

Danijela Simić

Filip Marić

Predrag Janičić

Milan Banković

Milena Vujošević Janičić

Ve-

sna Marinković

Mladen Nikolić

Mirko Spasić

Sa-

na Stojanović Đurđević

Ivana Tanasijević

## UVOD U INFORMATIKU

Beograd  
2025.

Elektronska verzija (2025)

Autori:

*dr Danijela Simić*, docent na Matematičkom fakultetu u Beogradu

*dr Filip Marić*, redovni profesor na Matematičkom fakultetu u Beogradu

*dr Predrag Janičić*, redovni profesor na Matematičkom fakultetu u Beogradu

*dr Milan Banković*, docent na Matematičkom fakultetu u Beogradu

*dr Milena Vujošević Janičić*, vandredni profesor na Matematičkom fakultetu u Beogradu

*dr Mladen Nikolić*, vandredni profesor na Matematičkom fakultetu u Beogradu

*dr Mirko Spasić*, docent na Matematičkom fakultetu u Beogradu

*dr Sana Stojanović Đurđević*, docent na Matematičkom fakultetu u Beogradu

*dr Ivana Tanasijević*, docent na Matematičkom fakultetu u Beogradu

## UVOD U INFORMATIKU

Izdavač: Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu

Studentski trg 16, 11000 Beograd

Recenzenti:

??

??

Obrada teksta i ilustracije: *autori* (osim za slike nabrojane na kraju knjige)

Dizajn korica: *autori*

©2025. Danijela Simić, Filip Marić, Predrag Janičić, Milan Banković, Milena Vujošević Janičić, Mladen Nikolić, Mirko Spasić, Sana Stojanović Đurđević i Ivana Tanasijević

Ovo delo zaštićeno je licencom Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 (Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License). Detalji licence mogu se videti na veb-adresi <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>. Dozvoljeno je umnožavanje, distribucija i javno saopštavanje dela, pod uslovom da se navedu imena autora. Upotreba dela u komercijalne svrhe nije dozvoljena. Prerada, preoblikovanje i upotreba dela u sklopu nekog drugog nije dozvoljena.



# Sadržaj

<b>Sadržaj</b>	<b>3</b>
<b>1 Kratka istorija informatike i informaciono-komunikacionih tehnologija</b>	<b>7</b>
1.1 Rana istorija računarskih sistema . . . . .	8
1.2 Računari Fon Nojmanove arhitekture . . . . .	12
1.3 Oblasti savremenog računarstva . . . . .	17



# Predgovor

Ovo je materijal za predmet Uvod u informatiku na prvoj godini smjera *Informatika* na Matematičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu) Nadamo da izbor sadržaja i način prezentovanja mogu da budu zanimljivi ne samo studentima, već i svima drugima koje interesuje ova oblast računarstva.

Bićemo zahvalni čitaocima na svim ispravkama, sugestijama i komentarima koje nam pošalju.

- \* Kratka istorija informatike i informaciono-komunikacionih tehnologija – Filip Marić i Predrag Janičić
- \* Hardver i softver - Filip Marić, Predrag Janičić i Danijela Simić
- \* Digitalizacija - Filip Marić, Predrag Janičić i Danijela Simić
- \* Algoritmi i izračunljivost - Predrag Janičić
- \* Sistemski softver - Milan Banković
- \* Računarske mreže - Mirko Spasić
- \* Programski jezici i prevodioci - Milena Vujošević Janičić
- \* Proces razvoja softvera - Danijela Simić
- \* Baze podataka - Ivana Tanasijević
- \* Matematika i informatika - Filip Marić
- \* Veštačka inteligencija - Mladen Nikolić i Predrag Janičić
- \* Računarska grafika - Vesna Marinković

\* Računari i društvo - Sana Stojanović Đurđević

*Danijela Simić, Filip Marić, Predrag Janičić, Milan Banković, Milena Vujošević  
Jančić, Mladen Nikolić, Mirko Spasić, Sana Stojanović Đurđević i Ivana  
Tanasijević*

Beograd, mart 2024.

Elektronska verzija (2025)

# Kratka istorija informatike i informaciono-komunikacionih tehnologija

*Računarstvo i informatika* predstavljaju jednu od najatraktivnijih i najvažnijih oblasti današnjice. Život u savremenom društvu ne može se zamisliti bez korišćenja različitih *računarskih sistema*: stonih i prenosnih računara, tableta, pametnih telefona, ali i računara integrisanih u različite mašine (automobile, avione, industrijske mašine, itd). Definicija računarskog sistema je prilično široka. Može se reći da se danas pod digitalnim računarskim sistemom (računarom) podrazumeva mašina koja može da se programira da izvršava različite zadatke svođenjem na elementarne operacije nad brojevima. Brojevi se, u savremenim računarima, zapisuju u binarnom sistemu, kao nizovi nula i jedinica tj. binarnih cifara, tj. *bitova* (engl. bit, od *binary digit*). Koristeći  $n$  bitova, može se zapisati  $2^n$  različitih vrednosti. Na primer, jedan *bajt* (B) označava osam bitova i može da reprezentuje  $2^8$ , tj. 256 različitih vrednosti.<sup>1</sup>

