1. ISTORIJAT RAZVOJA RAČUNARSKE TEHNIKE

U današnje vrijeme, kada računari ili kalkulatori stoje na gotovo svakom stolu i kada se novi modeli objavljuju gotovo svaki dan, svima je poznato da je u razvoju svakog novog modela učestvovao ogroman tim i da je svako u tom timu svojim idejama doprinio uspješnosti (ili neuspješnosti) novog modela. Međutim, da bi se došlo do današnjih računara, moralo je da prođe i više od hiljadu godina. Na tom putu bilo je mnogo ljudi, koji su, uglavnom samostalno, ili u malim grupama, radili na razvoju mašina koje bi olakšale proces računanja. Taj put je bio trnovit, jer razvoj mnogih ideja, i koncepcija na kojima su zasnovani sadašnji računari, nije mogao da bude realizovan jer tehnologija toga vremena to nije omogućavala. Iako svi koji su učestvovali u tom razvoju, kao i njihove ideje, zaslužuju da budu pomenuti, u nastavku će biti opisani samo glavni događaji koji su uticali na razvoj računara, kao i, po mišljenju autora, nezaobilazni učesnici u tom razvoju. Naravno, pošto su se stvari vremenski preklapale, postoje razna mišljenja i o redosljedu i o autorima pojedinih pronalazaka, tako da je mogućno, u drugoj literaturi, naići i na malo drugačiji opis događaja.

U razvoju računara značajna su četiri momenta:

- pamćenje rezultata,
- mehanizacija procesa računanja,
- odvajanje unošenja podataka i automatizacija procesa računanja,
- opštije korišćenje mašine primjenom programa.

1. Pomagala u računanju

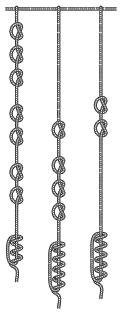
Računanje je za čovjeka postalo važno kada se počela razvijati razmjena dobara i trgovina. Najstariji pisani dokumenti pronađeni do sada nastali su pre 5 do 6 hiljada godina u Mesopotamiji.

Najranije su se razvila pomagala za pamćenje brojeva (memorija). Primitivni narodi su se prilikom računanja služili djelovima tijela (posebno prstima) ili predmetima iz svoje okoline. Međutim, prsti nisu bili dovoljni za veće brojeve.

Drevni narodi su za pamćenje brojeva koristili kanap sa čvorovima. Takvo pomagalo zvalo se **kipu** (*Quipu* - slika 1). On se koristio širom tadašnjeg svijeta. Koristili su ga Jevreji i rimski sakupljači poreza u Palestini. Korišćenje čvorova je bilo rasprostranjeno i u Germaniji, Indiji i Kini. Međutim, najimpresivnije je bilo

njihovo korišćenje kod Inka. Prema španskim zapisima Inke su koristile kipue za držanje podataka o različitim porezima, broju stanovništva, i za podsjećanje o prošlim događajima i budućim obavezama.

Kipu se sastojao iz glavnog užeta koje je stajalo horizontalno. Na ovo uže su se vješala dodatna užad tako da vise. Na visećim užadima pravili su se čvorovi na jednakim rastojanjima. Oblik čvora je predstavljao cifru (1,2,3…) dok je rastojanje od glavnog užeta predstavljalo vrijednost cifre (jedinice, desetice, stotine, …). Boja užeta je predstavljala osobu ili objekt na koji se podaci odnose.



Slika 1. Kipu (*Quipu*)

Abakus (slika 2) je naziv za grupu sličnih pomagala u računanju nalik današnjoj računaljki. To jeste prva naprava koja ima pokretne djelove, ali se ne može smatrati mašinom jer pokretni djelovi nisu međusobno povezani i sve operacije izvodi sam korisnik. Abakus pomaže u računanju, ali korisnik učestvuje u svim detaljima operacije. On se koristio u mnogim djelovima sijveta i još je u širokoj upotrebi u nekim zemljama. Ne zna se tačno gdje je abakus nastao. Abakus nije imao od nastanka svoj današnji oblik.

Kao vrijeme i mjesto nastanka pominje se 4000 godina prije nove ere u Kini. U drugim izvorima smatra se da je nastao oko 3000 godina prije nove ere u Babiloniji i da se u računanju koristila prašina. Neki izvori pominju da su stari Grci pri računanju ređali kamenčiće na tablice (grčki abakus) i da je ovo kasnije zamijenjeno perlama nanizanim na štapiće koji su smješteni u jedan okvir. Ova inovacija se vezuje za Egipat ili Kinu 500 godina prije nove ere. Slična naprava nađena je i kod Acteka i vezuje se za period 900 do 1000 godina nove ere. Značajno unapređenje abakusa dao je papa Silvester II oko 1000. godine, a dalja unapređenja bila su u Japanu poslije 1600. godine. Ova naprava je bila u širokoj upotrebi i do skoro se koristila u Kini, Rusiji i još nekim zemljama. Jedan od oblika abakusa prikazan je na slici 2.



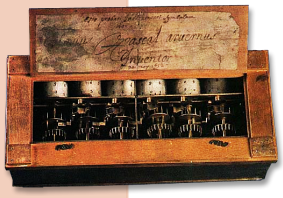
Slika 2. Abakus

Množenje i dijeljenje pomoću abakusa izvode se mnogo teže nego sabiranje i oduzimanje. Škotski matematičar Džon Neper (*John Napier*) uveo je 1594. logaritme, pomoću kojih se operacija množenja svodi na sabiranje, a dijeljenja na oduzimanje. Međutim, za korišćenje logaritama bile su potrebne logaritamske tablice. Problem je djelimično riješio 1622. godine engleski matematičar *William Oughtred,* koji je pronašao logaritmar (šiber). Kod logaritmara su se operacije izvodile pomjeranjem lenjira. Kako je povećanje broja značajnih cifara iziskivalo povećanje dimenzija logaritmara, to su za tačnija računanja logaritamske tablice ostale i dalje u značajnoj upotrebi.

