaključiti kako je energetska iskoristivost modernog procesora psotala prilično malena.

1. **Začetci**

Budući da je bilo očigledno da se takt neće tako skoro početi ponovno ubrzvati, bilo je očigledno i da treba pronaći neki drugi način koji će osigurati daljnje ostvarenje Mooreova zakona, a ujedno i ponukati kupce na zamjenu starijih modela procesora novima. Prva inačica mogućeg rješenja bio je procesor Pentium 4 s tehnologijom Hyperthreading koja taj procesor efektivno pretvara u svojevrstan *dual-processor* sustav, ali i dalje zadržava korištenje samo jednog fizičkog procesora što pozitivno djeluje na ukupnu cijenu sustava . Posve je jasno da tu ipak nije riječ o potpunom dvoprocesorskom sustavu, no neke su mu karakteristike vrlo bliske, stoga se može zaključiti kako mjesta za dobitak na brzini rada tu ima. Osnova Hyperthreadinga već je poodavno ugrađena u moderne procesore, a riječ je o paralelnom obrađivanju programskog koda. Radi se o takozvanom implicitnom paralelizmu gdje procesor izvršava linije koda koje slijede jedna drugu, ali ne ovise jedna o drugoj. Tako već u klasičnom dizajnu Pentiuma 4 imamo dvije *integer*  jedinice i jednu FP/SSE2 jedinicu, koje mogu obrađivati više naredbi istovremeno. Pogledamo li, međutim, strukturu x86 koda, lako ćemo uvidjeti da je stupanj implicitnog paralelizma u njemu prilično ograničen, što kao posljedicu ima nedovoljnu iskorištenost internih struktura peocesora. Različiti se izvori slažu kako je stvarna iskoristivost procesora Pentium 4 s većinom aktualnih softverskih aplikacija svega oko 40%, što znači da otprilike 30 milijuna tranzistora dobar dio vremena ne radi ništa nego čeka sljedeću naredbu koju treba obraditi. Situacija je gotovo istovjetna i kad je u pitanju AMD-ov Athlon, iako je on obzirom na tri odvojene FP jedinice nešto efikasniji.

1. **Virtualne jezgre**

Hyperthreading procesori (koje nalazimo samo u Intelovoj paleti proizvoda) ne pokušvaju ubrzati rad tako da u jedinici vremena izvršavaju još više instrukcija istog programskog niza. Kod njih se ubrzanje rada postiže istovremenom obradom instrukcija iz odvojenih programskih nizova. Odjednom se izvršavaju dva neovisna procesa (*thread*) čime se puno lakše ostvaruje bolja iskoristivost pojedinih njegovih radnih jedinica. Osnovni dizajn procesora se unatoč tomu nije previše promijenio. Interni ustroj nije udvostručen. Samo su prošireni elementi kontrolne logike smješteni prije i poslije radnih jedinica, a ujedno je ponešto poboljšan ustroj same jezgre. Njezini su osnovni radni elementi uglavnom ostali isti, pa je kontrolna logika glavni element odgovoran za predstavljanje Hyperthreading procesora kao dvoprocesorskog sustava. Tako će Windowsi virtualne procesore skrivene unutar Pentiuma 4 prepoznati kao dva odvojena procesora, a isto tako će ih prepoznati i aplikacije koje su pisane tako da iskoriste prednosti višeprocesorskih sustava. Način na koji Hyperthreading procesor radi u osnovi je vrlo jednostavan. Predstavlja se kao dva virtualna procesora koji nemaju prioritete, a ni striktnu podjelu po radnim jedinicama, nego podjednako konkuriraju za tri radna cjevovoda (*pipeline*) koji im se dinamički dodjeljuju. Ako, primjerice, jedan proces zahtijeva učitavanje podataka iz glavne memorije, a ne iz L1 ili L2 *cachea* , onda će za to vrijeme (stotine ciklusa) drugi procesor dobiti na raspolaganje sva tri cjevovoda. Trebaju li međutim oba logička procesora podjednaku radnu snagu, cjevovodi će im biti dodjeljivani pri svakom radnom taktu. Stoga dobitak na brzini rad nije dvostruk, nego ovisno o aplikaciji iznosi od deset do trideset posto, a u rijetkim kombinacijama zabilježeno je i četrdesetpostotno povećanje brzine.