Računarstvo se bavi izučavanjem računara, ali i opštije, izučavanjem teorije i prakse procesa računanja i primene računara u raznim oblastima nauke, tehnike i svakodnevnog života<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Količina podataka i kapacitet memorijskih komponenti savremenih računara obično se iskazuje u bajtovima ili izvedenim jedinicama. Obično se smatra da je jedan *kilobajt* (KB) jednak 1024 bajtova (mada neke organizacije podrazumevaju da je jedan KB jednak 1000 bajtova). Slično, jedan *megabajt* (MB) je jednak 1024 KB ili  $1024^2$  B, jedan *gigabajt* (GB) je jednak 1024 MB, a jedan *teraabajt* (TB) je jednak 1024 GB.

<sup>2</sup>Često se kaže da se računarstvo bavi računarima isto onoliko koliko se astronomija bavi teleskopima, a biologija mikroskopima. Računari nisu sami po sebi svrha i samo su sredstvo koje treba da pomogne u ostvarivanju različitih zadataka.

Računari u današnjem smislu nastali su polovinom XX veka, ali koreni računarstva su mnogo stariji od prvih računara. Vekovima su ljudi stvarali mehaničke i elektromehaničke naprave koje su mogle da rešavaju neke numeričke zadatke. Današnji računari su *programabilni*, tj. mogu da se isprogramiraju da vrše različite zadatke. Stoga je oblast *programiranja* jedna od najznačajnijih oblasti računarstva. Za funkcionisanje modernih računara neophodni su i *hardver* i *softver*. Hardver (tehnički sistem računara) čine opipljive, fizičke komponente računara: procesor, memorija, matična ploča, hard disk, DVD uređaj, itd. Softver (programski sistem računara) čine računarski programi i prateći podaci koji određuju izračunavanja koja vrši računar. Računarstvo je danas veoma široka i dobro utemeljena naučna disciplina sa mnoštvom podoblasti.

## 1.1 Rana istorija računarskih sistema

Programiranje u savremenom smislu postalo je praktično moguće tek krajem Drugog svetskog rata, ali je njegova istorija znatno starija. Prvi precizni postupci i sprave za rešavanje matematičkih problema postojali su još u vreme antičkih civilizacija. Na primer, kao pomoć pri izvođenju osnovnih matematičkih operacija korišćene su računaljke zvane *abakus*. U IX veku persijski matematičar *Al Horezmi*<sup>3</sup> precizno je opisao postupke računanja u indo-arapskom dekadnom brojevnom sistemu (koji i danas predstavlja najkorišćeniji brojevni sistem). U XIII veku *Leonardo Fibonači*<sup>4</sup> doneo je ovaj način zapisivanja brojeva iz Azije u Evropu i to je bio jedan od ključnih preduslova za razvoj matematike i tehničkih disciplina tokom renesanse. Otkriće logaritma omogućilo je svođenje množenja na sabiranje, dodatno olakšano raznovrsnim analognih spravama (npr. *klizni lenjir* — *šiber*)<sup>5</sup>. Prve mehaničke sprave koje su mogle da potpuno automatski izvode aritmetičke operacije i pomažu u rešavanju matematičkih zadataka su napravljene u XVII veku. *Blez Paskal*<sup>6</sup> konstruisao je 1642. godine mehaničke sprave, kasnije nazvane *Paskaline*, koje su služile za sabiranje i oduzimanje celih brojeva. *Gotfrid Lajbnić*<sup>7</sup> konstruisao je 1672. godine mašinu koja je mogla da izvršava sve četiri osnovne aritmetičke operacije (sabiranje, oduzimanje, množenje i deljenje) nad celim brojevima. Ova mašina bila je zasnovana na dekadnom brojevnom sistemu, ali Lajbnić je prvi predlagao i korišćenje binarnog brojevnog sistema u računanju.

**Mehaničke mašine.** *Žozef Mari Žakard*<sup>8</sup> konstruisao je 1801. godine prvu programabilnu mašinu — mehanički tkački razboj koji je koristio bušene kartice kao

<sup>3</sup>Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi (780–850), persijski matematičar.

<sup>4</sup>Leonardo Pisano Fibonacci, (1170–1250), italijanski matematičar iz Pize.

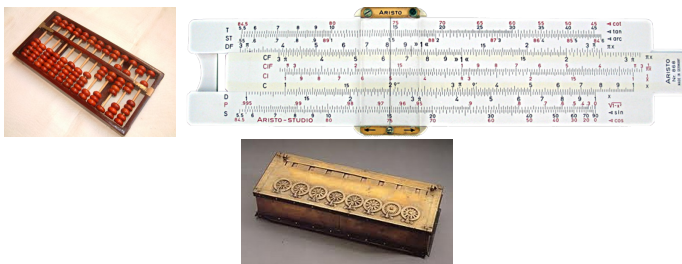
<sup>5</sup>Zanimljivo je da su klizni lenjiri nošeni na pet Apolo misija, uključujući i onu na Mesec, da bi astronautima pomagali u potrebnim izračunavanjima.

