



*Univerzitet «Džemal Bijedić»
Fakultet Informacijskih Tehnologija
Mostar*

WORKSHOP

Arhitektura Računarskih Sistema

Poglavlje 9: Digitalni računari

9.1 Povijesni pregled

Veliko je pitanje povjesničara tko je stvorio koncept modernog računala, ali većina se slaže da je koncepte modernog računala stvorio u devetnaestom stoljeću engleski izumitelj Charles Babbage. Njegova nastojanja da stvori programabilno računalo s tehnologijom svoga vremena dovela su ga do neuspjeha jer masovna proizvodnja uniformnih mehaničkih dijelova s niskim tolerancijama do tada nije postojala.

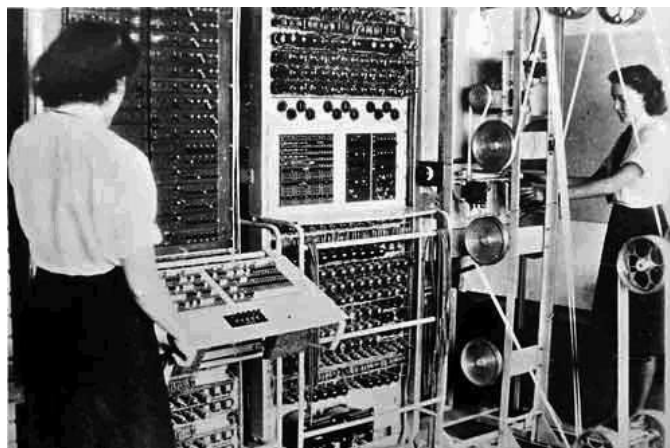
Prvo elektroničko računalo bilo je Colossus (slika 1). Računalo je konstruirano 1943. godine u vrijeme drugoga svjetskoga rata. Načinjeno je u strogoj tajnosti i koristila su ga za dešifriranje povjerljivih njemačkih poruka (pod Turingovim nadzorom). Računske operacije obavljalo je 2000 elektronskih cijevi. Računalo se sastajalo od ulaza za podatke, odnosno 5 rola papira s rupicama na kojima je bila poruka koja koju je trebalo dešifrirati. Trake papira čitale su se optičkim čitačem i niz rupica pretvarao se u električne impulse. Električni su se impulsi zatim prenosili i nad njima su se izvršavale različite operacije. Na kraju se dobila dešifrirana poruka.

Konrad Zuse je 1942. godine konstruirao Z3, prvo relejno računalo s jednostavnim programiranim upravljanjem, temeljeno na binarnom brojevnom sustavu.

Američki fizičar Howard H. Aiken konstruirao je 1944. godine elektromehaničko računalo za automatsko rješavanje diferencijalnih jednadžbi. Bio je to velik i kompliciran stroj nazvan MARK 1. To računalo imalo je 3300 ugrađenih elektronskih cijevi i mnoštvo drugih dijelova povezanih s ukupno 80 km. žice. Bilo je tisuću puta brže od najbržeg tadašnjeg mehaničkog računala, čime je i završila era mehaničkih strojeva za računanje.

Postupnim poboljšanjem tehnologije proizvodnje i minijaturizacije (tranzistor i integrirani sklop) krajem 20. stoljeća računala su postala sve dostupnija i integralni dio civilizacije.

Zanimljivost: Mušice koje su se ljepile na vruće elektroničke cijevi uzrokovale su pogreške u radu računala. Od tada do danas pogrešku u programu se naziva BUG (bug = mušica).



Slika 1. Colossus računar

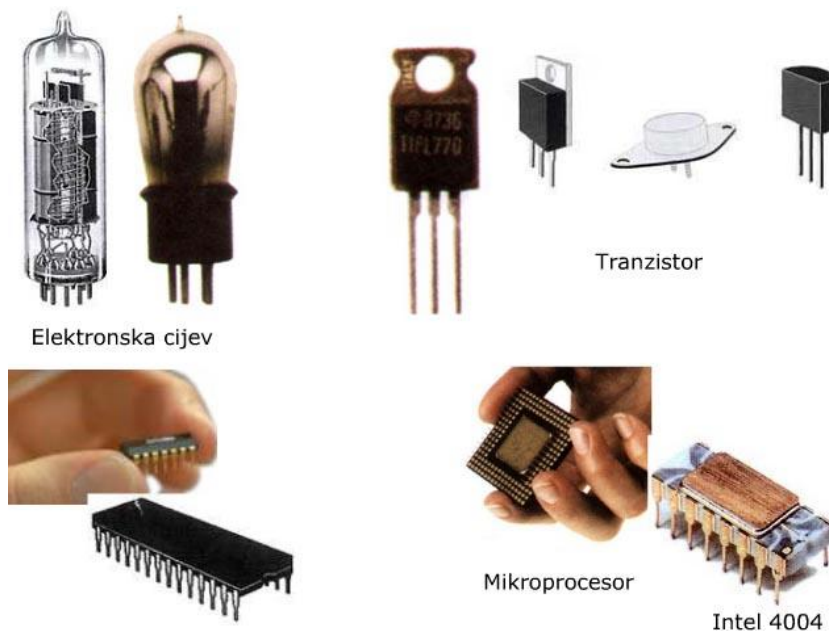
9.1.1 Generacije računala

Računarstvo kao primjenjena disciplina slijedi tokove tehnologije. Krajnji proizvod, računalno i softver, spoj je skupljenih znanja i primjena proizvodnih tehnologija i materijala vremena iz kojeg računalo potječe. Ponekad su smjene tehnologija toliko radikalne da stvaraju velike promjene u gradnji računala te se računala prema tim smjenama klasificiraju u generacije. U stručnoj literaturi obično se spominju četiri generacije računala, i ta podjela zasnovana je na tehnologiji koja je bila korištena za izgradnju temeljnih sklopova računala:

- **Prva generacija računala** 1946 do 1958 - (temeljna jedinica izrade računala je elektronska cijev). Računala te generacije građena su od elektronskih cijevi, male su pouzdanosti, velike težine, male memorije i programiraju se samo u strojnom jeziku koji je težak za uporabu.
- **Druga generacija računala** 1959 do 1964 - (temeljna jedinica izrade računala je tranzistor). Uporaba tranzistora kao građevnog elementa ovih računala znatno je poboljšala pouzdanost računala, smanjila dimenzije i potrošnju električne energije. Javljaju se viši programski jezici jednostavni za upotrebu (npr. Fortran) i razvijaju se programi koji upravljaju radom računala (operativni sustavi).
- **Treća generacija računala** 1965 do 1970 - (temeljna jedinica izrade računala je integrirani sklop). U računalima te generacije upotrijebljeni su integrirani krugovi, što je omogućilo smanjenje dimenzija računala. Integrirani krugovi te generacije su malog i srednjeg stupnja integracije (SSI - small scale integration, MSI - medium scale integration). Stupanj integracije odnosi se na stupanj složenosti kruga, koji se može mjeriti brojem tranzistora koje krug sadrži. Prvo računalo te generacije načinila je tvrtka IBM (serija 360). Pouzdanost tih računala je velika. Javljaju se višekorisnički i višezadaćni operativni sustavi.

- **Četvrta generacija računala** 1970 do danas - (temeljna jedinica izrade računala je mikroprocesor). Također je karakterizira upotreba integriranih krugova, ali velikog i jako velikog stupnja integracije (LSI - large scale integration i VLSI - very LSI). Čitavo računalo moguće je načiniti od svega nekoliko integriranih krugova, pa čak i samo od jednog. Računala koje danas koristimo pripadaju toj generaciji. Pouzdanost računala ove generacije je vrlo velika.

Danas smo na pragu **pete generacije** računara. Značajka te generacije računala nije više samo osnovna građevna komponenta (VLSI integralni krugovi), već primjena umjetne inteligencije i komunikacija govorom.



Slika 2. Temeljne jedinice računala

Elektroničke cijevi bile su osnovni element prvih elektroničkih računala i imale su neke značajne mane: velike dimenzije, veliku potrošnju električne energije i bile su nepouzdana: ENIAC-u je trebalo mijenjati prosječno 50 cijevi dnevno. Zato je veoma značajan trenutak u razvoju računala pronalazak tranzistora krajem četrdesetih godina. Bio je to izum američkih fizičara koji su radili u laboratorijama Bell Company, a zvali su se John Bardeen, Walter Houser Brattain i William Shockley. Za svoj rad spomenuti fizičari dobili su 1956. godine Nobelovu nagradu. Prvo tranzistorsko računalo sagrađeno je 1955. godine.

