

# Uvod u organizaciju i arhitekturu računara 1

Stefan Mišković

2020/2021.

## 9 Istorijat računskih sistema

### 9.1 Kontinualna i diskretna računska sredstva

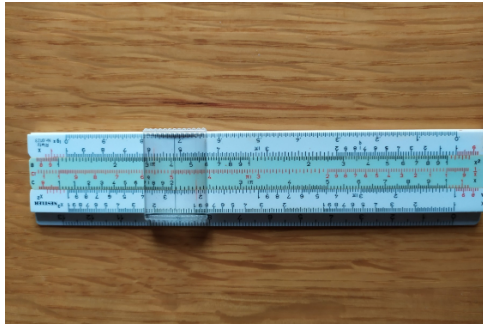
Računsko sredstvo je svako pomagalo koje je izrađeno u cilju izvršavanja računskih operacija. Prema načinu izvršavanja operacije, računsko sredstvo može biti:

- ručno (npr. lenjir) – kada ga čovek ručno pokreće i ručno očitava rezultat;
- poluautomatsko (npr. klasični kalkulator) – kada ulazne podatke zadaje čovek, a pojedinačna operacija se automatski izvršava, pri čemu čovek određuje narednu operaciju nakon što se prethodna izvrši;
- automatsko (npr. računar) – kada se automatski izvršava niz operacija koje su unapred zadate programom.

U zavisnosti od fizičkih principa na kojima se izvodi operacija, računska sredstva mogu biti kontinualna i diskretna.

**Kontinualna računska sredstva.** Kontinualna računska sredstva se izrađuju tako da njihov matematički model bude ekvivalentan matematičkom modelu problema koji rešavaju. Svi podaci se predstavljaju preko neprekidnih fizičkih veličina, zbog čega i tačnost rezultata zavisi od preciznosti izrade. Ova sredstva se izrađuju uvek za neki specifičan problem, odnosno nisu u mogućnosti da rešavaju opšte probleme. Tipični primeri ove grupe računskih sredstava su šiber (klizajući lenjir) i analogni računari (slika 1). Analogni računari su bili tipični za šezdesete godine prošlog veka. Kod njih su se vrednosti ulaznih promenljivih izražavale preko voltaže, a bili su u mogućnosti da obavljaju osnovne matematičke operacije.

**Diskretna računska sredstva.** Diskretna računska sredstva obavljaju operacije sa diskretnim podacima, odnosno sve veličine kojima se barata se predstavljaju u obliku brojeva. U svakom trenutku se nalaze u nekom diskretnom stanju, a prelazak u naredno stanje se vrši kao rezultat spoljašnjeg uticaja. Ovde tačnost rezultata ne zavisi od preciznosti izrade. Diskretna računska sredstva mogu da rešavaju opšte probleme, a brzina izračunavanja zavisi od problema koji se rešava. Tipični primeri ove grupe su abakus i savremeni računari.

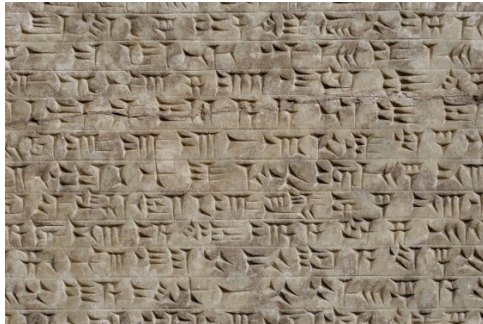


(a) šiber

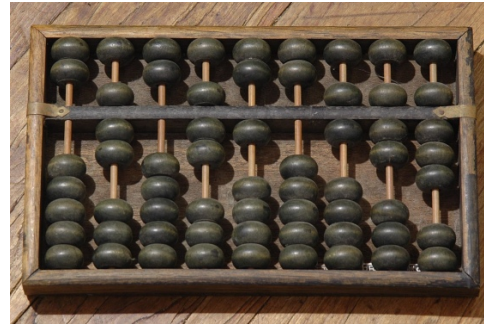


(b) analogni računar

Slika 1: Primeri kontinualnih računskih sredstava



Slika 2: Klinasto pismo



Slika 3: Abakus

## 9.2 Periodi u razvoju informacionih tehnologija

U zavisnosti od nivoa tehnologije koja se koristi za rešavanje problema, razvoj informacionih tehnologija se može podeliti u četiri perioda:

- premehanički period (od oko 3000. pre n. e. do 1450. godine n. e.),
- mehanički period (od 1450. do 1840. godine),
- elektromehanički period (od 1840. do 1939. godine),
- elektronski period (od 1939. godine do danas).