<sup>6</sup>Blaise Pascal (1623–1662), francuski filozof, matematičar i fizičar. U njegovu čast jedan programski jezik nosi ime *PASCAL*.

<sup>7</sup>Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716), nemački filozof i matematičar.

<sup>8</sup>Joseph Marie Jacquard (1752–1834), francuski trgovac.

## 9 1. Kratka istorija informatike i informaciono-komunikacionih tehnologija



Slika 1.1: Abakus. Šiber. Paskalina

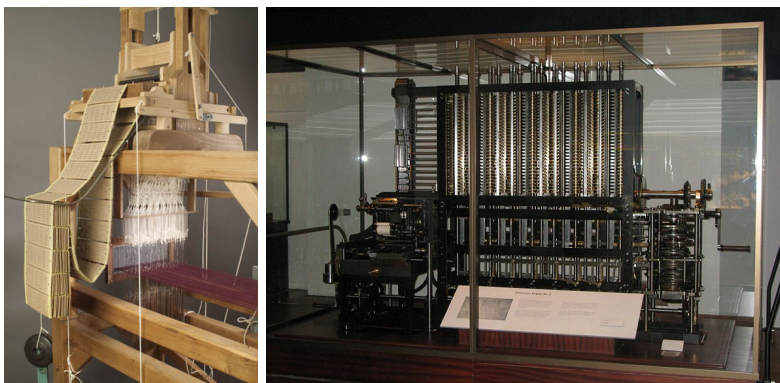
svojevrstne programe za generisanje kompleksnih šara na tkanini. Svaka rupa na kartici određivala je jedan pokret mašine, a svaki red na kartici odgovarao je jednom redu šare.

U prvoj polovini XIX veka, *Čarls Bebidž*<sup>9</sup> dizajnirao je, mada ne i realizovao, prve programabilne računске mašine. Godine 1822. započeo je rad na *diferencijskoj mašini* koja je trebalo da računa vrednosti polinomijalnih funkcija (i eliminiše česte ljudske greške u tom poslu) u cilju izrade što preciznijih logaritamskih tablica. Ime je dobila zbog toga što je koristila tzv. metod konačnih razlika da bi bila eliminisana potreba za množenjem i deljenjem. Mašina je trebalo da ima oko 25000 delova i da se pokreće ručno, ali nije nikada završena<sup>10</sup>. Ubrzo nakon što je rad na prvom projektu utihnuo bez rezultata, Bebidž je započeo rad na novoj mašini nazvanoj *analitička mašina*. Osnovna razlika u odnosu na sve prethodne mašine, koje su imale svoje specifične namene, bila je u tome što je analitička mašina zamišljena kao računska mašina opšte namene koja može da se *programira* (programima zapisanim na bušenim karticama, sličnim Žakardovim karticama). Program zapisan na karticama kontrolisao bi mehanički računar (pokretan parnom mašinom) i omogućavao sekvencijalno izvršavanje naredbi, grananje i skokove, slično programima za savremene računare. Osnovni delovi računara trebalo je da budu *mlin* (engl. *mill*) i *skladište* (engl. *store*), koji po svojoj funkcionalnosti sasvim odgovaraju procesoru i memoriji današnjih računara. *Ada Bajron*<sup>11</sup> zajedno sa Bebidžem napisala je prve programe za analitičku mašinu i, da je mašina uspešno konstruisana, njeni programi bi mogli da računaju određene složene nizove brojeva (takozvane Bernulijeve brojeve). Zbog ovoga se ona smatra prvim programerom u istoriji (i njoj u čast jedan programski jezik nosi ime *Ada*). Ona je bila i prva koja je uvidela da se računске mašine mogu upotrebiti i za nematematičke namene, čime je na neki način anticipirala današnje namene digitalnih računara.

<sup>9</sup>Charles Babbage (1791–1871), engleski matematičar, filozof i pronalazač.

<sup>10</sup>Dosledno sledeći Bebidžev dizajn, 1991. godine (u naučno-popularne svrhe) uspešno je konstruisana diferencijska mašina koja radi besprekorno. Nešto kasnije, konstruisan je i „štampanac“ koji je Bebidž dizajnirao za diferencijsku mašinu, tj. štamparska presa povezana sa parnom mašinom koja je štampala izračunate vrednosti.

<sup>11</sup>Augusta Ada King (rođ. Byron), Countess of Lovelace, (1815–1852), engleska matematičarka. U njenu čast nazvan je programski jezik ADA.



Slika 1.2: Žakardov razboj. Bebidževa diferencijska mašina.

Interesantno je da je krajem XIX veka naš veliki matematičar Mihailo Petrović Alas konstruisao *hidrointegrator* – analogni hidraulični računar koji je mogao da rešava određene klase diferencijalnih jednačina i koji je nagrađen na Svetskoj izložbi u Parizu 1900. godine.

**Elektromehaničke mašine.** Elektromehaničke mašine za računanje koristile su se od sredine XIX veka do vremena Drugog svetskog rata.