Tranzistor je bio revolucionarni pronalazak, jer je zamijenio elektronsku vakuumsku cijev, a nije imao niti jednu manu karakterističnu za cijevi. Korak dalje u razvoju računala predstavljao je integrirani krug, koji je sadržavao čitave elektroničke sklopove (npr. logička vrata) na jednoj pločici silicija veličine par kvadratnih milimetara. Stupanj integracije (broj tranzistora po kvadratnom milimetru pločice) neprestano se povećavao,

tako da je danas je moguće izraditi čitavo računalo na jednoj pločici silicija (tzv. čip).

9.1.2 Razvoj osobnih računala

Pojava mikroprocesora i ostalih komponenti na temelju tehnologije LSI i VLSI omogućila je pojavu osobnih računala. Prva se javljaju na tržištu 1973. godine. Bila su to računala s 8-bitnim procesorom i vrlo malo memorije (par kB). Prvo računalo koje je moglo poslužiti i za ozbiljnije (poslovne) namjene bilo je računalo Apple II s programom VisiCalc (proračunska tablica). Pojavilo se 1977. godine i stajalo 1298 dolara. Ostala poznata imena iz tog razdoblja su: Commodore PET, Radio Shack TRS-80, Atari 400, Texas Instruments TI 99, Comodore 64, Sinclair Z80, itd..

U kolovozu 1981. godine tvrtka IBM predstavlja svoj IBM Personal Computer. Osnovni model stajao je 3000\$, imao je 16-bitni procesor 8088 tvrtke Intel, 64KB RAM, 40KB ROM i disketnu jedinicu 5.25" (160KB). Nakon tri godine je prodano 1,000,000 računala. Zajedno s IBM-PC računalom isporučivao se najrašireniji operativni sustav u povijesti računala: Microsoft Disk Operating System (skraćeno MS- DOS) tvrtke Microsoft koju su 1975. godine osnovali Paul Allen i Bill Gates (danas najbogatiji čovjek na svijetu). Do sada je tim operativnim sustavom opremljeno preko 70 milijuna računala.

Razvojem novih i snažnijih mikroprocesora firme Intel koji su bili kompatibilni s procesorom 8088 (programi pisani za računala s procesorom 8088 mogli su se izvršavati i na njima - obratno nije moralo vrijediti) počela je proizvodnja i drugih tipova PC računala.

Tvrtka Apple Computer, koju su 1976. godine osnovali Stephen Wozniak i Steven Jobs i koja je proizvodila Apple II računala, pokušala se oduprijeti tržišnom prodoru IBM-a proizvodnjom Apple III računala, ali bez većeg uspjeha. Tvrtka je zato odlučila uložiti veliki novac (100 milijuna dolara tokom dvije godine) u razvoj grafičkog korisničkog sučelja. Nakon kratkotrajnog neuspjeha s modelom Apple Lisa (1983. godine), pojavljuje se 1984. godine na tržištu Apple Macintosh računalo koje koristi jednostavno grafičko korisničko sučelje s prozorima, padajućim izbornicima, i ostalim, danas uobičajenim, elementima. Apple Macintosh računala bazirana su na procesorima serije 680x0 tvrtke Motorola. Računala Tvrtke Apple Computer jedna su od rijetkih koja su izdržala konkurenciju IBM-PC kompatibilnih računala.



Slika 3. Apple Macintosh

Od 1985. godine i IBM-PC računala mogu imati grafičko korisničko sučelje. Te godine je tvrtka Microsoft na tržište izbacila operativni sustav Windows 1.0. Značajno poboljšanje slijedilo je 1990. godine kada se javlja Windows 3.0. 1995. godine slijedi Windows 95, tri godine kasnije njegova nešto poboljšana verzija Windows 98. Windows Me (Millennium Edition), zatim Windows XP i sada najavljivani Windows Vista.

9.2 Von Neumann-ov model

Ideju za rješavanje programabilnosti, a time i univerzalnosti računala, dao je američki matematičar mađarskog porijekla John von Neumann. Njegova ideja o računalu koje bi radilo na osnovi izmjenjivog programa, bila je revolucionarna i zaokružila je niz važnih otkrića koja su bila temelj daljnjem razvoju računala. Još i danas se moderna računala grade na takozvanom von Neumannovom modelu arhitekture računala.

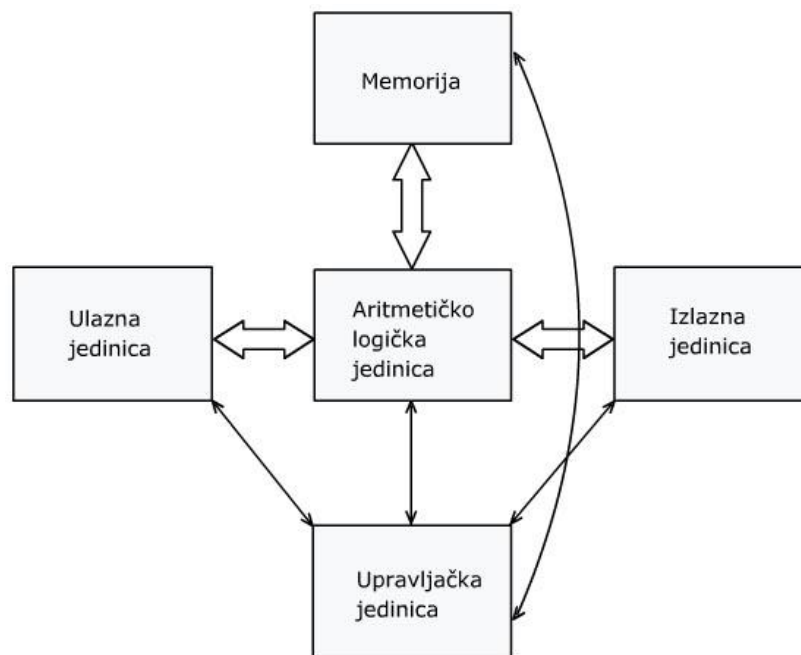
John Von Neuman predložio je potpuno novu koncepciju računala, koja se sastojala u slijedećem:

1. Odvajanje programa od strojeva to jest pohrana programa u memoriju i to u binarnom obliku, odakle se mogu koristiti kao slijed instrukcija kojima se izvršava neki zadatak (do pojave ovog koncepta svaki se novi zadatak unosio u računalo preklapanjem sklopki i releja, bilo u samom računalu ili na tzv. kontrolnoj tabli.
2. Odvajanje podataka od programa - podaci se kao i programi smještaju u memoriju računala na posebne memorijske lokacije i odatle uzimaju po potrebi programskih instrukcija. Rezultati obrade smještaju se također u memoriju računala a iz nje ne neku perifernu jedinicu odnosno trajni zapis.

3. Razdvajanje ulaza, obrade, skladištenja i izlaza podataka - semantički skupovi podataka pretvaraju se u stroju čitljivu (binarnu) formu u kojoj bivaju obrađeni, nakon čega se ponovo pretvaraju u čovjeku čitljiv skup semantičkih oznaka.
4. Razdvajanje matematičko logičkih procesa i procesa kontrole i upravljanja tokovima procesa.