2. Kalkulatori

Prema nekim izvorima prvu mašinu za računanje napravio je 1623. godine Vilhelm Šikard (*Wilhelm Schickard*) iz Tibingena u današnjoj Njemačkoj. Po obrazovanju je bio sveštenik i orijentalista, i na Univezitetu u Tibingenu predavao biblijske jezike. Poslije je njegovo interesovanje prešlo na astronomiju, matematiku i geodeziju. Konstruisao je različite mašine kao, na primjer, za računanje astronomskih datuma i Hebrejske gramatike. Nije poznato da li je i realizovao mašinu za računanje ili je u svojim pismima Kepleru tokom 1623. i 1624. godine samo slao nacrte za nju, uz sugestije da je Kepler koristi za računanje efemerida.







Slika 3.
Blez Paskal – gore, unutrašnjost Paskaline – u sredini, detalj brojčanika – dolje

Ocem prve računske mašine koja je mogla da sabira i oduzima unesene brojeve smatra se Blez Paskal (*Blaise Pascal* - slika 3). Ovaj poznati matematičar, naučnik i teolog, je u djetinjstvu, već sa 16 godina, pomagao svom ocu koji je bio poreznik, u mnogobrojnom računanju taksi. Da bi se oslobodio ovog dosadnog posla počeo je 1642. godine, u svojoj 19. godini, da konstruiše mašinu za računanje. Ova mašina je završena poslije tri godine rada i dobila je ime ***Paskalina***.

Mehanizam mašine se zasnivao na zupčanicima sličnim današnjim brojačima kilometraže na automobilu. Međutim, problemi u konstrukciji su bili mnogo veći, jer se tadašnja francuska novčanica *livra* dijelila na 20 sola, a jedan sol je imao 12 denija. Proizvodnja mašine je počela 1642. godine. Do 1652. je proizvedeno pedeset mašina, ali su se one slabo prodavale, jer su korisnici upotrebu smatrali komplikovanom, pa je proizvodnja obustavljena.

Njemački naučnik Gotfrid Vilhelm fon Lajbnic (*Gottfried Wilhelm von Leibnitz* – slika 4) izumio je 1671. računsku mašinu koja je napravljena 1694. godine. Ona je mogla da sabira, a poslije nekih izmjena da se koristi i za množenje uzastopnim sabiranjem. Lajbnic je smislio specijalni mehanizam sa koračnim zupčanikom za unošenje brojeva koji se sabiraju i taj se mehanizam koristio do današnjih dana.

Mašine koje su napravili Paskal i Lajbnic nisu ušle u širu upotrebu jer su smatrane natprirodnim (neshvatljivim).

Više od vijeka kasnije, 1820. godine, Čarls Havijer Tomas (*Charles Xavier Thomas*) je napravio prvi uspješni mehanički kalkulator koji je mogao da sabira, oduzima, množi i dijeli. Poslije toga su mnogi pronalazači unaprijeđivali ovaj kalkulator, tako da su oko 1890. godine ova unapređenja obuhvatala:

- akumulaciju parcijalnog rezultata,
- uskladištavanje i automatski pristup posljednjim rezultatima (funkcija memorisanja),
- štampanje rezultata.

Svaka od ovih funkcija zahtijevala je ručnu intervenciju. Ova poboljšanja su uglavnom činjena iz komercijalnih razloga.

Dalji razvoj ovakvih mašina kretao se uglavnom u dva pravca: mašine namijenjene za proračune raznih tablica i knjigovodstvene mašine.

Bankarski činovnik Vilijem Barouz (*William Burroughs*) je zaključio da banke trebaju mašine koje će tačno sabirati brojeve i štampati zadate podatke i zbir. Zbog toga je 1882. godine napustio taj posao i posvetio se pravljenju računske mašine. Do 1891. imao je nekoliko patenata i mašine dovoljno pouzdane za rad u bankama. Prednost njegovih mašina je bila što su se podaci unosili preko tastature (slika 5). Povlačenjem ručice naprijed unijeti broj se štampao, a njenim otpuštanjem izvođeno je sabiranje. Do 1926. godine prodato je više od milion ovakvih mašina.



Slika 4.
Gotfrid Vilhelm fon Lajbnic



Slika 5.
Računska mašina Barouz

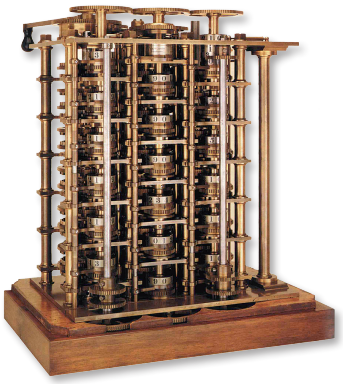
Kompanija Braunsviga počela je 1928. godine proizvodnju tandem računskih mašina. Unošenje brojeva ostvarivano je pomoću sistema ručica, a operacije su se izvodile okretanjem velike ručice.

Ovakve stone računske mašine bile su u upotrebi sve do sredine 70-tih godina dvadesetog vijeka, kada su ih zamijenile električne mašine, a zatim elektronski kalkulatori. U početku proizvodnje ovih kalkulatora prednjačile su firme *Hewlett-*

Packard i *Texas Instruments*. Kalkulatori su u početku mogli da izvode samo četiri osnovne računske operacije. Kasnije su dodata i izračunavanja vrijednosti raznih matematičkih funkcija i memorisanja podataka, a poslije toga i ograničene mogućnosti za programiranje.

3. Automatske mašine

Francuz Žozef Mari Žakar (*Joseph Marie Jacquard*) prikazao je 1801. godine na Pariskoj izložbi razboj za tkanje. Ovaj razboj je imao program koji se sastojao od niza bušenih metalnih kartica kojim se upravljalo radom razboja. Ovo se smatra prvom mašinom sa pohranjenim programom radi njenog automatskog rada. Za različite primjene postojali su različiti programi na nizovima metalnih kartica. Narednih deset godina nalazilo se u francuskoj tekstilnoj industriji u upotrebi oko 11.000 ovakvih razboja, što je prouzrokovalo pobune radnika otpuštenih zbog ovakvog načina proizvodnje.