Jedna od prvih je mašina za čitanje bušenih kartica koju je konstruisao *Herman Holerit*<sup>12</sup>. Ova mašina korišćena je 1890. za obradu rezultata popisa stanovništva u SAD. Naime, obrada rezultata popisa iz 1880. godine trajala je više od 7 godina, a zbog naglog porasta broja stanovnika procenjeno je da bi obrada rezultata iz 1890. godine trajala više od 10 godina, što je bilo neprihvatljivo mnogo. Holerit je sproveo ideju da se podaci prilikom popisa zapisuju na mašinski čitljivom medijumu (na bušenim karticama), a da se kasnije obrađuju njegovom mašinom. Koristeći ovaj pristup obrada rezultata popisa uspešno je završena za godinu dana. Od Holeritove male kompanije kasnije je nastala čuvena kompanija *IBM*.

Godine 1941, *Konrad Cuze*<sup>13</sup> konstruisao je 22-bitnu mašinu za računanje *Z3* koja je imala izvesne mogućnosti programiranja (podržane su bile petlje, ali ne i uslovni skokovi), te se često smatra i prvim realizovanim programabilnim računalom<sup>14</sup>. Cuzeove mašine tokom Drugog svetskog rata naišle su samo na ograničene primene. Cuzeova kompanija proizvela je oko 250 različitih tipova računara do kraja šezdesetih godina, kada je postala deo kompanije *Siemens* (nem. Siemens).

U okviru saradnje kompanije *IBM* i univerziteta Harvard, tim *Howarda Ejkena*<sup>15</sup> završio je 1944. godine mašinu *Harvard Mark I*. Ova mašina čitala je instrukcije sa bušene papirne trake, imala je preko 760000 delova, dužinu 17m, visinu 2.4m i

<sup>12</sup>Herman Hollerith (1860–1929), američki pronalazač.

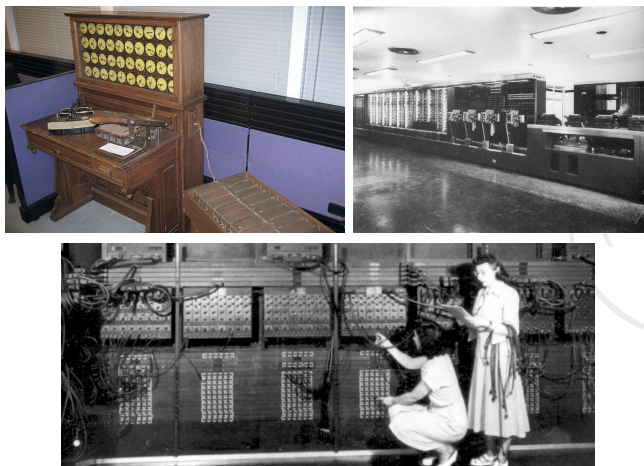
<sup>13</sup>Konrad Zuse (1910–1995), nemački inženjer.

<sup>14</sup>Mašini Z3 prethodile su jednostavnije mašine Z1 i Z2, izgrađene 1938. i 1940. godine.

<sup>15</sup>Howard Hathaway Aiken (1900–1973).

## 111. Kratka istorija informatike i informaciono-komunikacionih tehnologija

masu 4.5t. Mark I mogao je da pohrani u memoriji (korišćenjem elektromehaničkih prekidača) 72 broja od po 23 dekadne cifre. Sabiranje i oduzimanje dva broja trajalo je trećinu, množenje šest, a deljenje petnaest sekundi.



Slika 1.3: Holeritova mašina. Harvard Mark I. ENIAC (proces reprogramiranja).

**Elektronski računari.** Elektronski računari koriste se od kraja 1930-ih do danas.

Jedan od prvih elektronskih računara *ABC* (specijalne namene — rešavanje sistema linearnih jednačina) napravili su 1939. godine *Atanasov*<sup>16</sup> i *Beri*<sup>17</sup>. Mašina je prva koristila binarni brojevni sistem i električne kondenzatore (engl. capacitor) za skladištenje bitova — sistem koji se u svojim savremenim varijantama koristi i danas u okviru tzv. DRAM memorije. Mašina nije bila programabilna.

Krajem Drugog svetskog rata, u Engleskoj, u *Blečli parku* (engl. *Bletchley Park*) u kojem je radio i *Alan Tjuring*<sup>18</sup>, konstruisan je računar *Kolos* (engl. *Colossus*) namenjen dešifrovanju nemačkih poruka. Računar je omogućio razbijanje nemačke šifre zasnovane na mašini *Enigma*, zahvaljujući čemu su saveznici bili u stanju da prate komunikaciju nemačke podmorničke flote, što je značajno uticalo na ishod Drugog svetskog rata.

U periodu između 1943. i 1946. godine od strane američke vojske i tima univerziteta u Pensilvaniji koji su predvodili *Džon Mokli*<sup>19</sup> i *Džej Ekert*<sup>20</sup> konstruisan je prvi elektronski računar opšte namene — *ENIAC* („*Electronic Numerical Integrator and Calculator*“). Imao je 1700 vakuumskih cevi, dužinu 30m i masu 30t. Računske operacije izvršavao je hiljadu puta brže od elektromehaničkih mašina. Osnovna

<sup>16</sup> John Vincent Atanasoff (1903–1995).