Von Noumann-ov model računala sastoji se od pet jedinica:

- Aritmetičko-logičke jedinice
- Upravljačke jedinice
- Memorije
- Ulazne jedinice
- Izlazne jedinice

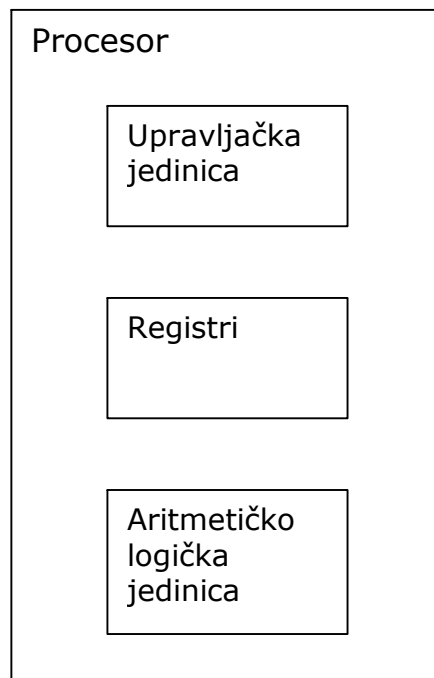


Slika 4. Von Noumann-ov model računala

9.2.1 Aritmetičko-logička i upravljačka jedinica

Aritmetičko-logička jedinica obavlja, kao što joj i ime to kaže, aritmetičke i logičke operacije s operandima (podacima) koji se dovode na njezin ulaz. Koju će operaciju aritmetičko-logička jedinica obaviti i s kojim podacima određuje upravljačka jedinica preko upravljačkih signala. Aritmetičko-logička jedinica i upravljačka jedinica računala usko su vezane i čine, zajedno s nekoliko registara, cjelinu koja se zove centralna procesna jedinica (CPU - Central Processing Unit, centralni procesor, procesor). Razvoj tehnologije omogućio je izradu centralne procesne jedinice na jednom čipu (chip - mali komadić poluvodičkog kristala na kojem je izrađen integrirani elektronički krug). Takva centralna procesna jedinica zove se mikroprocesor.

Upravljačka jedinica pribavlja (čita) instrukcije iz memorije, dekodira ih i omogućuje izvršenje instrukcija šaljući upravljačke signale pomoću kojih aritmetičko logička jedinica, memorija i ulazno-izlazne jedinice izvode potrebne operacije.



Slika 5. CPU

U svome radu procesori se služe malim, vrlo brzim memorijama koje su dio strukture procesora, (posebno aritmetičko-logičke jedinice) i pod neposrednom su kontrolom procesora. **Registri** služe za privremeno pohranjivanje podataka. Napravljeni od bistabilnih poluvodičkih elemenata i njihova je brzina rada jednaka brzini rada procesora. Mogu biti namijenjeni za izvršavanje određenih zadataka (namjenski registri) ili raznih operacija (opći registri). Današnje procesore nazivamo i registrarskim strojevima, jer posjeduju (prilično) velik broj registra preko kojih rade najveći broj operacija. Naime, pristup registrima je mnogo brži od pristupa memoriji, a same instrukcije su jednostavnije, kraće i zauzimaju manje memorije. Procesor s većim brojem registara dopušta određivanje jednog ili više operanada tijekom izvođenja same instrukcije. Operand je u tom slučaju pohranjen u glavnoj memoriji, u jednom od registara, ili pak je sadržan u samoj instrukciji. Računalo se tijekom izvođenja programa u uvijek nalazi u jednoj od dvije moguće faze:

- **Pribavi** - tijekom ove faze upravljačka jedinica uzima (pribavlja) instrukciju iz memorije.
- **Izvrši** - tijekom ove faze izvršava se instrukcija koja je uzeta u prethodnoj fazi pribavi.

Podatci iz uzeti iz memorije ili poslani memoriji tumače se kao operandi, odnosno rezultati.

9.2.2 Memorija

Memorija računala služi za smještaj programa i podataka koji se trenutno koriste. Program koji želimo koristiti obično je trajno smješten na nekoj ulazno-izlaznoj jedinici (npr. tvrdom disku) zajedno s nizom drugih programa. Da bi određeni program mogli izvesti, mora se prvo učitati (zapisati) u memoriju računala. Podaci koji se programom obrađuju učitavaju se u memoriju preko neke ulazne jedinice (npr. disk ili tastatura). Podaci nastali kao rezultat obrade ulaznih podataka također se smještaju u memoriju i po potrebi prikazuju na ekranu, pisaču ili nekom drugom izlaznom uređaju. Prilikom isključivanja računala treba voditi računa o tome da se svi podaci koji su zapisani u memoriji računala gube. Zato treba prije isključenja napajanja sve podatke koje želimo sačuvati snimiti na disk ili disketu.

Memorija je građena od poluvodičkih elemenata - tranzistora koji za svoj rad trebaju električnu energiju. Naprotiv, podaci na disku će ostati sačuvani i kada isključimo napajanje električnom energijom, ali, naravno, neće biti dostupni. Poluvodička memorija naziva se i radna (središnja, glavna) memorija za razliku od vanjske (pomoćne) memorije kao što su diskovi, diskete i slični uređaji koji služe za trajno pohranjivanje podataka i programa.

Memorija se može prikazati u obliku cjelovitog bloka koji se sastoji od određenog broja **memorijskih lokacija**, a lokacija se sastoji od određenog broja bitova. Svaka memorijska lokacija ima svoju **adresu**, koja omogućuje pristup toj lokaciji radi **čitanja** podatka koji je u nju upisan, ili radi **upisivanja** novog podatka. Dakle, treba razlikovati adresu memorijske lokacije od njenog sadržaja. Dužina jedne memorijske lokacije jedan bajt. To ne znači da je duljina riječi računala čija je memorija ovako organizirana jedan bajt. Ako je duljina riječi 32b tada se adresiranjem određene memorijske lokacije dobije sadržaj adresirane lokacije plus slijedeće tri lokacije, dakle sadržaj ukupno četiri bajta, kolika je i duljina riječi.

Dio memorije računala mora biti memorija sa stalnim sadržajem koja služi za smještaj prvog programa koji se izvršava nakon uključivanja računala. Iz takve memorije sadržaj se može samo čitati, pa se takva memorija naziva **ROM** (Read Only Memory). Memorija čiji se sadržaj može mijenjati naziva se **RAM** (Random Access Memory).

Veličina memorije izražava se u bitima (b), odnosno u većim jedinicama: bajtima (B), kilobajtima (KB), megabajtima (MB) i gigabajtima (GB). Jedan bajt ima 8 bita, jedan kilobajt iznosi 2^{10} (1024)

bajta, a jedan megabajt 2^{20} (1 048 576) bajta. Jedan gigabajt iznosi 2^{30} (1 073 741 824) bajta.

Broj bitova za zapisivanje adrese memorijske lokacije je ograničen. Iz toga proizlazi da, ako imamo n bitova za zapisivanje adrese, možemo adresirati ukupno 2^n bajtova. Skup svih adresa naziva se **adresnim prostorom** računala.

Program računala tvori niz naredbi (instrukcija) smještenih u memoriji računala koji se izvršavaju redom kojim su smještene u memoriji. Izuzetak su naredbe koje uzrokuju skok na naredbu koja nije slijedeća na redu. Naredbe su zapisane binarnim kodovima. Naredba se općenito sastoji od **operacijskog koda** koji određuje koju operaciju treba izvršiti i od **adrese operanda**. Dakle operacijski kod govori što treba napraviti, a adresa gdje se u memoriji podatak nalazi. Neke instrukcije nemaju adrese operanda, dok neke mogu imati i više adresa (ako instrukcija radi s više operanada).

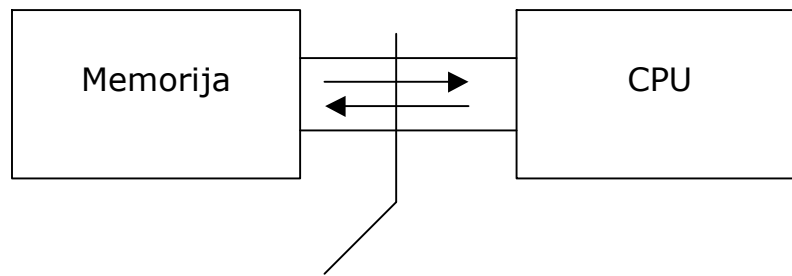
Za ispravan rad računara važno je vremenski koordinirati (uskладiti) rad svih jedinica računara. Takva vremenska koordinacija zove se **sinkronizacija**. U računaru se sinkronizacija postiže signalom koji generira **generator takta**. Takav signal zove se **signal takta** (clock pulse). Frekvencija tog signala kod današnjih osobnih računara (s procesorom tipa pentium) iznosi 400 do 2000 MHz. To znači da je razmak između dva impulsa (perioda, $T=1/f$) 10 do 0.5 ns. Izvršenje svake instrukcije zahtijeva nekoliko impulsa takta, dakle traje nekoliko perioda. Brzina izvođenja instrukcija proporcionalna je frekvenciji impulsa takta, a najveća moguća frekvencija ograničena je izvedbom samog procesora, kao i ostalih sklopova računara.