1. **Dva u jednom**

Iako značajni, takvi dobici na brzini nisu zadovoljili ni proizvođače ni potrošače, a naravno da nisu zadovoljni ni marketinški odijeli koji uvijek žele nešto s čim mogu privlačiti buduće korisnike i uvjeravati ih kako je upravo njihov proizvod ono što neizostavno trebaju. Trebalo je otići korak dalje, ali još uvijek pod osnovnim ograničenjem da se upotrijebi samo jedan fizički procesor odnosno jedno procesorsko podnožje kako bi se izbjeglo korištenje puno skupljih višeprocesorskih matičnih ploča. Budući da je istovremeno s «udaranjem» u granicu od 4GHz dosegnut već zavidan stupanj smanjivanja elektroničkih elemenata procesora (i drugi čipova), došlo se do logične ideje da se na osnovi supstrat postave dvije identične jezgre, što takav procesor efektivno pretvara u dva procesora uz (željeno) zadržavanje samo jednog procesorskog kučišta. Jasno je da je pritom ipak trebalo riješiti neke dodatne probleme, no kako su oni u velikoj mjeri već bili riješeni u prvim višeprocesorskim sustavima, nova je ideja vrlo brzo dobila na popularnosti i nije trebalo dugo čekati do njezina ostvarenja u praksi. Očekivalo se, naravno, da će Intel probiti led i predstaviti prvi dvojezgreni (*dual-core*) procesor, no ta je čast pripala AMD-u koji je predstavio odlično riješenje vrlo dobrih radnih karakteristika. Intel je odgovorio svojom serijom procesora s oznakom «D», no ni AMD u međuvremenu nije spavao, te je i on odgovorio serijom procesora Athlon 64 X2, koji sami po sebi predstavljaju odličnu reklamu za *multi-core* tehnologiju i zorno prikazuju da je to put kojim treba nastaviti. Iako je AMD bio prvi, može se reći kako dva glavna igrača, barem kad su u pitanju dual-core procesori vode mrtvu utrku. Najveće se razlike ne vide u samoj tehnologiji, nego u pristupu prodaji i marketingu, a zanimljivo je uočiti kako su se pozicije nekako zamijenile. Tako AMD svoje dual-core procesore više gura na tržište radnih stanica i servera, dok Intel pokušava osvojiti mainstream dio tržišta. Tako se dogodilo da je AMD-ov procesor Athlon 64X2 postao i bolje i skuplje riješenje od Intelove serije «D», no lako je moguće da konačnu pobijedu odnese Intel jer će nižom cijenom osvojiti veći dio tržišta koji će kasnije biti spremniji na ponovnu nabavu Intel dual- i multi-core procesora. Teško je prognozirati kako će se situacija zaista razviti, ali je iz trenutne «politike» obaju proizvođača lako pročitati kako ona prije svega proizlazi iz njihovih proizvodnih mogućnosti. AMD na tom području još uvijek značajno zaostaje za Intelom, stoga je jasno da svojim najboljim produktima mora dati određenu dozu ekskluzivnosti. Intel je pak u stanju zatrpati tržište velikom količinom procesora te tako postići veliku penetraciju i nisku cijenu što u najvećoj mjeri i čini.