Slika 6.
Diferencna mašina

Engleski matematičar Čarls Bejbidž (*Charles Babbage* – slika 7) uvidio je 1812. godine da se dugačka računanja, naročito ona potrebna za izračunavanje različitih matematičkih tablica koje su bile u širokoj upotrebi u to vreme, realizuju nizom unaprijed poznatih akcija koje se neprestano ponavljaju. Zato je smatrao da mora postojati mogućnost da se ovaj proces automatizuje. On je počeo da razvija automatsku mehaničku računsku mašinu koju je nazvao ***diferencna mašina*** (slika 6) i 1822. godine je imao razvijen demonstracioni radni model, na osnovu koga je dobio pomoć britanske vlade za dalji razvoj.



Slika 7. Čarls Bejbidž

Mašina je trebalo da radi na paru, da bude potpuna automatska, kontrolisana fiksnim programom i da ima mogućnost štampanja rezultata. Iako ograničenih mogućnosti prilagođavanja i primjene, ova mašina je bila veliki napredak. Bejbidž je nastavio rad na ovoj mašini sljedećih deset godina, ali je onda izgubio interes za nju jer je imao bolju ideju koju je nazvao analitička mašina. Ova mašina je trebala da bude automatski mehanički digitalni računar opšte namjene potpuno programski kontrolisan.

Planirano je da mašina bude digitalni računar koji radi sa pedesetocifrenim brojevima i da ima kapacitet memorije za 1000 takvih brojeva. Ova mašina je trebalo da koristi bušene kartice (slične Žakarovim), koje bi se učitavale sa nekoliko različitih ulaznih uređaja. Planirano je da radi automatski, na paru, i da njom rukuje samo jedan operator.



Slika 8.
Grofica Ada Bajron

Grofica Ada Bajron (*Lady Ada Augusta Byron, Countess of Lovelace* - slika 8), kći engleskog pjesnika lorda Bajrona, bavila se matematikom i naukom i zainteresovala se za projekt analitičke mašine. Pomagala je u dokumentovanju rada ove mašine i aktivno učestvovala u radu na njoj, i finansijski i svojim prijedlozima. Predviđala je i opštije mogućnosti korišćenja ove mašine za grafiku i komponovanje muzike, kao i šire praktične i naučne primjene. Predložila je plan za izračunavanje Bernulijevih brojeva korišćenjem ove mašine. Ovaj plan smatra se prvim programom za računar, a Ada prvim programerom. U njenu čast jedan programski jezik opšte namjene je dobio ime Ada (*Ada*).

Godine 1834. Bejbidž je završio prve planove svoje analitičke mašine, prethodnice savremenih elektronskih računara. Iako analitička mašina nije napredovala

dalje od detaljnih crteža, ona je u logičkim komponentama gotovo podudarna današnjim računarima.

Opisano je pet logičkih komponenata: memorija, mlin (danas procesor), kontrola, ulaz i izlaz. U memoriji su držani ulazni podaci, dobijeni međurezultati i rezultati. Mlin je obrađivao podatke, a za kontrolu su predviđene bušene kartice slične Žakarovim. Svaki niz kartica napravljen za bilo koju formulu služio bi kad god je potrebno za računanje te formule za bilo koju vrijednost. Svaki skup kartica jednom napravljen za bilo koji proces mogao bi se koristiti ponovo za isti proces sa drugim vrijednostima. Tako bi analitička mašina imala svoju „programsku biblioteku".

Iako tehnološke mogućnosti toga vremena nisu omogućile realizaciju ove ideje, analitička mašina je napravljena kasnije u muzejske svrhe, i funkcionisala je kao što je bilo predviđeno.

Rezultati popisa stanovništva Sjedinjenih Američkih Država izvršenog 1880. godine bili su poznati tek poslije sedam godina, iako je nekoliko hiljada činovnika ručno obrađivalo popisne liste i pravilo tabele. Naravno da su rezultati obrade po završetku bili već zastarjeli. Imajući u vidu porast broja stanovnika, zaključeno je da bi za obradu rezultata popisa u 1890-toj godini bilo potrebno 12 godina, odnosno, rezultati obrade ne bi bili poznati ni do narednog popisa 1900-te godine. Zbog toga je raspisan konkurs za rješenje ovog problema na kome je prihvaćena automatska obrada rezultata koju je predložio Herman Holerit.

Herman Holerit (*Herman Hollerith*) je bio činovnik u statističkom birou i radio na obradi rezultata popisa iz 1880. godine. Tako je uočio da je najveći dio odgovora u popisnoj listi bio da ili ne. On je napravio elektromehaničku mašinu sa brojačima koji su se aktivirali pomoću električnih senzora. Odgovori iz popisne liste preneseni su na kartonske kartice koje su imale 12 redova i 80 kolona. Na mjestu na kome je u popisnoj listi odgovor bio da izbušena je rupica. Ove bušene kartice prolazile su kroz ulazni uređaj tako da je kartica razdvajala električne kontakte. Na mjestu gde je na kartici bila ubušena rupica elastična iglica je kroz nju dodirnula podlogu i tako ostvarila električni kontakt kojim je aktiviran odgovarajući brojač. Poseban značaj ovog pronalaska je u tome što je unošenje ulaznih podataka razdvojeno od same obrade rezultata.

Upotrebom ove mašine, sa brzinom obrade od oko 100 kartica u minuti, prvi rezultati obrade popisa 1890. godine bili su poznati već poslije mjesec dana od završetka popisa, a kompletna obrada sa svim detaljima bila je završena poslije dvije i po godine. Ista mašina upotrebljena je i u popisu 1900-te godine.

Posle ovoga, Herman Holerit je napravio i druge prateće mašine za automatizaciju i osnovao svoju firmu *Tabulating Machine Company* koja je proizvodila mašine i kartice i pružala konsultantske usluge vladama širom svijeta. Ova firma je sa još tri firme 1911. formirala *Computing-Tabulating-Recording Company*. Godine 1924. ime firme je promijenjeno u *International Business Machines Corporatiom* (IBM).