**Premehanički period.** Oko 3000. godine pre n. e. Sumeri su u Mesopotamiji kreirali klinasto pismo, koje još uvek nije dešifrovano (slika 2). Na glinenim pločicama su urezivali znake koji su odgovarali rečima u govornom jeziku. Feničani su oko 2000. godine pre n. e. pojednostavili proces pisanja, tako što su raskinuli vezu između reči i znakova i uveli pojedinačne slogove i suglasnike, i time kreirali prvi alfabet. Grci su kasnije modifikovali feničanski alfabet i dodali mu samoglasnike. Rimljani su kasnije modifikovali grčki alfabet dodelivši slovima latinska imena, koji je uticao na razvoj velikog broja današnjih pisama.

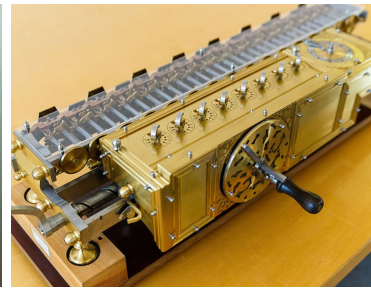
Oko 2600. godine pre n. e. Egipćani su razvili pisanje na listu biljke papirus. Oko 100. godine n. e. Kinezi su pronašli način za proizvodnju papira, koji se, neznatno modifikovan, koristi i danas. U ovom periodu se javljaju i prve biblioteke. U Mesopotamiji su postojale lične biblioteke koje su sadržale veliki broj glinenih pločica, smeštenih u specijalno označene sanduke. Egipćani su papirus umotavali u rolne oko štapova od drveta. Prve prave javne biblioteke su se pojavile u Grčkoj oko 500. godine pre n. e.



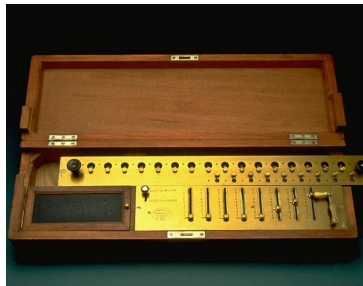
(a) Šikardova mašina



(b) Paskalova mašina



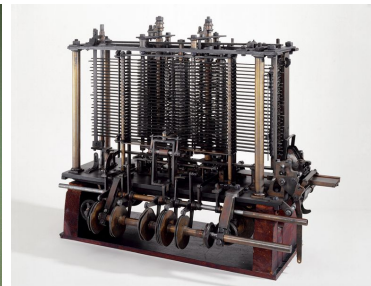
(c) Lajbnicova mašina



(d) aritmometar



(e) komptometar



(f) analitička mašina

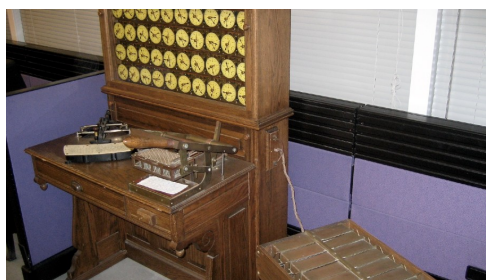
Slika 4: Mašine mehaničkog perioda

U ovom periodu su se najpre pojavili nepozicioni brojni sistemi, od kojih su najpoznatiji egipatski i rimski brojni sistem. Rimski brojni sistem se u ograničenoj meri i danas koristi. Tek su Indusi u II veku n. e. uveli devetocifreni brojni sistem, kome su Arapi u IX veku dodali nulu, kada je nastao desetocifreni brojni sistem. Najznačajnije sredstvo za računanje iz ovog perioda je abakus (slika 3).