<sup>17</sup> Clifford Edward Berry (1918–1963).

<sup>18</sup> Alan Turing (1912–1954), britanski matematičar.

<sup>19</sup> John William Mauchly (1907–1980).

<sup>20</sup> J. Presper Eckert (1919–1995).

svrha bila mu je jedna specijalna namena — računanje trajektorije projektila. Bilo je moguće da se mašina preprogramira i za druge zadatke ali to je zahtevalo intervencije na preklopnicima i kablovima koje su mogle da traju danima.

## 1.2 Računari Fon Nojmanove arhitekture

Rane mašine za računanje nisu bile programabilne već su radile po unapred fiksiranom programu, određenom samom konstrukcijom mašine. Takva arhitektura se i danas koristi kod nekih jednostavnih mašina, na primer, kod kalkulatora („digi-trona“). Da bi izvršavali nove zadatke, rani elektronski računari nisu programirani u današnjem smislu te reči, već su suštinski redizajnirani. Tako su, na primer, operaterima bile potrebne nedelje da bi prespojili kablove u okviru kompleksnog sistema ENIAC i tako ga instruisali da izvršava novi zadatak.

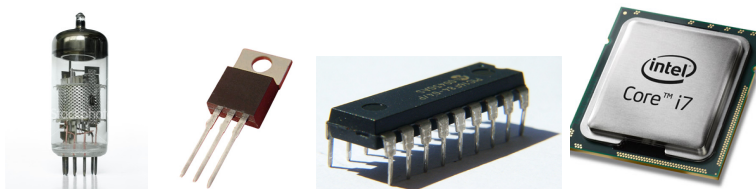
Potpuna konceptualna promena došla je kasnih 1940-ih, sa pojavom računara koji programe na osnovu kojih rade čuvaju u memoriji zajedno sa podacima — računara sa skladištenim programima (engl. *stored program computers*). U okviru ovih računara, postoji jasna podela na hardver i softver. Iako ideje za ovaj koncept datiraju još od Čarlsa Bebidža i njegove analitičke mašine i nastavljaju se kroz radove Tjuringa, Cuzea, Ekerta, Moklija, za rodonačelnika ovakve arhitekture računara smatra se *Džon fon Nojman*<sup>21</sup>. Fon Nojman se u ulozi konsultanta priključio timu Ekerta i Moklija i 1945. godine je u svom izveštaju *EDVAC* („*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*“) opisao arhitekturu budućeg računara EDVAC u kojoj se programi mogu učitavati u memoriju isto kao i podaci koji se obrađuju. Ta arhitektura se od tada koristi u najvećem broju računara a jedan od prvih računara zasnovanih na njoj bio je sâm računar EDVAC (iako je dizajn računara EDVAC bio prvi opis Fon Nojmanove arhitekture, pre njegovog puštanja u rad 1951. godine, već je bilo konstruisano i funkcionalno nekoliko računara slične arhitekture). Računar EDVAC, naslednik računara ENIAC, koristio je binarni zapis brojeva i u memoriju je mogao da upiše hiljadu 44-bitnih podataka.

Osnovni elementi Fon Nojmanove arhitekture računara su *procesor* (koji čine aritmetičko-logička jedinica, kontrolna jedinica i registri) i *glavna memorija*, koji su međusobno povezani. Ostale komponente računara (npr. ulazno-izlazne jedinice, spoljašnje memorije, ...) smatraju se pomoćnim i povezuju se na centralni deo računara koji čine procesor i glavna memorija. Sva obrada podataka vrši se u procesoru. U memoriju se skladište podaci koji se obrađuju, ali i programi, predstavljeni nizom elementarnih instrukcija (kojima se procesoru zadaje koju akciju ili operaciju da izvrši). I podaci i programi se zapisuju obično kao binarni sadržaj i nema nikakve suštinske razlike između zapisa programa i zapisa podataka. Tokom rada, podaci i programi se prenose između procesora i memorije. S obzirom na to da i skoro svi današnji računari imaju Fon Nojmanovu arhitekturu, način funkcionisanja ovakvih računara biće opisan detaljnije u poglavlju o savremenim računarskim sistemima.

Moderni programabilni računari se, po pitanju tehnologije koju su koristili, mogu grupisati u četiri generacije, sve zasnovane na Fon Nojmanovoj arhitekturi.

<sup>21</sup>John Von Neumann (1903–1957), američki matematičar.