4. Elektromehanički računari

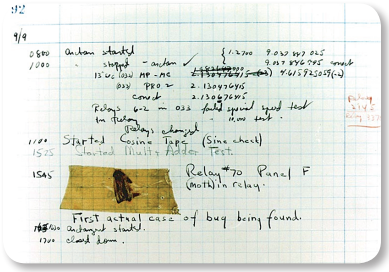
Vanevr Buš (*Vannevar Bush*) sa saradnicima konstruisao je 1925. godine na Masačusetskom institutu za tehnologiju (MIT) analogni računar. Iako je imao električni motor, ovaj računar je u suštini bio mehanička mašina. Model je kompletiran

1942. godine i korišćen je prvenstveno za rješavanje parcijalnih diferencijalnih jednačina u vojne svrhe.

Konrad Cuze (*Conrad Zuse*) započeo je 1934. godine u Njemačkoj rad na konstrukciji računskih mašina. Razvio je jednu za drugom četiri računske mašine Z1 (mehaničku), Z2 (elektromehaničku), elektromehaničku programabilnu Z3 (1941) i njenu poboljšanu verziju Z4 koja je korišćena u razvoju njemačkih letećih bombi.

Englez Alan M. Turing (*Alan M. Turing*) je 1936. za vrijeme boravka na Univerzitetu Prinston formalizovao notaciju za mogućnosti izračunavanja i prilagodio notaciju algoritama izračunavanju funkcija. Turingova mašina je definisana tako da može da izračuna svaku funkciju čija se vrijednost može izračunati. Godine 1941. on je projektovao računar *Colossus* koji je napravio M.H.A. Nojman (*M.H.A. Neumann*) na Univerzitetu u Mančesteru. Godine 1944. izgrađen je *Colossus Mark II*.

Hauard Ajken (*Howard H. Aiken*) započeo je 1937. godine izradu doktorske disertacije na Harvardskom univerzitetu. Zbog vrlo dugih proračuna počeo je da radi na konstrukciji računske mašine poznate pod imenom *Harvard Mark I*. U ovom projektu mu je pomogla firma IBM, kako finansijski tako i sa svojim inženjerima. Mašina je bila zasnovana na elektromagnetnim relejima. Završena je 1944. godine. Imala je ulazni i izlazni uređaj, memoriju, aritmetički i upravljački organ. Ulazni podaci i instrukcije unošeni su pomoću bušene papirne trake ili pozicioniranjem prekidača. Radila je sa dvadesetocifrenim brojevima brzinom od 3 operacije u sekundi. U memorijskoj jedinici moglo je da se uskladišti 60 brojeva. Bila je glomazna: dugačka 17 m i široka 2,5 m. Koristila se do 1959. godine. Prilikom jedne demonstracije mašina je prestala da radi. Razlog je bio noćni leptir koji je ušao u relej (slika 9). Odatle potiče termin za greške u programima – BAG (BUG). Ovaj termin uvela je Grejs Hoper[1].



Slika 9.
Prvi računarski bag (bug)

Na istom univerzitetu napravljene su još dvije poboljšane i ubrzane verzije ove mašine. *Harvard Mark II* je takođe bio sastavljen od elektromagnetnih releja i u mašini je stalno bilo smješteno šest algebarskih i transcendentnih funkcija. *Harvard Mark III* je koristio dobošastu memoriju.

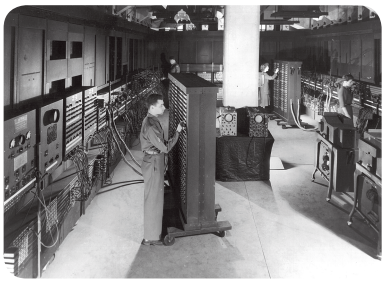
5. Elektronski digitalni računari

Prvi elektronski digitalni računar projektovao je 1939. godine Džon J. Atanasov (*John J. Atanasoff*) uz pomoć svog studenta poslijediplomca Kliforda Berija (*Clifford Berry*) na Ajova Univerzitetu. Mašina je nazvana ABC (*Atanasoff-Berry Computer*). Nije bila nikada kompletirana, a projekat je napušten 1942. godine[2].

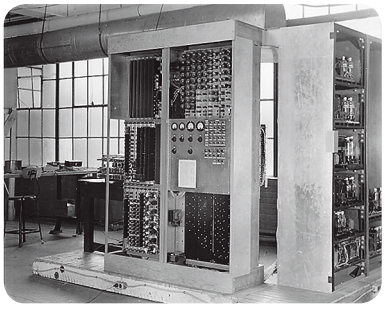
Za vrijeme drugog svjetskog rata ukazala se potreba za izradom balističkih tablica za nove vrste artiljerijskih oružja. U tu svrhu angažovani su brojni studenti i službenici, koji su za izračunavanje koristili analogne računare i kalkulatore. Ubrzo je zaključeno da na taj način posao ne može da se završi ni brzo, ni tačno, pa je 1942. godine angažovan tim sa Univerziteta Pensilvanija (*Prosper J. Eckert*, *John W. Mauchley* i *John Brainerd*) da napravi računar za automatsko izračunavanje balističkih podataka. Projekat je nazvan ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Computer*).

1 Postoje i mišljenja da se ovaj termin koristio i mnogo ranije za greške u radu mašina.

2 Odlukom Vrhovnog suda Sjedinjenih Američkih Država ova mašina je, iako nije završena, priznata kao prvi elektronski računar.



Slika 10. ENIAC



Slika 11. EDVAC

ENIAC je bio prvi uspješan elektronski računar opšte namjene. Kod njega program nije bio uskladišten u centralnoj memoriji, ali je mogao da izvodi operacije elektronskom brzinom, čak 1000 puta brže od Mark-a I. Mašina je programirana da izvršava operacije uključivanjem i isključivanjem kablova i prekidača, a prema potrebi i prelemljivanjem žica, što je trajalo i nekoliko dana kada je računar reprogramiran za rješavanje novog problema. Bušene kartice su se koristile za ulaz i izlaz podataka.

ENIAC je zauzimao površinu približno 10m × 20m i težio oko 30 tona. Oni koji su radili na njemu u žargonu su ga zvali hardver (*hardware* – gvožđurija). Po tome je računarski sistem bez programa dobio ime ***hardver***. Računar se sastojao od 17.000 elektronskih cijevi, 70.000 otpornika, 10.000 kondenzatora i 6.000 prekidača. Za povezivanje ovih elemenata trebalo je zalemiti preko 500.000 spojeva. Mogao je da radi samo kada su sve komponente bile u ispravnom stanju, a prosječno vrijeme između dva kvara je bilo 7 minuta. Na njemu je stalno radilo 6 tehničara.

