Istorijat razvoja računarskih sistema

Sve informacione tehnologije razvijene kroz istoriju rešavaju probleme na isti način:

- postoje ulazni podaci koji se obradjuju;
- rezultat obrade se vraća onome ko je zahtevao rešenje problema.

Razvoj informacionih tehnologija se može podeliti, u zavisnosti od nivoa tehnologije koja je upotrebljavana za rešavanje problema ulaza, obrade, izlaza i komunikacije, u četiri perioda:

- premehanički,
- mehanički,
- elektromehanički i
- elektronski.

U svakom od perioda upotrebljavala su se i kontinualna i diskretna računska sredstva.

Kontinualna i diskretna računska sredstva

Računsko sredstvo predstavlja svako pomagalo izgradjeno u cilju izvršavanja računskih operacija. Način izvršavanja operacije od strane računskog sredstva može biti:

1. manuelni (npr. šiber),
2. poluautomatski (npr. registar kasa, stoni kalkulatori),
3. automatski (**računar**).

Kontinualna računska sredstva

Ideja za konstrukciju kontinualnog računskog sredstva se može opisati na sledeći način: potrebno je konstruisati računsko sredstvo čiji je matematički model ekvivalentan matematičkom modelu problema koji se rešava.

- Komponente kontinualnog računskog sredstva se medjusobno povezuju na način analogan nekom realnom sistemu ($\longrightarrow$*analogna* računska sredstva)
- U/I podaci su predstavljeni preko (neprekidnih) fizičkih veličina.
- Operacije se izvode obradom tih veličina.
- Kontinualno računsko sredstvo
  - *mehaničko* – U/I vrednosti se obično izražavaju preko pozicije različitih točkića ili zupčanika;
  - *elektronsko* – a u elektronskom U/I vrednosti se obično izražavaju preko napona električne struje.

Primeri analognih računskih sredstava

- *Antikythera Mehanizam* (Rodos, 87.g.p.n.e.) – astronomski uredjaj koji se koristio za prikaz sinodičkih meseci u godini odnosno vremena izmedju pojavljivanja dva mlada meseca.
- *klizajući lenjir* (Viljem Outred 1622. godine)
- *diferencijalni analizator* (Vanevar Buš, 1931. godina, slika 1) – mehanički analizator za rešavanje opštih diferencijalnih jednačina šestog reda. Izlaz je prikazivan preko automatizovane štampe grafikona na ploterima.

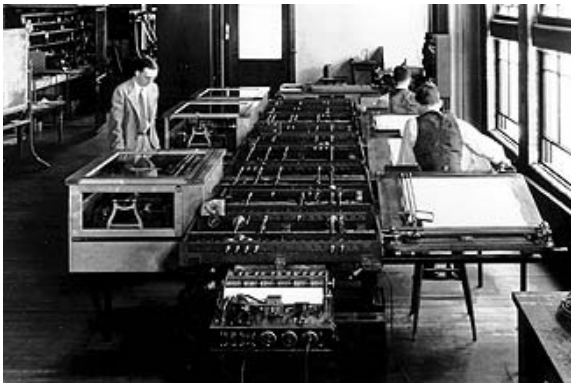

Figure 1: Diferencijalni analizator

- *Rokfelerov diferencijalni analizator* (Vanevar Buš, 1942. godina, slika 2).
  - Konstrukcija finansirana od strane Rokfelerove fondacije.
  - Ulazni podaci su učitavani preko bušenih traka
  - Težina 100 tona; mašina je imala 2000 vakuumskih cevi, preko 360km žice, 150 motora i hiljade releja.
  - Rešava isti problem kao i prvobitni diferencijalni analizator, ali preciznije za red veličine.



Figure 2: Rokfelerov diferencijalni analizator

Analogni računari izvode matematičke operacije nad kontinualnim promenljivim umesto korišćenja cifara. Vrednosti ulaznih promenljivih se izražavaju preko voltaže pri čemu se predstavljanje vrši proporcionalno, u zavisnosti od intervala voltaže koja može da se unese.

Elektronski analogni računari se izgradjuju od osnovnih blokova koji mogu da obavljaju osnovne matematičke operacije:

- sabiranje,
- oduzimanje,
- množenje,
- deljenje,
- inverziju
- integraciju.

čijim se povezivanjem modeliraju matematičke jednačine.