9.2.2.1 Von Noumann-ovo usko grlo

Dok se osnovna računalska organizacija predložena od strane Von Noumanna široko koristi, odvajanje memorije i CPU-a je dovelo do limitacije performansi, specifično, kašnjenje pri pristupu memoriji. Zbog razlike u tehnologijama koje se koriste u implementiranju CPU-a i memorijskih uređaja i zbog poboljšanja u arhitekturi i organizaciji CPU-a, kao što su veoma duboki vodovi, ciklusno vrijeme CPU-a je smanjeno na razinu mnogo bržu nego što je vrijeme potrebno za pristup memoriji. Kao rezultat. nastaje znatan imbalance između potencijalnih performansi CPU-a i memorije je nastao. Pošto je ukupna performansa sistema limitirana svojom najsporijom komponentom, ovaj imbalance prezentuje važno usko grlo performansi.

Performanse računalskih sistema baziranih na Von Noumann-ovoj arhitekturi je limitirana arhitekturom "jedna po jedna instrukcija" izvršnom paradigmom. To je arhitektura SISD (Single instruction stream Single Data Stream) u bilo kojem trenutku na spojnom putu između memorije i

centralne procesorske jedinice nalazi se najviše jedna instrukcija. Isto vrijedi i za tok podataka.



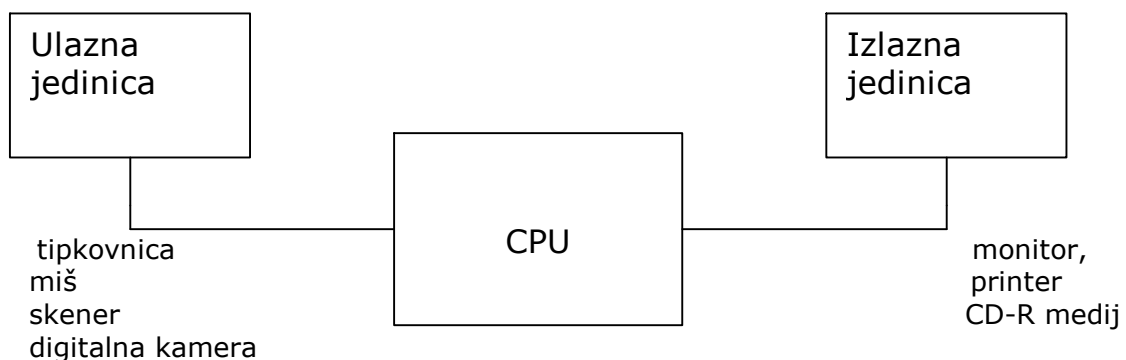
Von Noumann-ovo usko grlo

Slika 6. Von Noumann-ovo usko grlo

9.2.3 Ulazna i izlazna jedinica

Ulazna jedinica opskrbljuje računalo programima i podacima. To se može obavljati preko tipkovnice ili uz pomoć jedinica koje koriste magnetske i druge medije na koje su podaci i programi već ranije snimljeni. Tipiče ulazne jedinice su: tipkovnica, miš, skener, digitalna kamera, jedinice koje koriste magnetski medij (tvrdi disk, savitljivi disk, magnetska vrpca), CD (compact disk) i DVD jedinice koje koriste optički zapis podataka, čitač bar koda (npr. u samoposlugama, robnim kućama, knjižnicama) i skener.

Izlazna jedinica služi da rezultate obrade podataka prikaže korisniku računala. Rezultate je moguće prikazati na ekranu, ispisati na pisaču, ili pohraniti (snimiti) na magnetski ili drugi medij. Snimljeni podaci mogu se koristiti kao ulazni podaci u slijedećoj obradi podataka.



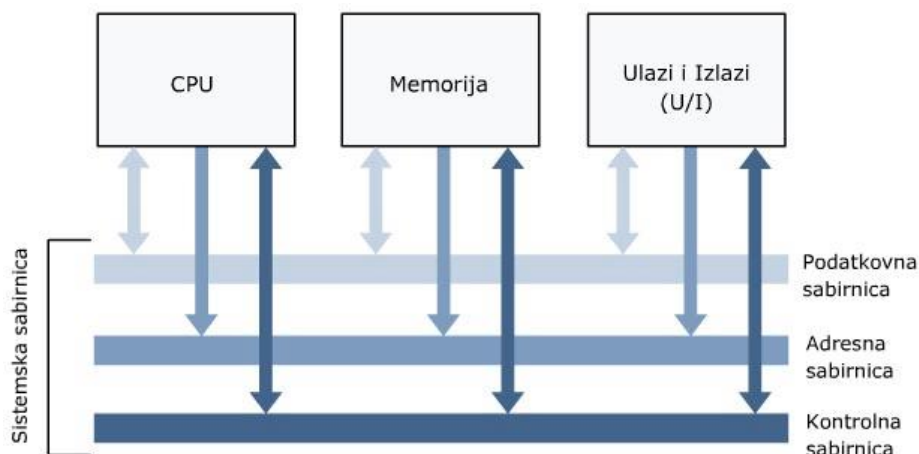
Slika 7. Ulazno – izlazne jedinice

Tipiče izlazne jedinice su: monitor, pisač, jedinice koje koriste magnetske medije (tvrdi disk, disketa, magnetska vrpca), CD jedinica (koja ima mogućost snimanja). Treba uočiti da neke jedinice služe samo kao ulazne, neke samo kao izlazne, a neke i kao ulazne i kao izlazne. Jedinice koje

upotrebljavaju magnetske medije redovito omogućuju i zapis i čitanje podataka, a princip rada sličan je principu rada običnog magnetofona koji omogućuje snimanje i reprodukciju zvučnog signala.

9.3 System Bus model

Pojedine sastavne dijelove računala potrebno je povezati električnim vodičima u jedinstveni sustav. S obzirom na veliki broj sastavnih dijelova, veoma je važan način povezivanja tih dijelova. Kad bi se svaka komponenta sustava povezivala sa svakom drugom komponentom posebnim vodičima, broj vodiča bio bi tako velik da bi sustav bio praktički neostvariv. Dijelovi računala su zato povezani pomoću posebne skupine vodiča koji se nazivaju sabirnicama (eng. Bus). Sabirnice su redovito izvedene kao vodiči na površini tiskane pločice, a izvedene su i na priključnice (konektore) unutar računala kako bi se mogli priključiti dodatni sklopovi. S obzirom na vrstu informacija koje prenose postoje tri osnovne vrste sabirnica: podatkovna sabirnica (data bus), adresna sabirnica (address bus) i kontrolna sabirnica (control bus).



Slika 8. System bus

Podatkovna sabirnica

Podaci predstavljeni bitima, između različitih komponenti mašine, prenose se preko podatkovne sabirnice paralelno. To znači, da je količina prenesenih podataka direktno zavisna od "širine" sabirnice, odnosno broja žica na sabirnici. Tako susrećemo sabirnice od 8, 16, 32, 64 i više bita (žica). Širina sabirnice ne mora da znači i "veličinu" procesora, jer recimo 16-to bitni procesor može prenositi podatke dva puta po 8 bita. Normalno, da se zaključiti da je 32-vo bitni procesor jači od 16-to bitnog, jer može u istoj jedinici vremena prenijeti više podataka.

Često se prema sabirnici i procesori zovu osmo, 16-sto, 32-vo ili 64-ro bitni procesori. Širina sabirnice se podešava da bude umnožak bajta, odnosno riječi. Ako bi bila 24-ro bitna sabirnica (3 bajta), onda bi 32-vo

bitni procesor morao dva puta da pristupi memoriji za prijenos jedne njegove riječi. Naravno da procesori mogu pristupiti podacima preko sabirnice, koja odgovara njihovoj veličini, ali i tada oni mogu pristupiti i manjim skupinama podataka, što znači da jači procesor može uraditi sve što može i slabiji.