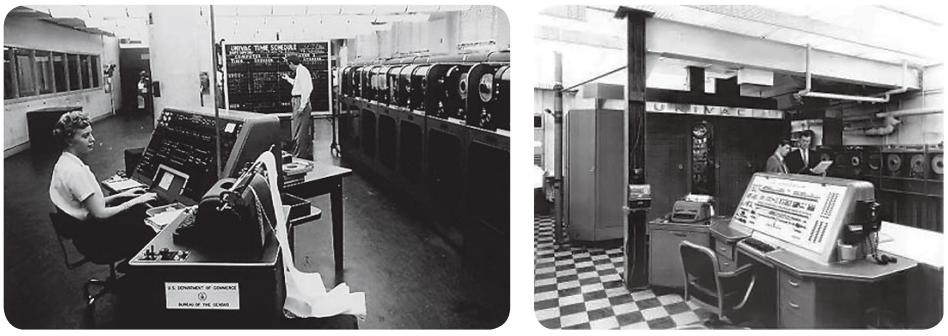
ENIAC je kompletiran u decembru 1945. godine, pošto je rat završen. Njegova prva računanja su bila u vezi projektovanja atomskog i balističkog oružja. Koristio se i za mnoge druge primjene uključujući i prvu računarsku prognozu vremena. Bio je u upotrebi do oktobra 1955. godine.

Za vrijeme razvoja ENIAC-a, grupi na univerzitetu Pensilvanija koja je počinjala rad na drugom računaru, EDVAC (slika 11), 1944. godine priključuje se Džon fon Nojman (*John von Neumann*). Ova mašina je trebalo da ima samo desetinu komponenata od kojih je bio sastavljen ENIAC, a da ima sto puta veću memoriju. U konceptu projekta mašine fon Nojman je naveden kao editor. On je konceptualno opisao način rada ovog računara, pa je po njemu ovakva arhitektura računara dobila i ime, fon Nojmanova arhitektura. Ključni koncept kod ove mašine je bio uskladištenje programa po kome mašina radi u memoriju. Do tog vremena su se podaci sa kojima je mašina radila i program po kom je radila unosili odvojeno u memoriju. Fon Nojman je predložio da se i program i podaci drže uskladišteni u memoriji računara u isto vrijeme. Na taj način se program mogao mijenjati istom lakoćom i brzinom kao i podaci. Ovaj princip programiranja računara zadržan je do današnjih dana. Računar EDVAC je završen 1949. godine i bio je i prva mašina koja je imala magnetne diskove.

Pored već pomenutih računara ENIAC-a i EDVAC-a, krajem četrdesetih i početkom pedesetih godina razvijeno je u Velikoj Britaniji i SAD više računara zasnovanih na istim principima, tehnologiji i uglavnom sličnih karakteristika.

- 1948. EDSAC (*Electronic Delay Storage Automatic Calculator*) razvijen je na univerzitetu u Kembridžu pod rukovodstvom Morisa B. Vilksa (*Maurice B. Wilkes*).
- 1948. IBM uvodi elektronski kalkulator 604.
- 1948. IBM pravi SSEC (*Selective Sequence Electronic Calculator*), računar sa 12.000 cijevi.
- 1949. Džej Forster (*Jay Forrester*) u računaru *Whirlwind* koristi kao glavnu memoriju magnetnu memoriju.

Početak komercijalne proizvodnje. Kao što je već opisano, prvi elektronski digitalni računari razvijani su za vojne primjene. Godine 1946. godine Mauchly i Eckert napuštaju univerzitet i osnivaju sopstvenu firmu sa namjerom da iskoriste svoje iskustvo i proizvode i prodaju računare za poslovne primjene. Zbog finansijskih problema ovu kompaniju je otkupila kompanija *Remington Rand* 1950. godine i već u februaru 1951. godine statističkom birou isporučen je prvi računar ove firme UNIVAC I (*Universal Automatic Computer*), koji je korišćen za obradu rezultata popisa stanovništva. Proizvedeno je još petnaest ovakvih računara (slika 12), prije nego što je ovaj model zamijenjen novim modelom. Ovaj računar je bio prvi računar koji je koristio magnetne trake. Bio je u upotrebi do 1963. godine.



Slika 1.12. UNIVAC I – lijevo i UNIVAC II – desno

Poboljšanja u računarskoj tehnologiji su nastavljena i početkom pedesetih godina. Ova poboljšanja su se reflektovala i u računarima proizvedenim u tom periodu. Računari proizvedeni poslije ovog perioda klasifikovani su u generacije. Svaka generacija uključivala je neka veća poboljšanja koja su činila računare bržim, efikasnijim i moćnijim. Oko definisanja prve tri generacije postignuta je opšta saglasnost. Međutim, četvrta i peta generacija o kojoj se često diskutuje, nisu tako dobro definisane.

Prva generacija. Ključna karakteristika prve generacije bilo je korišćenje vakumskih cijevi kao aktivnih elemenata. Ovi elementi su bili veliki, često i veličine kućnih sijalica. Trošili su mnogo električne energije i proizvodili veliku količinu toplote.

Druga karakteristika ove generacije bila je memorija za skladištenje programa i podataka. Razvijane su razne vrste memorije kao, na primjer, magnetne trake i doboši. Cilj je bio razvoj brže i jeftinije memorije.

Početkom pedesetih godina dva otkrića promijenila su sliku o elektronskim računarima, od brzih ali nepouzdanih, u relativno pouzdane i još većih mogućnosti. To su: otkriće magnetne memorije i tranzistora. Ova tehnička otkrića našla su brzo put do primjene u računarima pa je tako kapacitet memorije komercijalnih računara do početka šezdesetih godina narastao sa 8.000 do 64.000 riječi.