Figure 3: Analogni računar 1960–tih godina

Opšte karakteristike analognih računskih sredstava, odnosno analognih računara, su:

1. Matematičke veličine se prikazuju sa onom tačnošću koja odgovara mogućnosti preciznog merenja odgovarajuće fizičke veličine.
2. Tačnost dobijenog rezultata zavisi od preciznosti izrade računskog sredstva.
3. Analogna računska sredstva ne mogu da rešavaju opšte probleme, odnosno nisu *programibilna*.
4. Složenost matematičkog modela ne utiče na brzinu dobijanja rezultata.

Diskretna računska sredstva

Diskretna računska sredstva obavljaju operacije isključivo sa diskretnim podacima. Sve vrednosti sa kojima se barata (ulazne, izlazne, rezultati medjuizračunavanja) predstavljaju se u obliku brojeva koji se zapisuju pomoću pojedinačnih cifara.

Primeri diskretnih računskih sredstava su *abakus* različite vrste računaljki, registar kase, savremeni (cifarski) računari, itd.

Neke osobine diskretnih računskih sredstava su:

1) Svaka cifra broja se registruje u odvojenom objektu kao jedno od njegovih diskretnih stanja. Obično se objekat koji poseduje diskretna stanja naziva *ćelija*. Diskretna stanja objekta moraju da budu stabilna i moraju medjusobno da se razlikuju. Za diskretno stanje se kaže da je stabilno ako se prelazak u drugo diskretno stanje dešava isključivo kao rezultat spoljašnjeg uticaja.

2) Tačnost dobijenog rezultata ne zavisi od preciznosti izrade računskog sredstva.

3) Diskretna računska sredstva mogu da rešavaju opšte probleme, odnosno mogu da se programiraju.

4) Brzina izračunavanja rezultata kod diskretnih računskih sredstava zavisi od složenosti problema koji se rešava.

Premehanički period: 3000.g.p.n.e.–1450.g.n.e.

Pisanje i alfabet

- Oko 3000. godine pre nove ere Sumeri u Mesopotamiji su ustanovili sistem za pisanje. Na glinenim pločicama su oštrim predmetom urezivani znaci koji su odgovarali govornom jeziku. Njihovo pismo je danas poznato pod nazivom *klinasto pismo* i još uvek nije dešifrovano (slika 4).
- Oko 2000. godine pre n.e. Feničani su pojednostavili proces pisanja raskinuvši vezu izmedju reči i slika u zapisu. Formirali su prvi alfabet koji je sadržavao simbole koji su odgovarali pojedinačnim slogovima i suglasnicima.
- Grci su prihvatili feničanski alfabet i dodali mu samoglasnike.
- Rimljani su preuzeli grčki alfabet, dali su slovima latinska imena i tako formirali alfabet koji se i danas koristi.



Figure 4: Klinasto pismo

Papir, pero i knjige

- Egipćani su, oko 2600.g.p.n.e. otkrili mogućnost pisanja na posebno pripremljenim listovima biljke *papirus*.
- Za pisanje se koristila i kora od drveta, lišće ili štavljena koža (najpoznatiji je *pergament*.
- Oko 100. godine n.e. u Kini je pronadjen 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 sadržavale veliki broj glinenih pločica u specijalno označenim sanducima.
- Egipćani su čuvali svitke papirusa tako što su ih umotavali u rolne oko štapova od drveta.
- Oko 600.g.p.n.e. kada su Grci počeli da spajaju listove papirusa po vertikali i da ih povezuju u jednu celinu. U to vreme se javlja i prvi rečnik (skup sortiranih reči), kao i prva enciklopedija.
- Prva prava javna biblioteka se javlja tala u Grčkoj, negde oko 500.g.p.n.e.

Razvoj brojčanih sistema

- nepozicioni brojčani sistemi (egipatski, rimski, ...)
- pozicioni brojčani sistemi
  - devetocifreni – Indusi izmedju 100.g.n.e. i 200.g.n.e.
  - desetocifreni – Arapski, oko 875.g.n.e.