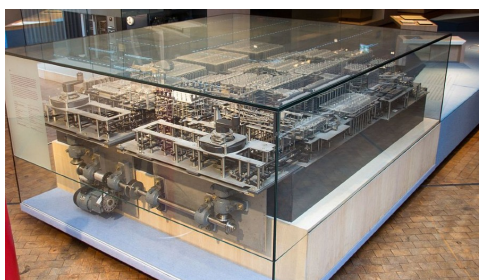
**Mehanički period.** Početak mehaničkog perioda se vezuje za godinu kada je Johan Gutenberg otkrio štamparsku presu. Za ovaj period su značajna sledeća računska sredstva (navedena su hronološki po godini nastanka, a većina se može pronaći na slici 4):

- šiber (klizajući lenjir) – ručno su se mogle obavljati jednostavne računске operacije;
- Šikardova mašina – mogla je da sabira i oduzima šestocifrene brojeve, a imala je i zvono za pojavu prekoračenja;
- Paskalova mašina – mogla je da sabira i oduzima osmocifrene brojeve;
- Lajbnicova mašina – mogla je da izvršava operacije sabiranja, oduzimanja, množenja i deljenja;
- aritmometar – na njemu su se mogle izvršavati operacije sabiranja, oduzimanja, množenja i deljenja, a to je prva računska mašina koja je ušla u serijsku proizvodnju;
- komptometar – prva računska mašina kod koje su se brojevi unosili pritiskanjem tastera;
- analitička mašina – ova mašina, koju je projektovao Bebidž, nikada nije u potpunosti napravljena zbog nedostatka sredstava, a, načinom na koji je projektovana, mogla je da izvršava razne računске operacije i sadržala je jednostavnu memoriju, zbog čega se smatra pretečom današnjih računara.

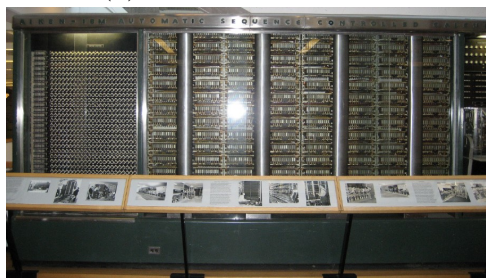




(a) Holeritov tabulator



(b) Z1



(c) MARK I



(d) Enigma

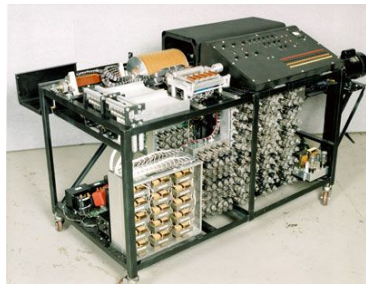
Slika 5: Mašine elektromehaničkog perioda

**Elektromehanički period.** Početak elektromehaničkog perioda se vezuje za otkriće načina iskorišćavanja elektriciteta, gde su informacije mogle da se konvertuju u električne impulse. Otkrićem telegrafa dolazi do naglog razvoja telekomunikacija. Nešto kasnije je otkrivena i Morzeova azbuka, a podmorskim telegrafskim kablom su spojene Evropa i Amerika. Kasnije je otkriven i telefon (Aleksander Grejam Bel) i radio (Markoni). Za ovaj period su karakteristične mašine koje se zasnivaju na elektromehaničkom izračunavanju, među kojima su (slika 5):

- Holeritov tabulator – mašina koja je za kratak vremenski period mogla da obradi veliku količinu podataka sa popisa stanovništva u Americi krajem XIX veka;
- Z1 – prvi elektromehanički kalkulator;
- MARK I – prvi elektromehanički programabilni kalkulator, kod koga su realni brojevi zapisivani u fiksnom zarezu;
- Enigma – mašina specijalizovane namene za šifrovanje i dešifrovanje poruka proizvedena u Nemačkoj.

**Elektronski period.** Elektronski računari su počeli da se konstruišu neposredno pred Drugi svetski rat. Ne postoji opšta saglasnost ko je prvi sagradio savremeni elektronski računar. Tehnologija za razvoj elektronskih računara se razvijala od samog početka XX veka. Nikola Tesla je najpre 1903. patentirao elektronsko logičko kolo, nakon čega su usledile konstrukcije elektronskih vakuumskih cevi i flip-flop elektronskog kola. Nešto kasnije je otkrivena televizija i ekran sa katodnom cevi. Neke od mašina koje se vezuju za ovaj period su (slika 6):

- ABC – kalkulator za rešavanje sistema linearnih jednačina, zasnovan na vakuumskim cevima;