Adresna sabirnica

Da bi podatkovna sabirnica izvršila prijenos podataka između procesora i neke memorijske lokacije ili U/I uređaja, mora se odgovoriti na jedno pitanje: Na koju lokaciju?, ili Sa koje lokacije se vrši prebacivanje podataka? Odgovor na ovo pitanje daje adresna sabirnica. Kako bi se obezbijedila razlika između pojedinih memorijskih lokacija i U/I uređaja, sistem dizajner svakoj lokaciji pridružuje jedinstven identifikator - memorijsku adresu. Skup svih memorijskih adresa predstavlja adresni prostor. Sa jednim elementom adresne sabirnice (bitom) može se pristupiti dvijema lokacijama: 0 i 1. Sa adresnom sabirnicom od n elemenata može se adresirati 2^n lokacija. Tako se sa sabirnicom od 20 elemenata može adresirati prostor 2×2^{10} , odnosno $k \times k$, što daje 1Mb. Treba još jednom napomenuti da je najmanja adresibilna jedinica bajt. Sada se koriste sabirnice od 32 bita (4 Gb), mada su u upotrebi i od 48 bita.

Kada procesor želi pristupiti nekoj memorijskoj lokaciji ili U/I uređaju, predaje adresu adresnoj sabirnici. Logička kola pridružena memorijskoj lokaciji ili U/I uređaju prepoznaju ovu adresu i daju instrukciju uređaju da smjesti podatke na, ili učita sa podatkovne sabirnice. U svakom slučaju, svi ostali uređaji ignorišu ovaj zahtjev, osim uređaja čija memorijska adresa odgovara vrijednosti postavljenoj na adresnoj sabirnici.

Kontrolna sabirnica

Skup električnih signala koji kontroliše kako procesor komunicira sa ostalim dijelovima mašine predstavlja kontrolnu sabirnicu. Razmotrit ćemo slanje i prijem podataka u i iz memorije preko podatkovne sabirnice. Mora se odgovoriti na pitanje: Da li se podaci pišu u, ili čitaju iz memorije? Zato postoje dvije linije na kontrolnoj sabirnici, čitanje (read) i pisanje (write), koje specificiraju smjer kretanja podataka. Postoje također linije za sistemski sat (clock), prekide, statuse itd. Tipovi linija zavise od procesora do procesora, ali postoji skupina koja ima zajedničke karakteristike u svim arhitekturama.

Read/write kontrolne linije regulišu smjer kretanja podataka na podatkovnoj sabirnici. Ako obje imaju logičku vrijednost jedan, onda nema komuniciranja između procesora i memorijskih U/I. Ako je read signal nizak (logička nula), onda se podaci kreću od memorijskih lokacija prema procesoru. Ako je pak write signal nula, onda sistem šalje podatke od procesora prema memorijskim lokacijama.

Ako je veličina procesora veća od riječi (16, 32 ili 64 bita) onda se koristi bajt enable signal kako bi se moglo raditi sa manjim skupom podataka (bajtom). Adresni prostor U/I uređaja zavisi od dizajna mašine. Negdje je on riješen kao podskup ukupnog adresnog prostora, a negdje je jedinstven.

9.4 Hijerarhija računara

Hijerarhiju računala prikazat ćemo sa gledišta interakcije. Počet ćemo sa aplikacijama, koje su podklasa računarskog softvera. One iskorištavaju mogućnosti računara da bi izvršile neki zadatak kojeg korisnik želi. Microsoft Word je dobar primjer računarske aplikacije. Aplikacija se izvršava na operativnom sistemu. Operativni sustav je skup osnovnih sistemskih programa koji se zaduženi za izravno upravljanje i nadzor nad ulaznim i izlaznim uređajima računala (hardware). Operacijski sustav sadrži osnovne programe za upravljanje: memorijom, pristup podacima na diskovima, upravljanje i izvršavanje programa, upravljanje korisničkim sučeljem (rad i izgled zaslona i čitanje tipkovnice i miša). U ovom slučaju operativni sustav je Windows XP, iako imamo i druge; MAC OS, Linux, Beos.

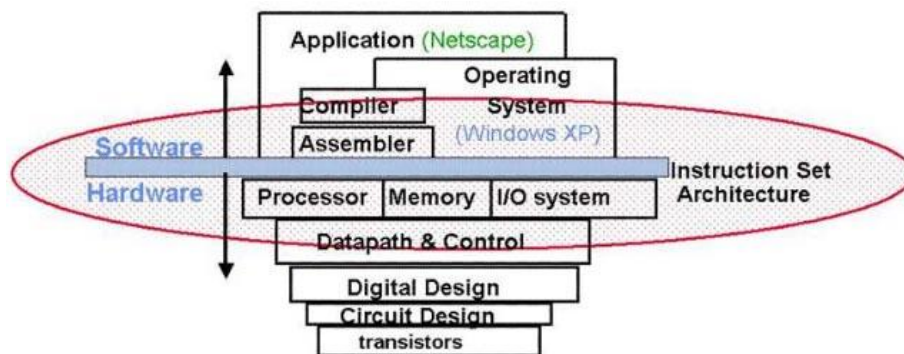
Za prevođenje izvornog programa napisanog u jednom od programskih jezika u ekvivalentan program u drugom programskom jeziku ili u strojnom jeziku za neki određeni (ciljani) računarski sistem koristi se kompajler. Asembler je računarski program koji prevodi asemblerski jezik - mnemomičku reprezentaciju mašinskog jezika u objektni kod. Svaka instrukcija u assembleru predstavlja jednu instrukciju strojnog jezika.

Za razliku od softvera hardver je opipljivi dio računala. To je recimo kućište, tipkovnica, zaslona, pisač, itd. Zna se reći da je hardver onaj dio računara kojeg se lupa nogom ako softver ne radi.

Arhitektura instrukcijskog seta (ISA) opisuje aspekt računarske arhitekture vidljive programeru, uključujući tipove podataka, instrukcije, registre, adresne modove, arhitekturu memorije.

Procesor, CPU ili mikroprocesor je, u kratko, centralni dio računala. On naređuje svim ostalim djelovima računala što da rade i kako da to rade. Memorija kod računala su spremišta koja se koriste za trenutnu pohranu rezultata kao i za pohranu programa. Memorija je obično locirana u neposrednoj blizini procesora (CPU) i izrađene su većinom od namjenskih sklopova/cijelina izrađenih od silicija. Može se reći da u memoriji žive programi i podatci dok se izvršavaju. Računaru moramo dati podatke koje želimo da obradi, i naravno želimo vidjeti rezultat. Za unošenje i prikaz podataka služe izlazno/ulazne jedinice (I/O). Pomoću tipkovnice kucamo tekst (ulazna jedinica), dok na monitoru vidimo rezultat (izlazna jedinica).

Datapath i Control. Datapath je dio procesora koji sadrži hardver potreban za izvršavanje svih operacije koje zahtijeva računar. Control je dio procesora (također hardver) koji "govori" datapath-u šta se treba izvršiti (mozak). Oba dizajna su proces izrade fizičke forme elektronskog kruga. Dizajn uključuje izbor metode konstrukcije, kao i dijelove i materijale koji će se koristiti. Proces dizajna se sastoji od nekoliko faza: specifikacije, dizajna, verifikacije i testiranja, i izrade prototipa. Rezultat dizajna je tranzistor sa integriranim krugom. Tranzistori su elektronske poluprovodničke komponente, i u digitalnoj tehnici se koriste kao prekidači. O njima ćemo kasnije govoriti.



Slika 9. Hijerarhija računara

9.5 Trendovi i izazovi u računarskoj arhitekturi

Ulazak u nanotehnologiju počeo je 2000-e godine kada je počela proizvodnja tranzistora sa log. kolima duljine ispod 100 nm. Istraživanje ove tehnologije počelo je mnogo ranije. Nanotehnologija omogućava povećanje broja tranzistora, kao i veće performanse i manju potrošnju energije od strane tranzistora. Tranzistori sa većim performansama imaju nove karakteristike, nove mogućnosti i sve po nižoj cijeni i pri većoj energetskej efikasnosti. Glavne koristi su veće računarske mogućnosti i smanjena cijena po funkciji dok nedostataka nema, iako ima promjena koje se ispoljavaju kao zahtjevi za novim materijalima, novim strukturama uređaja, novim šemama integracije i novim proizvodnim tehnologijama. Današnji Intelovi procesori se proizvode u 90 nm tehnologiji dok namjeravaju prijeći na 65 nm koja donosi veću performansa/energija korist. Krajnji cilj je pratiti korak Moore-ovog zakona.