Ove mašine su bile vrlo skupe za kupovinu ili iznajmljivanje, a bile su skupe i za korišćenje zbog troškova održavanja i programiranja. Računari su se uglavnom nalazili u velikim računskim centrima u industriji, državnim ustanovama ili privatnim laboratorijama. O njima je brinulo mnogo osoblja za podršku i programera. Zbog toga su mnogi korisnici zajednički koristili računarske kapacitete ovih mašina.

Jedan od oblika korišćenja je bila paketna obrada podataka (*batch processing*). Kod ove obrade problemi su se pripremali za obradu na relativno jeftinom medijumu, najčešće karticama i magnetnim trakama, i davali u red za obradu. Po završetku obrade računar je izbacivao cio problem (program i podatke) na periferne jedinice i počinjao obradu novog problema.

Druga generacija. Druga generacija obuhvata računare proizvedene krajem pedesetih i u prvoj polovini šezdesetih godina. Ova generacija zasnovana je na tranzistorima. Iako je tranzistor otkriven 1948. godine, do 1959. nije bilo tehnologije i proizvodnih metoda za njihovo korišćenje u računarima. Računari druge generacije sadržali su oko 10.000 pojedinačnih tranzistora koji su se ručno pričvršćivali na ploče i povezivali sa drugim elementima žicama.

Tranzistori su imali nekoliko prednosti nad elektronskim cijevima. Bili su jeftiniji, brži, manji, trošili manje električne energije i razvijali manje toplote. Prvi komercijalni računar koji je koristio tranzistore bio je *Philco Transac S-2000*, ali najveći uspjeh u to vrijeme postigao je IBM sa računarom 1401. Ova mašina se tako dobro prodavala da se broj računara u svijetu udvostručio, a IBM postao vodeći proizvođač računara.

Pored ovih tehnoloških unapređenja pojavio se i prvi programski jezik *Flow-Matic* koga je razvila Grejs Marej (*Grace Murray Hopper*). Ona je smatrala da je glavna smetnja za korišćenje računara za nenaučne i poslovne primjene nedostatak programera, a da se problem može riješiti razvojem programskih jezika koje bi razumjeli ljudi koji nisu ni matematičari ni računarski eksperti. Ubijeđena da se programi mogu pisati na engleskom jeziku, napravila je jezik koji je prevodio tipične poslovne termine u mašinski jezik. Propagirala je programske jezike i njihovu nezavisnost od računara. Na osnovu ovog programskog jezika kasnije su se razvili prvi proceduralno orijentisani jezici: COBOL, FORTRAN, ALGOL i LISP.

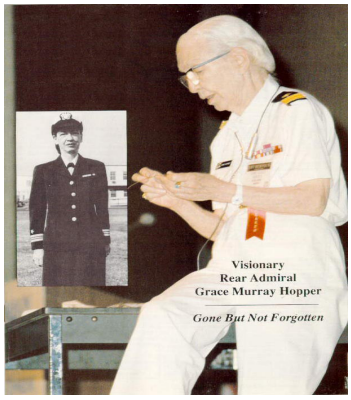
Treća generacija. Glavno tehnološko unapređenje računara treće generacije bila je primjena integrisanih kola: godine 1959. napravljen je prvi planarni tranzistor sastavljen od jednog elementa; godine 1961. napravljeno je integralno kolo od četiri tranzistora u jednom čipu; godine 1964. napravljeno je integralno kolo namijenjeno za praktične primjene sa pet tranzistora u jednom čipu; godine 1968. proizveden je logički čip sa 180 tranzistora.

Uvođenje integralnih kola i LSI integralnih kola sa visokim stepenom integracije (*Large Scale Integration*) omogućilo je proizvodnju čipova sa hiljadama tranzistora. Kompleksna kola koja su bila ekonomična za proizvodnju znatno su povećala mogućnosti računara u kojima su korišćena. Broj aktivnih komponenata u računaru narastao je sa 10.000 na više od pola miliona. Niska cijena, visoka pouzdanost, male dimenzije, mali zahtjevi za napajanjem i brzina izvođenja operacija ovih čipova značajno su unaprijedili razvoj mini računara.

Osim toga, u ovoj generaciji magnetni diskovi su zamijenili magnetne trake kao mediji za skladištenje programa i podataka. Ovu generaciju obilježila je serija računara IBM 360. U ovom periodu uveden je i prvi miniračunar PDP-1 firme *Digital Equipment Corporation*. Kada je proizveden u novembru 1960, bio je po cijeni daleko jeftiniji od drugih računara prodavanih u to vrijeme.

Četvrta generacija. Dok oko prve tri generacije računara nije bilo neslaganja, poslije toga ima mnogo neslaganja. Poslije treće generacije računara bilo je mnogo poboljšanja, ali ne tako fundamentalnih kao što su razlike između elektronskih cijevi, tranzistora i integrisanih kola. Iako neki smatraju da su današnji računari peta, pa čak i šesta generacija, ipak većina se slaže da je ovaj period samo poboljšanje postojećih tehnologija i da se radi stvarno o četvrtoj generaciji. Jedini značajan napredak je vrlo velika integracija (VLSI – *Very Large Scale Integration*), koja je omogućila stvaranje mikroprocesora, specijalnog tipa integrisanih kola, koji predstavljaju osnovu današnjih računara.

***Grace Murray Hopper* (Grejs Marej Hoper).** U dosadašnjem pregledu razvoja računara dat je prikaz najznačajnijih momenata u ovom razvoju i pomenute su osobe koje su ih projektovale i/ili napravile. Međutim, jedna osoba je snažno uticala na razvoj računara i informacionih tehnologija u cijelom ovom periodu i svojim vizionarskim pogledima značajno uticala na razvoj brojnih računarskih sistema, načina njihove primjene, razvoja i standardizacije programskih proizvoda, utvrđivanja njihovog kvaliteta i borila se za olakšanje komunikacije korisnika i računara. To je Grejs Marej Hoper (slika 13). Ona je svojim skoro pedesetogodišnjim radom u oblasti računarstva i na njegovom propagiranju zaslužila da ovdje bude posebno pomenuta.