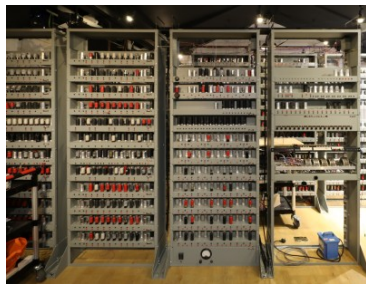
(a) ABC



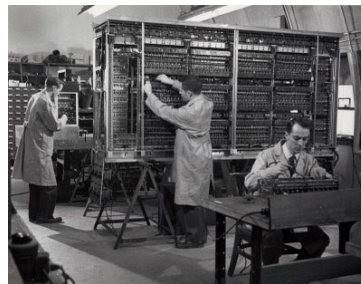
(b) Kolos



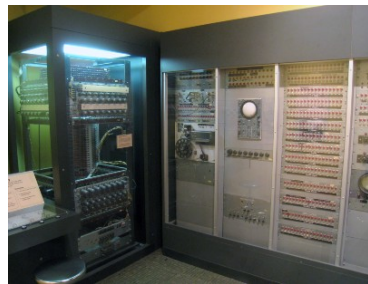
(c) ENIAC



(d) EDSAC



(e) BINAC



(f) Vihor

Slika 6: Mašine elektronskog perioda

- Kolos – mašina za dešifrovanje nemačkih poruka tokom Drugog svetskog rata, zasnovana na tehnologiji sa vakuumskim cevima;
- ENIAC – ogromna mašina koja je težila do 30 tona, koja je radila u dekadnom sistemu i mogla je da obavlja osnovne računске operacije;
- EDSAC – prvi operativni računar koji je mogao da čuva program u memoriji;
- BINAC – prvi računar sa dualnim procesorom, gde je drugi procesor služio da preuzme rad u slučaju otkaza prvog;
- Vihor – prvi računar koji je namenjen radu u realnom vremenu, koji je mogao da obavi i do 500 000 sabiranja i 50 000 množenja u sekundi, što je znatno više od njegovih prethodnika.

### 9.3 Generacije elektronskih računara

Tokom elektronskog perioda korišćene su različite tehnologije za izradu računara, na osnovu čega se mogu izdvojiti četiri generacije:

- prva generacija (od kraja tridesetih do kraja pedesetih godina XX veka),
- druga generacija (od kraja pedesetih do sredine šezdesetih),
- treća generacija (od sredine šezdesetih do početka sedamdesetih),
- četvrta generacija (od početka sedamdesetih do danas).

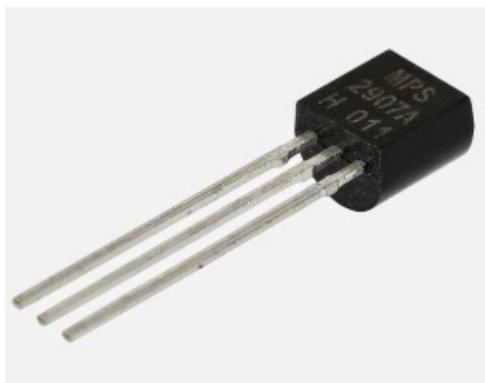
**Prva generacija računara.** Kao logički elementi u ovoj generaciji su se koristile vakuumske cevi (slika 7). One nisu bile dovoljno pouzdane, trošile su mnogo energije,



Slika 7: vakuumske cevi



Slika 8: UNIVAC I



Slika 9: tranzistor



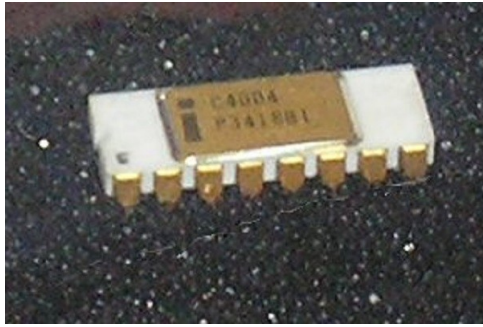
Slika 10: računar druge generacije

jako su se zagrevale i bile su velike po gabaritu. Lako su se i kvarile, tako da su im troškovi održavanja bili visoki. Unutrašnju memoriju su predstavljale magnetne trake i magnetni doboši, a za ulazno-izlazne uređaje ovi računari su, između ostalog, imali bušene kartice, pisaće mašine i štampače. Za programiranje je najpre korišćen čist mašinski jezik, a kasnije je razvijen i assembler. Krajem perioda se pojavio i Fortran, prvi viši programski jezik. Procenjuje se da je krajem perioda na tržištu bilo oko 2500 različitih računara koji pripadaju prvoj generaciji. Tipičan predstavnik ove generacije je računar UNIVAC I (slika 8), koji je sredinom XX veka koštao nešto preko milion dolara.