Mooreov zakon, opažanje Gordona E. Moorea (suosnivača kompanije Intel, 1968.) u 1965. godini da svaki novi krug s integriranom memorijom sadržava dvostruko više kapaciteta od svog prethodnika i da se novi čipovi pojavljuju u razmacima od 18-24 mjeseci. Ovo znači da se kompjutorska snaga mijenja eksponencijalno s vremenom. Gustoća čipa po jedinici površine u tranzistorima udvostručuje se približno svake 3.3 godine. Kako karakteristične dimenzije na novim čipovima postaju sve manje, predviđa se da će nove generacije čipova morati biti strukturirane na skalama

nanometara. Do 2012. godine, karakteristična linearna dimenzija uzorka na čipu (žičica, tranzistor...) morala bi biti na skalama od 45 nanometara ako očekujemo da Mooreov zakon vrijedi i za budućnost. Na tako velikim gustoćama pakiranja i malim dimenzijama, problemi s termalnom disipacijom u čipovima (zagrijavanje) mogli bi biti veliki problem. Intel taj problem pokušava riješiti uvođenjem druge generacije silikonske tehnologije u tranzistore.

Intel je otkrio da je 65-nanometarska proizvodnja dovoljno zdrava i stabilna da se u sljedeće dvije godine na njoj razvije više procesorskih konstrukcija nego ikada ranije, kako na 65 tako i na 45 nanometara. Biće mnogo novih procesora sa dvostrukim i četvororstrukim jezgrima, pa su čak jasno zacrtane i centralne procesorske jedinice sa po osam jezgara.

Intel je do sada najavio tri verzije procesora za koje se očekuje da će biti uvedene u jesen 2006. godine. Conroe će biti procesor stonlih sistema za podnožje Socket 775, sa dva jezgra i djeljivih 4 MB skrivene (keš) memorije nivoa L2. procesori će imati podršku za virtualizacijsku tehnologiju kodnog imena Vonderpool. Sa istom arhitekturom čipa i veličinom skrivene memorije pojavit će se i serverski procesor pod imenom Woodcrest. Oba procesora dijele iste gene koji su izvedeni iz konstrukcije koja se očekuje pod nazivom Merom. Svi čipovi zasnovani na konstrukciji Merom koristit će 65-nanometarsku tehnologiju.

Vrhunac Intelovog prelaska na 45-nanometarsku tehnologiju će očigledno biti procesori sa, ni manje ni više, po osam jezgara na matrici. Posmatramo čisto tehnički, jezgra Yorkfield i Harpertown su dosta slična, mada Yorkfield zalazi u prostor rezervisan za stolne sisteme, a Harpertown cilja na kupce iz domena preduzeća. Oba procesora će biti 45-nanometarski dijelovi, sa četiri jezgra i 12 MB skrivene (keš) memorije nivoa L2. U ovom trenutku ne zna se ništa o geometriji tog čipa, a pretpostavljamo da ni Intel nije baš potpuno siguran u tom pogledu.

Iako su vrste procesora koje smo upravo opisali još uvijek jednu do tri godine u budućnosti, ovo naše predstavljanje je dovoljno da ubjedi posmatrača o ozbiljnim namjerama kompanije Intel da bespogovorno ovlada svijetom arhitektura x86. Tu je onda i očigledno pitanje, kako će Intelova nova tehnologija uticati na trenutnu ravnotežu snaga. AMD-ov prelazak na 65-nanometarsku tehnologiju se očekuje tek u drugoj polovici ili na kraju godine.

9.5.1 Platform approach

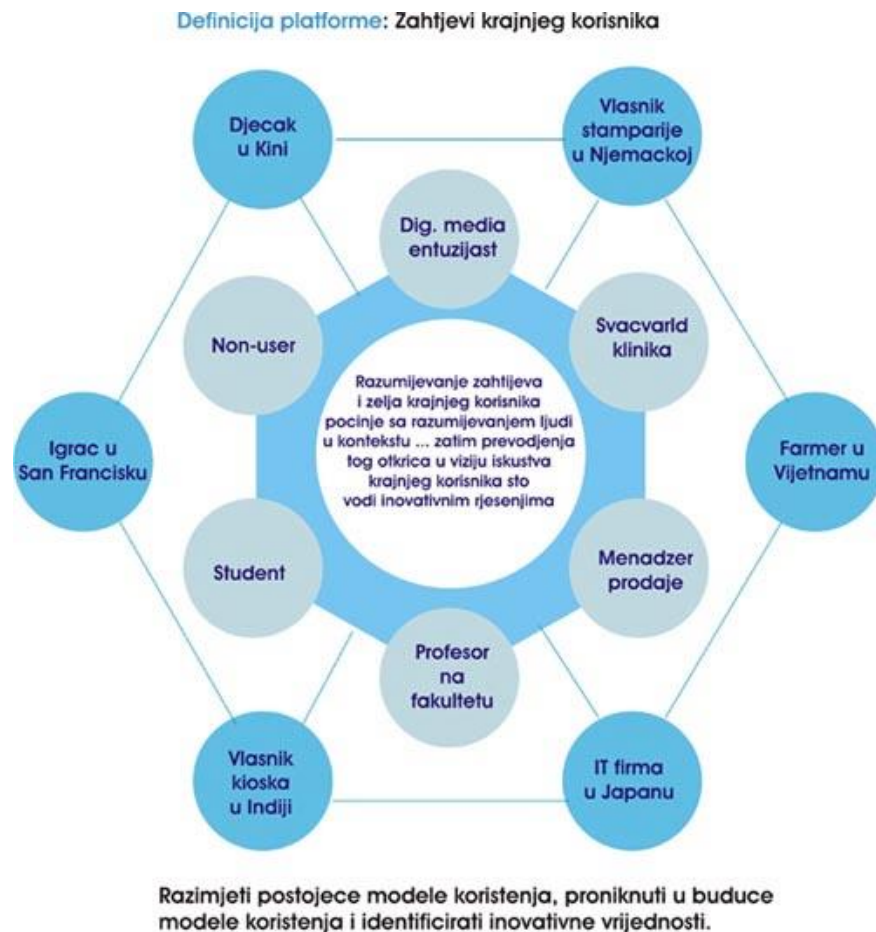
Tradicionalno, računarski se proizvodi dizajniraju na bazi tehnoloških dostignuća. Politika nosilaca razvoja u oblasti baznih tehnologija i IT platformi je:

- da sagledaju potrebe i želje korisnika,

- da razviju tehnologiju i usmjeravaju industriju da ostvari te mogućnosti i da ih učine dostupnim.

U Intel-u takvu politiku nazivaju "**platform approach**"

Vrijednost u platformi ili produktu, ili uspjeh u tehnologiji, se uvijek vrtio oko donošenja veće relevantne vrijednosti i koristi korisniku. Kritični element uspjeha u donošenju takve platforme jest prepoznavanje da ne možemo razumjeti potrebe krajnjeg korisnika sve dok ne shvatimo ljude i tehnologiju u kontekstu.



Slika 10. Platform approach

Ovo znači razumijevanje tinejdžera u Kini, farmera u Vijetnamu, korisnike mobitela u Australiji, vlasnika štamparije, bankara, profesora, igrača (gamera), entuzijasta u digitalnoj mediji, menadžera prodaje, informacijskog tehnologa i drugih ljudi iz cijelog svijeta (pogledajte dijagram). Primjer korištenja ovog znanja je prikazan u jesen 2005 na Intel Developer Forumu, gdje je prikazan "[rugged PC](#)" dizajniran za zemlje u razvoju koji mogu bolje izdržati tešku klimu, elektricitet, prašinu i kukce dok bežično pristupaju Internetu.

Sa tehnološke perspektive, postoje tri ključna elementa da bi se razumjeli krajnji korisnici:

1. Razumijevanje trenutnih korisničkih potreba, kao što je pristupanje informacijama i ključnim aplikacijama u bilo koje vrijeme, bilo kad ili biti konektiran dok se korisnici kreću.
2. Razumijevanje korisničke "točke bola", kao što su sistemska zaključavanja, virusi, prevare i sistemska ažuriranja.
3. Identificiranje trendova u računarstvu koje pogone krajnji korisnici; npr. zabava u svakom trenutku (na putu, poslu), povećana produktivnost aplikacija u dlanovnicima i korisnički-susretljivi interfejs.