Slika 13. *Grace Murray Hopper*[3]

Grejs Marej je rođena 1906. godine u Njujorku. Godine 1928. je diplomirala matematiku i fiziku, 1930. magistrirala, a 1934. doktorirala matematiku. Do 1943. godine radila je kao vanredni profesor na Vasar univerzitetu. Za vreme rata 1943. godine stupila je u mornaricu. Po završetku vojne škole dodijeljena je 1944. godine projektu pravljenja Mark računara na Harvardskom univerzitetu. Pisala je programe za računare Mark I, Mark II, i Mark III za koje je dobila brojne nagrade. Imala je viziju da bi računari imali mnogo širu primjenu ako bi postojali alati kojima bi računari bili lakši za korisnike (*programmer–friendly*) i za primjenu (*application–friendly*). Da bi ostvarila svoju viziju, reskirala je karijeru i prešla u *Eckert-Mauchly Computer Corporation* i stupila u posao sa računarima. Tu je počela drugi pionirski poduhvat na računaru UNIVAC I. Podsticala je programere da međusobno koriste zajedničke dijelove programa i stvaraju biblioteke. Iako se u to doba kopiralo ručno, ipak je ovakav pristup doveo do značajnog smanjenja mučnog programiranja, dupliranja poslova i smanjenja grešaka.

U to vrijeme programi su se pisali pomoću mnemonika, koji su se kasnije ručno prevodili u binarni kod. Ona je, sa svojim timom, razvila prvi prevodilac A-O koji je omogućavao prevođenje simboličkog koda u binarni, specifikacije poziva i skupljanje programskih rutina sa magnetne trake.

Vjerovala je da je glavna smetnja za primjenu računara za nenaučne i poslovne aplikacije nedostatak programera za ove nove mašine. Smatrala je da rješenje problema leži u otvaranju svijeta računara, razvojem odgovarajućih programskih jezika, koje bi razumjeli ljudi koji nisu ni matematičari na računarski eksperti. Trebalo joj je više godina da dokaže da je ova ideja bila ispravna. Ubijeđena da se programi mogu pisati na engleskom jeziku nastavila je sa radom na prevodiocu B–O za Univac, kasnije poznatom pod imenom *Flow–Matic*. Ovaj program prevodilac, koji je nazvala kompajler[4], je prevodio tipične poslovne termine u mašinski jezik.

3 US Navy photo courtesy of Chips magazine

Njen uticaj je bio ključni u pravljenju programskog jezika COBOL. Propagirala je programske jezike i njihovu nezavisnost od računara. Penzionisana je 1966. godine (sa 60 godina), ali je poslije nekoliko mjeseci vraćena u aktivnu službu u mornarici, gde je vodila organizaciju cjelokupne obrade podataka. Radila je na standardizaciji kompajlera, programskih proizvoda i dokumentacije i insistirala na razvoju programskih jezika i standardizaciji obuke. Zalagala se za efikasnost programiranja. Razvila je skup procedura za validaciju COBOL kompajlera. Njene procedure su imale ogroman uticaj i na druge programske jezike i dovele do stvaranja nacionalnih i internacionalnih standarda.

Držala je predavanja na mnogim univerzitetima i brojnim skupovima i propagirala svoje ideje i popularizovala korišćenje računara. Za svoj rad dobila je preko 40 počasnih doktorata sa raznih univerziteta, kao i razne druge počasti i priznanja. Njeno ime nosi i jedna nagrada koja se dodeljuje mladim profesionalcima za značajne doprinose u računarskim naukama.

Po drugi put je penzionisana u mornarici 1986. godine (sa 80 godina) u činu kontraadmirala i odmah je nastavila da radi kao specijalni konsultant u firmi *Digital Equipment Corporation* koja je u to vrijeme bila druga u svijetu po proizvodnji računara. Na tom položaju ostala je do smrti 1. januara 1992.

6. Super računari

Pod imenom super računari obično se smatraju računari velikih mogućnosti i brzine obrade, čija konstrukcija nije zasnovana na fon Nojmanovoj arhitekturi nego na paralelizaciji računarskog procesa. Namijenjeni su za naučno–tehničke proračune sa ogromnim brojem računskih operacija. Takvi proračuni su obično potrebni u meteorologiji, seizmologiji, hidrologiji i za vojne potrebe. Ovi računari su počeli da se proizvode krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina. U to vrijeme bili su najpoznatiji računari firmi *Cray* (*Cray 1*, *Cray X-MP*, *Cray Y-MP*,…) i CDC (*Control Data Corporation – Cyber 205*). Kasnije su i drugi proizvođači počeli da proizvode super računare kao, na primjer, *Fujitsy*, *Hitachi*, NEC.

Ovi računari se proizvode u malom broju primjeraka, jer je područje njihove primjene ograničeno, a i zahtijevaju specijalne uslove korišćenja i održavanja (hlađenje vodom ili tečnim azotom).

7. Personalni računari

U cilju smanjenja broja komponenti za elektronske kalkulatore, koji su se pojavili krajem šezdesetih godina, *Marcian Hof* zaposlen u kompaniji *Intel* dolazi na ideju da napravi čip koji bi imao sve osobine centralnog procesora tadašnjih računara. Takav čip proizveden je 1971. godine i nazvan je **mikroprocesor**. To je bio četverobitni procesor i nosio je oznaku 4004. Godinu dana kasnije (1972) ista kompanija je proizvela novi, osmobitni, procesor 8008. Pored *Intel*-a i druge kompanije su počele da proizvode mikroprocesore (*Motorola*, *Zilog*, *MOS Technology*, *Texas Instruments*, *National Semiconductor*). Ovi sofisticirani mikroprocesori male veličine bili su jeftini, a mogli su da rade sve što su mogli i veliki računari.

4 Naziv kompajler se danas koristi za sve programe koji prevode program napisan u višem programskom jeziku u mašinski kod.

Da bi se koristili trebalo je dodati memoriju i tastaturu za unos podataka. Tako bi mikroprocesor mogao da obrađuje podatke, tj. bio bi računar u čipu. Da bi se dobili rezultati obrade bile su potrebne dodatne jedinice: ekran ili štampač. Nije trebalo dugo čekati da ovi čipovi budu ugrađeni u mikroračunare, čime je otvoren put masovnoj primjeni računara.