1. **Snaga dizajna**

Najveća snaga AMD-ova procesora Athlon 64 X2 je u tome što se njegov dizajn zasniva na vrlo moćnom osnovnom dizajnu razvijenom još za porodicu procesora Optreon, a brojne zajedničke elemente s njima ima još i AMD-ov Turion 64. Svi ti zajednički elementi koji trenutno ponajbolje funkcioniraju u X2 procesorima predstavljaju priličan trn u oku Intelu jer AMD-u omogućuju jednostavno i brzo prilagođavanje procesora novim zahtjevima tržišta, pa se tako već priča kako bi se uskoro mogao pojaviti «pokazni» višejezgreni model procesora (i AMD i Intel najavili su početkom 2007. četverojezgrene procesore) koji ne bi koristio dvije, nego četiri posve samostalne jezgre. Time bi AMD već dobrano zagazio u pudručje naprednih računala, ali bi istovremeno i to područje približio široj korisničkoj populaciji, što bi svakako dovelo do tektonskih poremećaja na tržištu procesora. No o tome u skoroj budućnosti, a sada se pozabavimo onim što Athlon 64 X2 nudi danas. Procesor se interno sastoji od dviju samostalnih jezgri. Uz svaku je vezano 128 kB L1 i 1 MB L2 međuspremnika (cache). Jezgre su povezane specijalnom vezom preko koje komuniciraju punom brzinom (maksimalni radni takt), čime se postiže efikasnost o kojoj procesori Pentium D mogu samo sanjati. Jezgre koriste isti memorijski kontroler integriran u sam procesor, a također dijele isti HyperTransport link. Zanimljivo je da se obje komponente nisu mijenjale još od trenutka kad je Athlon prebačen na 90-nanometarski proizvodni proces, što dovoljno govori o kvaliteti osnovnog dizajna započetog još na procesorima Opteron i dalekovidnosti AMD-ovih stručnjaka koji sada žanju uspjehe čije je sjeme posijano još prije nekoliko godina. Dobar dizajn omogućio je jednostavno kreiranje cijele palete dvojezgrenih procesora. Bilo je dovoljno varirati veličinu međuspremnikai brzinu radnog takta i već je tržištu ponuđeno dovoljno raznolikosti koja će zadovoljiti veličinu korisnika. Tako, primjerice, najjači model 4800+ ima radni takt od 2.4 GHz i 2X1 MB međuspremnika, dok se model 4600+ kreirao tako da je zadržan isti radni takt, ali je međuspremnik smanjen na 2X512 KB. Krenemo li još niže, doći ćemo do modela 4400+ kojemu je radni takt smanjen na 2,2 GHz,ali mu je vraćen međuspremnik kapaciteta 2X1MB. Jednostavne varijacije daju različite proizvode,a da se pritom osnovna funkcionalnost ne mijenja. Uočimo li još da novi procesor nije zahtjevao posve nove chipsete, možemo zaključiti kako je AMD zaista vrlo dobro riješio dual-core zadaću.

1. **Snaga zagrijavanje**

Kod Intelova procesora Pentium D situacija je nešto zamršenija, a osnovni problemi proizlaze iz činjenice da na radnom taktu od 3,2 GHz procesor ima termalnu disipaciju od 130W. Drugi je nedostatak dizajna u tome što je trebalo napraviti posve nove chipsete jer se kod Intela memorijski kontroler ne nalazi u procesoru nego u northbridge dijelu chipseta. Neke su stvari ipak ostale unutar dobro poznatih okvira. Procesori Pentium D i dalje se mogu koristiti u LGA775 podnožjima, a koristi se i provjerena 800-megahercna FSB sabirnica. Zanimljivo je da jezgre koriste FSB sabirnicu za svoju komunikaciju, što je svakako lošije riješenje od AMD-ovog gdje jezgre komuniciraju preko internih veza i to maksimalnim radnim taktom. Svaka jezgra ima L2 cache kapaciteta 1MB. Prema nekim izvorima,razmišljalo se i o kapacitetu od 2MB po jezgri, no ispostavilo se da bi to bio preveliki zahtjev za 90-nanometarski proizvodni proces. Stoga se može očekivati kako će L2 cache narasti tek kad Intel prijeđe na proizvodne procese još manjih dimenzija. Unatoč navedenim ograničenjima Intel je ipak uspio postići da je brzina izvršavanja odgovarajućih višenitnih (multi-threaded) aplikacija značajnije veća od brzine kojom bi se one izvršavale na standardnom single-core procesoru. Jedno od neospornih prednosti u odnosu AMD Athlon 64 X2 javlja se kod inačice Extreme Pentiuma D. Ta inačica osim dvije jezgre nudi još i tehnologiju Hyperthreading primjenjenu na svakoj jezgri,pa se operativnom sustavu predstavlja kao 4 logička procesora. Može se reći kako kombinacija dviju fizičkih i dviju virtualnih jezgri ponajbolje iskorištava sve resurse, no to ćete platiti prilično skupo, što korištenje takvog procesora ograničava na prilično malen krug potencijalnih korisnika. Največi je problem Intelovihprocesora Pentium D ipak u velikoj energetskoj potrošnji. Uspije li Intel riješiti taj problem i još više se približiti granici od 4 GHz, vidjet ćemo i značajniji napredak u brzini izvršavanja multi-threaded softvera, a da pritom taj napredak nećemo morati platiti korištenjem rashladnih sustava dostojnih space-shuttlea.