Da bi se dobio ovaj tip kritično važnih informacija, i učinili informacije korisnima, te izvukli dragocjene inovacije, Intel skuplja podatke po svim geografskim dijelovima svijeta. Ovi ljudi na prvim crtama razgovaraju za krajnjim korisnicima i stručnjacima po cijelom svijetu na dnevnoj bazi. Oni su često prvi koji otkriju trendove i nove modele.

Druge informacije dolaze od grupa za istraživanje etnografije (grupe uključuju antropologe, sociologe i druge znanstvenike), korisnički orijentiranih dizajn grupa, istraživačkih grupa orijentiranih produktima i tržištu, i preko interakcije sa krajnjim korisnicima tijekom razvoja, i projekata krajnjih korisnika koji rade preko [Intel Solution Servicesa](#). Intel blisko surađuje sa nezavisnim proizvođačima softvera (ISVs) i proizvođačima originalne opreme (OEMs). I drugim koji imaju povijest razumijevanja korisničkih potreba.

Danas je ovaj pristup kritično važan, jer se propozicije vrijednosti mijenjaju. Korisnici više ne traže samo računar. Oni traže mogućnosti koje rješavaju njihove probleme i koje čine njihov život lakšim, po cijeni kojoj si mogu priuštiti, sa karakteristikama kao što su; lako korištenje, bogata zabava, siguran pristup sadržajima bilo gdje i bilo kad, i puno više. Kao rezultat "user friendliness" nije više ograničen samo na operativni sistem, miš ili softversku aplikaciju.

Danas "user friendliness" znači kompjuting orijentiran iskorištavanju, koji se proteže preko svakog elementa računarskog sistema: silikona, tranzistora, procesora, čipseta, memorije, kernela, operativnog sistema, aplikacija, kompajlera, alata, napojnih jedinica, servisa, pružatelja usluga, i više. Cijeli računarski [ekosistem](#) treba se prilagoditi da bi ispunjavao te vrijednosti u cilju pružanja extra iskustva koje današnji korisnici zahtijevaju.

9.5.2 Virtualizacija

U računarstvu virtualizacija je proces prezentiranja logičke grupe ili podseta računarskih resursa tako da im se može pristupiti na način koji

daje beneficije naspram originalne konfiguracije. Ovaj novi virtualni pogled resursa nije ograničen implementacijom, geografskom lokacijom ili fizičkom konfiguracijom nižih resursa. Često virtualizirani resursi su računarska snaga i skladišni prostor.

Dobar primjer virtualizacije je višeprocesorska arhitektura koja sadrži više od jednog CPU-a. Operativni sistemi su obično konfigurirani na način da višeprocesorski sustav prikazuje kao jedno procesorski. Tako se softverske aplikacije mogu pisati za jednu logičku (virtual) procesorsku jedinicu, što je jednostavnije pisanja za različite procesorske konfiguracije.

Postoje tri područja u IT industriji gdje virtualizacija naglo napreduje:

- **Mrežna virtualizacija** (Network virtualization) je metoda kombiniranja dostupnih resursa u mreži tako da dijeli propusnost mreže (bandwidth) u kanale, gdje je svaki kanal nezavisan od drugih, i svaki može biti dodijeljen serveru ili uređaju u realnom vremenu. Ideja je da virtualizacija zamaskira stvarnu kompleksnost mreže tako da ih odvaja na dijelove, kojima se lakše upravlja, baš kao što particionirani hard-disk čini upravljanje fajlovima lakšim poslom.
- **Skladišna virtualizacija** (Storage virtualization) je pooling (tehnika dijeljenja serverskih resursa između klijenata) fizičkog skladišnog prostora od više mrežnih skladišnih uređaja u što se čini kao jedan skladišni uređaj kojim se upravlja sa centralne konzole. Također moguće je jedan veliki skladišni prostor podijeliti na više manjih lako upravljivih resursa istog tipa. Skladišna virtualizacija se često upotrebljava u storage area networks (SANs).
- **Server virtualizacija** (Server virtualization) je hardversko-softverska tehnologija koja omogućava podjelu računara na više virtualnih cjelina koje nezavisno funkcioniraju, npr. umjesto servera sa više procesora možemo imati više servera sa jednim procesorom.

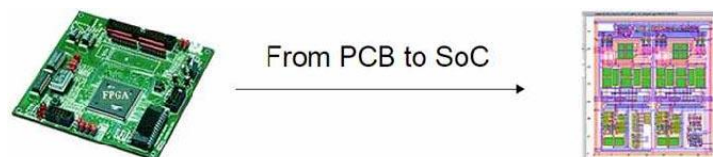
Još jedan od razloga za virtualizaciju je i mogućnost boljeg iskorištavanja servera pošto statistike pokazuju da je stepen iskorištenosti današnjih servera svega oko 10 do 15 procenata. Korištenjem virtualizacije, stepen iskorištenosti raste preko 70%. Ova tehnologije bilježi godišnji rast tržišta od 20%. Sve će više kompanija težiti tome da veliki broj skupih servera sa samo jednim operativnim sistemom i aplikacijom i malim stepenom iskorištenja zamijeni manjim brojem bolje iskorištenih servera na kojima istovremeno radi više operativnih sistema i aplikacija.

Virtualizacija je započela sa "Dynamic logical partitioning" (LPAR) LPAR je arhitektura sistema koja virtuelizira hardverske resurse tako što ih dijeli više "operating environments". Originalno razvijeni za mainframe računare) LPAR dozvoljava podjelu jednog servera u nekoliko potpuno nezavisnih virtualnih servera ili logičkih particija. (eServer i5 sa i5/OS i AIX 5L - IBM operativnim sistemom i LINUX-om).

U igru su se ubacili veliki igrači ; HP, IBM i Sun su odlučili da podrže open source hypervisor projekat Xen (Kembridž) (tržiti će samo 3% procesorske snage). Projekat su prihvatili i AMD i Intel i razvijaju procesore koji podržavaju Xen Prvi procesori sa tehnologijom Vanderpool pojavit će se u prvoj polovini 2006. godine. Pored Vanderpool tehnologije, Intel će sigurnost sistema, zasnovanih na njegovim procesorima, u budućnosti štititi tehnologijom LaGrande. (Još se ne otkrivaju detalji o ovim tehnologijama) AMD će funkcije za virtualizaciju ugraditi u svoje procesore u prvoj polovini 2006 (tehnologija Pacifica) i to u Athlon za tržište desktop računara i Opteron za servere. Najavljuje i Presidio tehnologiju koja ima za cilj povećanje sigurnosti procesora i postizanje boljih performansi.

9.5.3 System on chip

Posljedica smanjenja tranzistora jest da se većina komponenti koje se nalaze na printanoj ploči mogu se integrirati na jedan čip (slika 11).



Slika 11. Printana ploča stane u jedan čip

System on chip (SOC) tehnologija je sljedeći korak u evoluciji računalne znanosti. Za razliku od velikih čipova napunjenih sa nasumičnim logičkim krugovima, SoC je dizajniran kao programabilna platforma koja integrira većinu funkcija krajnjeg produkta u jedan čip.

Inkorporira najmanje jedan procesni element (mikroprocesor, DSP...) koji pogoni sistemski embeded softver. SoC uključuje periferije, raznu logiku i interfejsse ka vanjskom svijetu i ima bus-baziranu arhitekturu. Može sadržiti i memorijske i analogne funkcije. Mogućnost proizvodnje SoC je rezultat nove proizvodne tehnike koje su u mogućnosti da proizvedu veoma male tranzistore i staviti još veći broj njih na jedan čip (Mooreov zakon) i razvoj novih alata koji omogućuju automatizaciju dizajna i verifikacije takvih kompleksnih uređaja.

SoC nije samo čip, nego "sistem".

SoC = Čip + Softver + Integracija

SoC čip uključuje: embeded processor, ASIC logiku, embeded memoriju, SoC softver uključuje: operativni sistem, kompajler, simulator, firmware, drajver, integrirano razvojno okruženje integrirano (debugger, linker, ICE), aplikacijski interfejs (C/C++, assembler), SoC Integracija uključuje: rješenje čitavog sistema, konzultanta pri proizvodnji, tehničku podršku.