Prvi personalni računar MITS Altair pojavio se 1975. godine. Projektovali su ga *Ed Roberts* i *Bill Yates*, a bio je namijenjen hobistima. Prodavao se uglavnom u dijelovima za sastavljanje, iako je postojala mogućnost kupovine i sastavljenog računara. Imao je memoriju od 256K. Nije imao tastaturu, ekran ili štampač ni eksternu memoriju. Programirao se korišćenjem prekidača na kućištu, a kao izlaz je koristio sijalice. Zbog svoje kompleksnosti nije bio široko prihvaćen.

Stiv Džobs (Steve Jobs) i *Stiven Vozniak* (*Stephen Wozniak)* su se takođe iz hobija bavili računarima. Oni su u Džobsovoj garaži razvili računar koji su nazvali *Apple I*. Računar se prodavao sastavljen ili u djelovima sa uputstvom za sastavljanje. Zbog toga je prodato manje od 200 sastavljenih računara. Godine 1977. predstavljen je novi model *Apple II* koji je uključivao tastaturu, napajanje i mogao da generiše grafiku u boji. Godine 1978. godine uvedena je i jedinica za diskete umjesto magnetnih kaseta na kojima su se do tada skladištili programi. Do 1983. godine prodato je milion ovih računara, a naredne godine još milion. Kompanija koju su osnovali, *Apple Computers*, imala je najbrži rast u američkoj istoriji. Godine 1985. oba osnivača su napustila kompaniju: Vozniak zato što nije mogao da radi u velikoj kompaniji, a Džobs je bio otpušten od profesionalnih menadžera koje je zaposlio, jer se njegova poslovna filozofija nije slagala sa njihovom.

Godine 1983. kompanija *Apple Computers* je uvela računar *Lisa* koji je bio lak za rad. Njegovo korišćenje je bilo zasnovano na grafičkom okruženju i pokazivanjem na komande u obliku sličica i menija na ekranu pomoću miša. Ovaj računar je imao ograničen uspjeh, ali je otvorio put razvoju *Apple Macintosh*-a koji je napravio prodor u ovom polju. Kada je *Apple* uveo 1985. godine štampač *Apple LaserWriter*, udareni su temelji stonom izdavaštvu.

U prvoj polovini osamdesetih godina pojavio se veći broj kompanija koje su proizvodile personalne računare. Kod nas su bili najpoznatiji ZX 80 i ZX 81 (*Clive Sinclair*-a) i Commodore 64. Ovi računari imali su procesor, memoriju i tastaturu. Kao izlaznu jedinicu koristili su TV, a za čuvanje programa koristili su se kasetofoni. Kao programski jezik koristio se BASIC.

Uvidjevši uspjeh računara *Apple II* i kompanija IBM se upustila u posao sa računarima zasnovanim na mikroprocesoru i razvila sopstveni mikroračunar pod imenom IBM PC. Računar je predstavljen 1981. godine i ubrzo je postao standard oko koga su brojne druge kompanije dizajnirale svoje računare.

- 1983. IBM predstavlja novi računar IBM PC/XT (*Extended Technology*) sa memorijom od 128 do 256KB i diskom od 10MB.
- 1984. IBM predstavlja AT (*Advanced Technology*), računar baziran na Intelovom procesoru 80286, kome je kasnije dodat i koprocesor 80287. Memorija je mogla da bude do 512KB i disk do 20MB. Računar je imao i disketne jedinice od 360KB i 1,2 MB. Ovaj model je postao standard za lične računare.

- PC računare su počele da proizvode i mnoge druge firme i nazivaju ih IBM kompatibilnim PC računarima.
- 1986. *Compaq* uvodi prvi PC baziran na procesoru Intel 80386.
- 1987. IBM uvodi svoju familiju PS/2 i prodaje preko milion komada do kraja godine.
- 1989. uvode se prvi računari bazirani na procesoru 80486.
- 1990. *Microsoft* uvodi *Windows 3.0*.
- 1991. više proizvođača uvodi notebook PC računare.
- 1992. *Microsoft* uvodi *Windows 3.1* i prodaje preko 10 miliona primjeraka.
- 1993. Počinje isporuka računara baziranih na procesoru Pentium.

Poslije toga računari su se brzo razvijali pri čemu su imali sve veće mogućnosti, dimenzije su im bile sve manje, a cijena im je sve niža. Ipak, može se primijetiti da su se posljednjih godina konfiguracije računara i cijene uglavnom ustalili, a da je pravac razvoja otišao prema povezivanju računara sa drugim uređajima (telefonima, fotoaparatima, muzičkim i TV uređajima).

8. Neke čuvene zablude

- „Sve što je moglo biti pronađeno, već je pronađeno“, **Charles H. Duell**, direktor Patentnog ureda SAD, 1899.
- „Ja mislim da postoji svjetsko tržište za možda pet računara“, *Thomas Watson*, predsednik IBM-a, 1943.
- „Računari u budućnosti neće biti teži od 1,5 tone“, *Popular Mechanics*, u predviđanjima nemilosrdnog napretka u nauci, 1949.
- „Ja sam putovao uzduž i poprijeko po ovoj zemlji i razgovarao sa najboljim ljudima i ja vas mogu uvjeriti da je obrada podataka moda koja neće trajati duže od jedne godine“, urednik zadužen za knjige o biznisu u *Prentice Hall*-u, 1957.
- „Ali... čemu će to služiti“, inženjer u *Advanced Computing Systems Division* u IBM-u komentarišući mikročip, 1968.
- „Nema ni jedan razlog da bi bilo ko želio računar u svojoj kući“, K*en Olson*, predsjednik, direktor i osnivač *Digital Equipment Corporation*, 1977.
- „DOS adresira samo 1 megabajt RAM-a zato što mi ne možemo da zamislimo bilo koju aplikaciju koja bi trebala više“, *Microsoft* o razvoju DOS-a, 1980.
- „640 K bi trebalo da bude dovoljno za bilo koga“, *Bill Gates*, 1981.
- „*Windows* NT adresira 2 gigabajta RAM-a što je više nego što će bilo koja aplikacija ikada trebati“, *Microsoft* o razvoju *Windows*-a NT, 1992.