1. **Najava**

Oba proizvođača procesora najavila su početkom nove godine na tržište pustiti četverojezgrene procesore (Intel ostaje pri novom brandu Core 2 Quatro), s tim da su oba proizvođača izbacila i nove čipsete AMD-AM2, Intel-975X. No AM2 procesori, unatoč istom broju pinova kao i 940 procesori, neće biti kompatibilni sa 940 pločama. Još jedna novost iz AMD-a će biti kompatibilnost sa DDR2 memorijom što Intel koristi već godinu dana.

1. **Kraj jednog doba**

Ono što se iz događanja u prošloj godini,ali i događaja predviđenih za ovu godinu,može zaključiti je da ni jedan ni drugi proizvođač procesora nisu sposobni povećavati performanse svojih proizvoda na klasičan način, povećavanjem radne frekvencije. Epilog utrke za gigahercima koja je počela još u vrijeme Pentiuma III je sadašnji nagli prelazak na višejezgrenost i virtualizaciju, koncepte dobro poznatih iz velikih računalnih sustava. Bitno je naglasiti da je zadatak povećanja performansi uvelike prebačen na leđa proizvođača softvera. U zlatno doba gigahercne trke, proizvođači softvera mogli su računati na prilično konzistentan rast performansi hardvera pa se nisu previše zamarali optimizacijama i iskorištavanjem egzotičnijih mogućnosti procesora. Takvoj je politici sada kraj budući da su oba proizvođača procesora performanse morali početi povećavati paralelizacijom, a ne sirovim povećavanjem jedne jedine jezgre. Prvi rezultati ovakve strategije su dvojezgreni procesori, no to je samo početak budući da su obje tvrtke potvrdile razvoj četverojezgrenih procesora za 2007.g. Da bismo vidjeli osjetne razlike u brzini izvođenja aplikacija i pomake koje obećavaju proizvođači po formuli više jezgri-više performanse nužno je da se proizvođači softvera trgnu i počnu planirano kodirati softver koji će iskoristiti mogućnosti višejezgrenih procesora. Programeri će morati zagrijati stolice i uložiti vrijeme u učenje novih trikova i mnogo više planirati projekte u potrazi za zadacima koji se mogu paralizirati. Ruku na srce, danas je situacija mnogo bolja nego u vrijeme stavljanja prvih dvojezgrenih procesora, no za pravu višejezgrenu budućnost potrebne su radikalnije promjene. Zasigurno će ih biti, no koliko brzo, pokazat će vrijeme.

Literatura:

* <http://www.tp-smith.co.uk/a5/hardware.html> (prosinac,2011.)
* <http://laris.fesb.hr/predavanja/cpu.html> (prosinac 2011.)
* <http://hr.wikipedia.org/wiki/Procesor> (prosinac 2011.)
* informatički- enciklopedijski rječnik

prof. Dr. Sc. Željko Panjan

ISBN 953-6748-00-2

* Informatika – kompjuteri i primjena

Zageb, 1995

ISBN 953-96095-0-X

* Goran Smiljić

Računala i procesi

Zagreb, 1991

ISBN 86-03-00092-1