**Druga generacija računara.** Kao logički elementi u drugoj generaciji računara su se koristili tranzistori (slika 9). Oni su dosta manji po gabaritu od vakuumskih cevi, manje se zagrevaju i kvare, brži su i troše manje električne energije, pa je i cena njihove izrade manja. U početku su se pravili od germanijuma, a kasnije od silicijuma. Koršćenje silicijuma je znatno smanjilo cenu njihove izrade, pa je tako omogućena i masovnija proizvodnja računara. Za memorisanje podataka su se koristila magnetna jezgra, koja su mogla da čuvaju informacije i po prestanku električnog napajanja. Javljaju se i prvi operativni sistemi i razvijaju novi programski jezici, među kojima su Cobol i Lisp. Procenjuje se da je krajem perioda na tržištu bilo oko 18 000 različitih računara koji pripadaju drugoj generaciji. Na slici 10 je prikazan tipičan predstavnik računara druge generacije, gde se može videti koliko je manjeg gabarita u odnosu na računare prve generacije.

**Treća generacija računara.** Ovu generaciju računara karakteriše spajanje tranzistora u integrisano kolo (slika 11). Time je povećana brzina i pouzdanost računara, inte-





Slika 11: integrisano kolo



Slika 12: PDP-8 računar



Slika 13: IBM S/360 serija



Slika 14: MITS Altair 8800

grisana kola troše manje struje i proizvode manje toplote, a računari postaju manji, čime je omogućena njihova upotreba u različitim okruženjima. U ovom periodu dolazi do daljeg napretka na polju telekomunikacija, a lansiranjem prvih telekomunikacionih satelita počinje nov period u bežičnoj komunikaciji. Dolazi i do daljeg razvoja operativnih sistema i novih programskih jezika, među kojima su Pascal i C. Tipični predstavnici ove generacije su računar PDP-8 (slika 12) i računari iz serije S/360 kompanije IBM (slika 13).

PDP-8 je bio prvi miniračunar na tržištu. Zbog njegove niže cene i manje veličine, bio je dosta pristupačniji za obavljanje različitih poslova. U tom periodu je prodato oko 50 000 računara iz ove familije, što je kompaniju koja je proizvela PDP-8 dovelo na drugo mesto na tržištu, nakon kompanije IBM. Pored različitih poslova koje je mogao da obavlja u laboratoriji, neki proizvođači su ga ugrađivali i u svoje proizvode za dalju prodaju (ciljna funkcija tih proizvoda nije nužno bila vezana za računarstvo).

IBM S/360 serija je bila prva unapred planirana familija računara, u čiji razvoj je IBM uložio oko 5 milijardi dolara. Svi računari u seriji su imali isti ili sličan operativni sistem i skup instrukcija, pa su skuplji računari iz serije bili kompatibilni sa jeftinijim. Za veću cenu jači model je nudio veću brzinu, veću količinu unutrašnje memorije, kao i veći broj kanala na koje su mogle da se priključe ulazno-izlazne jedinice. U slučaju potrebe, korisnik je tako mogao da nadogradi postojeću mašinu sa više memorije ili jačim procesorom.

**Četvrta generacija računara.** U četvrtoj generaciji dolazi do dalje minitimizacije integrisanih kola. Početkom ovog perioda, broj komponenti na jednom delu integrisanog kola iznosio je oko 10 000, a danas taj broj premašuje nekoliko miliona. Javlja se poluprovodnička memorija, što je dovelo do pojave manjih i bržih računara, koji su imali znatno više memorije od mašina iz prethodnog perioda. Tako sredinom sedamdesetih godina dolazi do pojave personalnih računara, a prvi takav model je bio MITS Altair 8800 (slika 14). Do današnjeg dana, konstantno dolazi do napretka hardvera, u smislu

daljeg povećanja kapaciteta memorije i procesora, tako da su današnji personalni računari daleko boljih performansi od prvih modela. U isto vreme, dolazi i do pojave superračunara, mašina specifične namene, koji su po svojim karakteristikama znatno jači od ostalih računara iz perioda u kom su napravljeni. Daljim razvojem operativnih sistema i novih programskih jezika, dolazi do velikog napretka i u softverskoj podršci. Dolazi do razvoja globalnih telekomunikacionih mreža, što ima veliki uticaj na kvalitet života ljudi. Danas većina poslova zahteva u manjoj ili većoj meri poznavanje informacionih tehnologija.