Danas je postalo moguće napraviti kompleksne elektronske sisteme koji su veoma mali i prenosivi, koriste veoma malo energije i koji su veoma pouzdani. Primjer su mobilni telefoni i digitalne kamere. Do sada SoC se samo koristio u velikim prodajnim-potrošačkim aplikacijama, pošto su oni ti koji imaju vojsku inženjera i mogu sebi priuštiti teret vremena, cijene i rizika koji je uključen pri razvoju SoC sistema.

SoC aplikacije namjenjene široj publici zahtijevaju novu i veoma kompleksnu metodu dizajna. SoC razvoj zahtijeva visoko stručan dizajn tim sa dobrim znanjem sistemskog nivoa, visoko kvalitetne alate, dostupnost embeded memorijskih elemenata, logičke i procesorske jezgre i stabilan proizvodni proces. Mogućnost izvođenja verifikacije na sistemskom nivou u virtualnom okruženju prije slanja na proizvodni proces je također esencijalno, a alati s kojima bi se ovo postiglo još nisu dostupni na tržištu.

Glavni nedostatak javlja se u dizajnu SoC-a, koji se ispoljavaju se u obliku pritiska na inženjere, kao što su: vremenski i tržišno veliki zahtjevi, veća cijena proizvodnje, povećana kompleksnost problema, povećani zahtjevi za verifikaciju.

Rješenje se nalazi u prevazilaženju kompleksnosti i verifikacije tako da se dizajnira Intelektualno Vlasništvo (Intellectual Property - IP) s mogućnošću ponovnog korištenja (re-usable).

Dizajn aktivnost je podijeljena na dvije grupe:

- **IP Autori** - proizvođači. Autori proizvode potpuno verificirane biblioteke, te tako čine sveukupnu verifikaciju manju i lakšu za upravljati.
- **IP integratori** - korisnici. Integratori selektiraju, procijenjuju, integriraju IP od različitih dobavljača i zatim ih integriraju u platformu dizajniranu za specifičnu aplikaciju.

Primjer SoC aplikacija čine aplikacije sa procesiranjem video signala. PC interfejs (USB, PCI, PCI-Express, IDE,..itd.), računarske periferije (kontrola printera, kontroler LCD monitora, DVD kontroler).

9.5.4 Net procesori

Mrežni procesori su programibilni čipovi kao što su mikroprocesori za generalnu uporabu, ali su optimizirani za procesiranje paketa koje je zahtijevano u mrežnim uređajima.

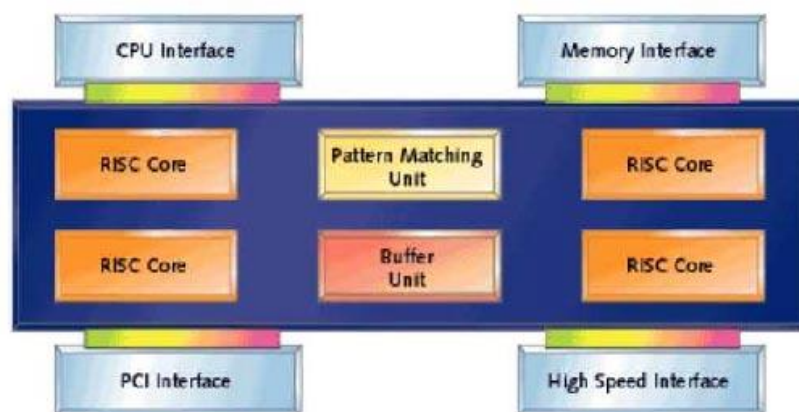
Mrežni uređaji su rastuća klasa embeded sistema i uključuju tradicionalnu Internet opremu kao rutere, switcheve i vatrozoide (firewall), a nikad uređaje kao što su; Voice over IP (VoIP) mostove, gateways virtualnih privatnih mreža (VPN) i drugi web specifični uređaji kao SSL ubrzivači.

U zadnjih deset godina, zahtjevi sa većom propusnošću (bandwidth) mreža je dovelo do evolucije dizajna mrežne opreme. Prvi dizajni koristili su samo CPU. CPU za generalnu upotrebu nisu idealni za mrežno programiranje. Dok je njihova programabilnost važna, imaju previše podatkovnog keša i premalu propusnost memorije. Nadalje, zahtjevi za propusnošću se povećavaju brže od brzine CPU-a. Dizajneri mrežne opreme si ne mogu priuštiti čekanje procesora sljedeće generacije da bi povećali brzinu svojih uređaja. Konvencionalni odgovor je dizajniranje aplikacijsko specifičnog integriranog kruga (ASIC). Dobro dizajnirani ASIC-ovi mogu biti mnogo brži od procesora, ali njihov razvoj je težak i skup; cijena samih alata čine ih preskupim za mnoge kompanije. ASIC-ovi obično imaju ograničenu programabilnost i moraju se redizajnirati pri promjenama protokola i interfejsa. Kompanije za proizvodnju mrežnih procesora se nadaju premošćenju podjele ASIC-a i procesora pružajući uređaj koji je programabilan kao procesor i brz kao ASIC.

Arhitektura mrežnog procesora čini arhitekturu CPU-a jednoličnom i dosadnom. Dizajneri mrežnih procesora iz različitih kompanija su načinili različite odluke oko I/O interfejsa, memorijskog interfejsa, i programskih modela, a da ne spominjemo sistemsku arhitekturu.

Slika 12. prikazuje generalni prikaz mrežnog procesora. Slika ne predstavlja specifični mrežni procesor, ali uključuje dijelove koji se pojavljuju u većini mrežnih procesora. Ovi dijelovi su:

- Višebrojna RISC jezgra
- Hardver namijenjen za uobičajene mrežne operacije.
- Visoko brzinski memorijski interfejs
- Visoko brzinski I/O interfejs
- Interfesj ka procesoru generalne upotrebe



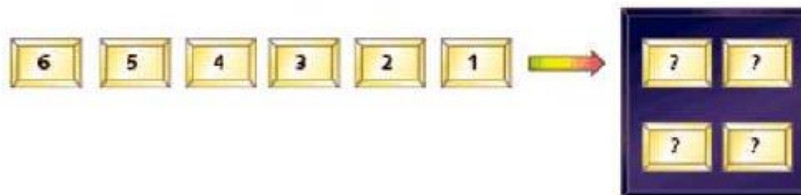
Slika 12. Mrežni procesor

Mrežni procesori ne pokušavaju ubrzati procesiranje za generalnu namjenu. Mrežno procesiranje ima određene karakteristike koje su veoma različite od onih kod procesora generalne namjene. Mrežno procesiranje uključuje manje koda, ali više podataka, za razliku od procesiranja generalne namjene. Postoji manje međusobne zavisnosti između podataka. Možemo razmotriti ruter. Ako ruter primi n paketa, za mali broj n , on može procesirati te pakete nezavisno. Tj. Procesiranje ovih paketa ne mijenja stanje rutera. Iznimku čine konfiguracijski paketi, ili paketi ruting protokola. Ipak, i ove međusobne zavisnosti su slabe. Ako ruter primi paket koji indicira da bi trebao update-ovati ruting tabele, ne postoji razlog zbog kojeg ne bi mogao završiti procesiranje još nekoliko paketa prije nego li uradi update.

S druge strane, kod web switch-a postoji velika međuovisnost između podataka. Velika klasa paketa mora biti procesirana u redosljedu kojem su došli. Web switch mora sačuvati semantiku TCP konekcije, što znači da mora spremiti (u buffer) pakete koje je primio sve dok ne primi dostatnu količinu da parsira URL. Kada prosljeđuje zahtjev ka web serveru, web switch mora sačuvati pakete koje je poslao, za koje nije dobio potvrdu, a za slučaj da ih mora ponovno poslati.

Pri procjenjivanju mrežnog procesora, treba se pomno razmotriti kakve su međuovisnosti paketa i kako ih mrežni procesor procesira.

Mnogi mrežni procesori imaju više-procesorske jezgre koji rade paralelno. Za procesore sa više jezgri, važno je pitanje tko upravlja raspoređivanjem? Na slici 13. vidi se šest paketa koji idu ka mrežnom procesoru sa četiri jezgre. Kod nekih mrežnih procesora hardver određuje koji će se paket procesirati u kojoj jezgri. Kod drugih softver.



Slika 13. Multiprocesiranje