## 131. Kratka istorija informatike i informaciono-komunikacionih tehnologija



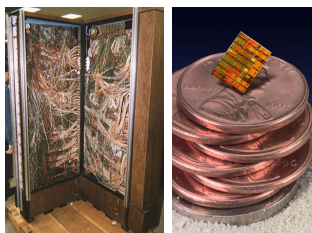
Slika 1.4: Osnovni gradivni elementi korišćeni u četiri generacije računara: vakuumska cev, tranzistor, integrisano kolo i mikroprocesor

**I generacija računara** (od kraja 1930-ih do kraja 1950-ih) koristila je *vakuumske cevi* kao logička kola i *magnetne doboše* (a delom i magnetne trake) za memoriju. Za programiranje su korišćeni mašinski jezik i assembler a glavne primene su bile vojne i naučne. Računari su uglavnom bili unikatni (tj. za većinu nije postojala serijska proizvodnja). Prvi realizovani računari Fon Nojmanove arhitekture bili su *Mančesterska „Beba“* (engl. *Manchester „Baby“*) — eksperimentalna mašina, razvijena 1949. na Univerzitetu u Mančesteru, na kojoj je testirana tehnologija vakuumskih cevi i njen naslednik *Mančesterski Mark 1* (engl. *Manchester Mark 1*), *EDSAC* — razvijen 1949. na Univerzitetu u Kembridžu, *MESM* razvijen 1950. na Kijevskom elektrotehničkom institutu i *EDVAC* koji je prvi dizajniran, ali napravljen tek 1951. na Univerzitetu u Pensilvaniji. Tvorci računara *EDVAC*, počeli su 1951. godine proizvodnju prvog komercijalnog računara *UNIVAC – UNIVersal Automatic Computer* koji je prodat u, za to doba neverovatnih, 46 primeraka.

**II generacija računara** (od kraja 1950-ih do polovine 1960-ih) koristila je *tranzistore* umesto vakuumskih cevi. Iako je tranzistor otkriven još 1947. godine, tek sredinom pedesetih počinje da se koristi umesto vakuumskih cevi kao osnovna elektronska komponenta u okviru računara. Tranzistori su izgrađeni od tzv. *poluprovodničkih elemenata* (obično silicijuma ili germanijuma). U poređenju sa vakuumskih cevima, tranzistori su manji, zahtevaju manje energije te se manje i greju. Tranzistori su unapredili ne samo procesore i memoriju već i spoljašnje uređaje. Počeli su da se široko koriste magnetni diskovi i trake, započeto je umrežavanje računara, pa čak i korišćenje računara u zabavne svrhe (implementirana je prva računarska igra *Spacewar* za računar *PDP-1*). U ovo vreme razvijeni su i prvi jezici višeg nivoa (*FORTTRAN*, *LISP*, *ALGOL*, *COBOL*). U to vreme kompanija *IBM* dominirala je tržištem — samo računar *IBM 1401*, prodat u više od deset hiljada primeraka, pokrivaio je oko trećinu tada postojećeg tržišta.

**III generacija računara** (od polovine 1960-ih do sredine 1970-ih) bila je zasnovana na *integrisanim kolima* smeštenim na silicijumskim (*mikro*)čipovima. Prvi računar koji je koristio ovu tehnologiju bio je *IBM 360*, napravljen 1964. godine.

Nova tehnologija omogućila je poslovnu primenu računara u mnogim oblastima. U ovoj eri dominirali su *mejnfrejm* (engl. *mainframe*) računari koji su bili izrazito moćni za to doba, čija se brzina merila milionima instrukcija u sekundi (engl. *MIPS*;



Slika 1.5: Integrisana kola dovela su do minijaturizacije i kompleksni žičani spojevi su mogli biti realizovani na izuzetno maloj površini.

na primer, neki podmodeli računara IBM 360 imali su brzinu od skoro 1 MIPS) i koji su imali mogućnost skladištenja i obrade velike količine podataka te su korišćeni od strane vlada i velikih korporacija za popise, statističke obrade i slično. Kod računara ove generacije uveden je sistem *deljenja vremena* (engl. *timesharing*) koji dragoceno procesorsko vreme raspodeljuje i daje na uslugu različitim korisnicima koji istovremeno rade na računaru i komuniciraju sa njim putem specijalizovanih *terminala*. U ovo vreme uvedeni su prvi standardi za jezike višeg nivoa (npr. ANSII FORTRAN). Korišćeni su različiti operativni sistemi, uglavnom razvijeni u okviru kompanije IBM. Sa udelom od 90%, kompanija IBM je imala apsolutnu dominaciju na tržištu ovih računara.

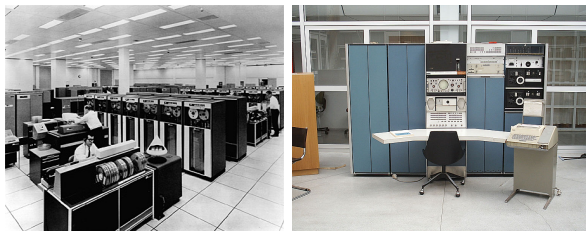
Pored mejnfrejm računara, u ovom periodu široko su korišćeni i *mini računari* (engl. *minicomputers*) koji se mogu smatrati prvim oblikom ličnih (personalnih) računara. Procesor je, uglavnom, bio na raspolaganju isključivo jednom korisniku. Obično su bili veličine ormana i retko su ih posedovali pojedinci (te se ne smatraju kućnim računarima). Tržištem ovih računara dominirala je kompanija DEC – *Digital Equipment Corporation* sa svojim serijama računara poput *PDP-8* i *VAX*. Za ove računare, obično se vezuje operativni sistem *Unix* i programski jezik *C* razvijeni u *Belovim laboratorijama* (engl. *Bell Laboratories*), a često i *hakerska*<sup>22</sup> kultura nastala na univerzitetu MIT (engl. *Massachusetts Institute of Technology*).

I u Jugoslaviji su tokom 1960-ih i 1970-ih konstruisani elektronski računari. Pomenimo seriju računara CER (Cifarski elektronski računar) i računar TARA koji su razvijeni na institutu Mihajlo Pupin iz Beograda. Naša zemlja bila je u to vreme jedna od retkih koje su proizvodile elektronske računare.

**IV generacija računara** (od ranih 1970-ih) zasnovana je na visoko integrisanim kolima kod kojih je na hiljade kola smešeno na jedan silikonski čip. U kompaniji Intel 1971. godine napravljen je prvi *mikroprocesor Intel 4004* — celokupna centralna procesorska jedinica bila je smeštena na jednom čipu. Iako prvobitno namenjena za

<sup>22</sup>Termin *haker* se obično koristi za osobe koje neovlašćeno pristupaju računarskim sistemima, ali *hakeraj* kao programerska podkultura podrazumeva anti-autoritaran pristup razvoju softvera, obično povezan sa pokretom za slobodan softver. U oba slučaja, hakeri su pojedinci koji na inovativan način modifikuju postojeće hardverske i softverske sisteme.

## 151. Kratka istorija informatike i informaciono-komunikacionih tehnologija



Slika 1.6: Mejnfrejm računar: IBM 7094. Mini računar: DEC PDP 7

ugradnju u kalkulatoru, ova tehnologija omogućila je razvoj brzih a malih računara pogodnih za ličnu tj. kućnu upotrebu.

Časopis *Popular electronics* nudio je 1975. godine čitaocima mogućnost naručivanja delova za sklapanje mikroračunara *MITS Altair 8800* zasnovanog na mikroprocesoru *Intel 8080* (nasledniku mikroprocesora *Intel 4004*). Interesovanje među onima koji su se elektronikom bavili iz hobija bio je izuzetno pozitivan i samo u prvom mesecu prodato je nekoliko hiljada ovih „uradi-sâm“ računara. Smatra se da je Altair 8800 bio inicijalna kapisla za „revoluciju mikroračunara“ koja je usledila narednih godina. Altair se vezuje i za nastanak kompanije *Microsoft* — danas jedne od dominantnih kompanija u oblasti proizvodnje softvera. Naime, prvi proizvod kompanije *Microsoft* bio je interpretator za programski jezik *BASIC* za Altair 8800.

Nakon Altaira pojavljuje se još nekoliko računarskih kompleta na sklapanje. Prvi mikroračunar koji je prodavan već sklopljen bio je *Apple*, na čijim temeljima je nastala istoimena kompanija, danas jedan od lidera na tržištu računarske opreme.

Kućni računari koristili su se sve više — uglavnom od strane entuzijasta — za jednostavnije obradu podataka, učenje programiranja i igranje računarskih igara. Kompanija *Commodore* je 1977. godine predstavila svoj računarom *Commodore PET* koji je zabeležio veliki uspeh. *Commodore 64*, jedan od najuspešnijih računara za kućnu upotrebu, pojavio se 1982. godine. Iz iste kompanije je i serija *Amiga* računara sa kraja 1980-ih i početka 1990-ih. Pored kompanije *Commodore*, značajni proizvođači računara toga doba bili su i *Sinclair* (sa veoma popularnim modelom *ZX Spectrum*), *Atari*, *Amstrad*, itd. Kućni računari ove ere bili su obično jeftini, imali su skromne karakteristike i najčešće koristili kasetofone i televizijske ekrane kao ulazno-izlazne uređaje.

Kućni „uradi-sam“ računari pravili su se i u Jugoslaviji. Najpoznatiji primer je računar „Galaksija“ iz 1983. godine koji je dizajnirao Voja Antičić.

Najznačajnija računarska kompanija toga doba — IBM — uključila se na tržište kućnih računara 1981. godine, modelom *IBM PC 5150*, poznatijem jednostavno kao *IBM PC* ili *PC* (engl. *Personal computer*). Zasnovan na Intelovom mikroprocesoru *Intel 8088*, ovaj računar veoma brzo je zauzeo tržište računara za ličnu poslovnu upotrebu (obrada teksta, tabelarna izračunavanja, ...). Prateći veliki uspeh IBM PC računara, pojavio se određen broj *klonova* — računara koji nisu proizvedeni u okviru kompanije IBM, ali koji su kompatibilni sa IBM PC računarima. PC arhitektura vremenom je postala standard za kućne računare. Sredinom 1980-ih, pojavom



Slika 1.7: Prvi mikroprocesor: Intel 4004. Naslovna strana časopisa „Popular electronics“ sa Altair 8800. Commodore 64. IBM PC 5150.

naprednijih grafičkih (VGA) i zvučnih (SoundBlaster) kartica, IBM PC i njegovi klonovi stekli su mogućnost naprednih multimedijalnih aplikacija i vremenom su sa tržišta istisli sve ostale proizvođače. I naslednici originalnog IBM PC računara (IBM PC/XT, IBM PC/AT, ...) bili su zasnovani na Intelovim mikroprocesorima, pre svega na *x86* seriji (Intel 80286, 80386, 80486) i zatim na seriji *Intel Pentium*. Operativni sistemi koji se tradicionalno vezuju za PC računare dolaze iz kompanije *Microsoft* — prvo *MS DOS*, a zatim *MS Windows*. PC arhitektura podržava i korišćenje drugih operativnih sistema (na primer, GNU/Linux).

Jedini veliki konkurent IBM PC arhitekturi koji se sve vreme održao na tržištu (pre svega u SAD) je serija računara *Macintosh* kompanije *Apple*. *Macintosh*, koji se pojavio 1984., je prvi komercijalni kućni računar sa grafičkim korisničkim interfejsom i mišem. Operativni sistem koji se i danas koristi na Apple računarima je *Mac OS*.

Iako su prva povezivanja udaljenih računara izvršena još krajem 1960-ih godina, pojavom *interneta* (engl. *internet*) i *veba* (engl. *World Wide Web* — *WWW*), većina računara postaje međusobno povezana sredinom 1990-ih godina. Danas se veliki obim poslovanja izvršava u internet okruženju, a domen korišćenja računara je veoma širok. Došlo je do svojevrstne informatičke revolucije koja je promenila savremeno društvo i svakodnevni život. Na primer, tokom prve decenije XXI veka došlo je do pojave *društvenih mreža* (engl. *social networks*) koje postepeno preuzimaju ulogu osnovnog medijuma za komunikaciju.

Tržištem današnjih računara dominiraju računari zasnovani na *PC* arhitekturi i *Apple Mac* računari. Pored stonih (engl. *desktop*) računara popularni su i prenosni (engl. *notebook* ili *laptop*) računari. U najnovije vreme, javlja se trend *tehnološke konvergencije* koja podrazumeva stapanje različitih uređaja u jedinstvene celine, kao što su *tableti* (engl. *tablet*) i *pametni telefoni* (engl. *smartphone*). Operativni

## 171. Kratka istorija informatike i informaciono-komunikacionih tehnologija



Slika 1.8: Stoni računar. Prenosni računar: IBM ThinkPad. Tablet: Apple Ipad 2. Pametni telefon: Samsung Galaxy S2.

sistemi koji se danas uglavnom koriste na ovim uređajima su *IOS* kompanije Apple, kao i *Android* kompanije Google.

Pored ličnih računara u IV generaciji se i dalje koriste mejnfrejmski računari (na primer, IBM Z serija) i superračunari (zasnovani na hiljadama procesora). Na primer, kineski superračunar Tianhe-2 radi brzinom od preko 30 petaflopsa (dok prosečni lični računar radi brzinom reda 10 gigaflopsa).<sup>23</sup>

### 1.3 Oblasti savremenog računarstva

Savremeno računarstvo ima mnogo podoblasti, kako praktičnih, tako i teorijskih. Zbog njihove isprepletenosti nije jednostavno sve te oblasti sistematizovati i klasifikovati. U nastavku je dat spisak nekih od oblasti savremenog računarstva (u skladu sa klasifikacijom američke asocijacije ACM — *Association for Computing Machinery*, jedne od najvećih i najuticajnijih računarskih zajednica):

- \* *Algoritmika* (procesi izračunavanja i njihova složenost);
- \* *Strukture podataka* (reprezentovanje i obrada podataka);
- \* *Programski jezici* (dizajn i analiza svojstava formalnih jezika za opisivanje algoritama);

<sup>23</sup>Flops je mera računarskih performansi, posebno pogodna za izračunavanja nad brojevima u pokretnom zarezu (i pogodnija nego generička mera koja se odnosi na broj instrukcija u sekundi). Broj flopsa govori koliko operacija nad brojevima u pokretnom zarezu može da izvrši računar u jednoj sekundi. Brzina današnjih računara se obično izražava u gigaflopsima ( $10^9$  flopsa), teraflopsima ( $10^{12}$  flopsa) i petaflopsima ( $10^{15}$  flopsa).

- \* *Programiranje* (proces zapisivanja algoritama u nekom programskom jeziku);
- \* *Softversko inženjerstvo* (proces dizajniranja, razvoja i testiranja programa);
- \* *Prevođenje programskih jezika* (efikasno prevođenje viših programskih jezika, obično na mašinski jezik);
- \* *Operativni sistemi* (sistemi za upravljanje računarom i programima);
- \* *Mrežno računarstvo* (algoritmi i protokoli za komunikaciju između računara);
- \* *Primene* (dizajn i razvoj softvera za svakodnevnu upotrebu);
- \* *Istraživanje podataka* (pronalaženje relevantnih informacija u velikim skupovima podataka);
- \* *Veštačka inteligencija* (rešavanje problema u kojima se javlja kombinatorna eksplozija);
- \* *Robotika* (algoritmi za kontrolu ponašanja robota);
- \* *Računarska grafika* (analiza i sinteza slika i animacija);
- \* *Kriptografija* (algoritmi za zaštitu privatnosti podataka);
- \* *Teorijsko računarstvo* (teorijske osnove izračunavanja, računarska matematika, verifikacija softvera, itd).