Razvoj sredstava za računanje



Figure 5: Kosti za brojanje

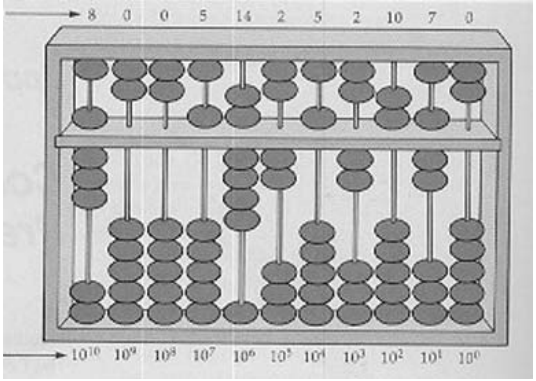

Figure 6: Abakus

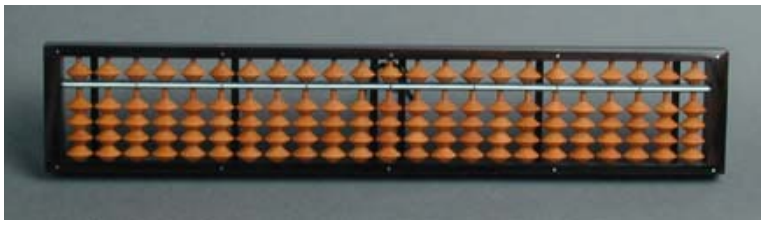

Figure 7: Japanska verzija abakusa

Mehanički period: 1450.g. – 1840.g.

- Štamparska presa sa pokretnim slogovima od metala (Johan Gutenberg, 1450. godine)
- Logaritmi i pisanje decimalne tačke u zapisima brojeva (Džon Neper, 1614. godine). Neper je konstruisao i različita sredstva za računanje od kojih su najpoznatija *Neperove kosti* i *kalkulator u obliku šahovske table*.

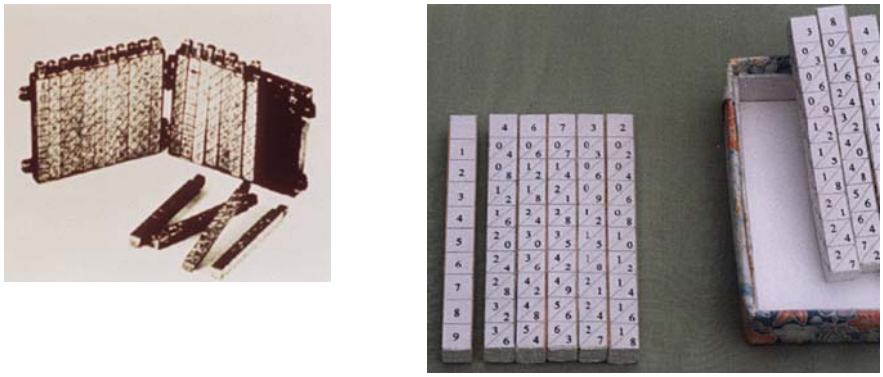

Figure 8: Neperove kosti

- *Klizajući lenjir* (tzv. *šiber* ili *logaritmar*) – Viljem Outred 1622. godine.



Figure 9: Outredov šiber

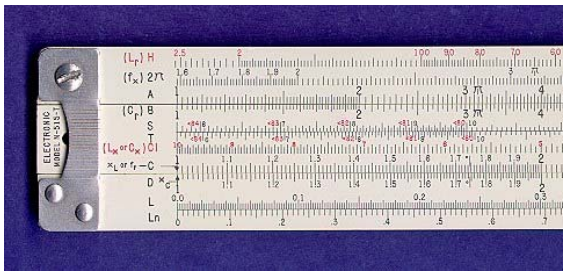

Figure 10: Šiber sa pokretnim kursorom (deo)

- Šikardova mašina (1623.g.) je kombinovala koncept Neperovih kostiju u cilindričnom obliku. Mašina je mogla da dodaje i oduzima šestocifrene brojeve i imala je zvono koje je upozoravalo na pojavu prekoračenja.



Figure 11: Šikardova mašina



Figure 12: Pascaline

- Paskalova mašina (1642. godine) je mogla da sabira i oduzima osmocifrene brojeve.

- Lajbnicova mašina (1673. godine) koja je mogla da sabira, oduzima, množi i deli brojeve koji su imali izmedju 5 i 12 cifara, dok je njihov proizvod mogao da ima do 16 cifara.



Figure 13: Lajbnicova mašina

- Žakardov automatski razboj (1801. godine) je koristio bušene kartice za kontrolu šare na tkanini.

Bebidžova mašina

- Nacrt *diferencijske mašine* – Čarls Bebidž 1822. godine.
- Prototip napravljen 1832. godine. Mašina je mogla da izračunava kvadrate i kubove šestocifrenih brojeva i razlike drugog reda (tj. kvadratne polinomijale). Dobijeni rezultati su prikazivani u obliku dijagrama i tabela. Mašina se sastojala od zupčanika i poluga i pokretana je ručno.



Figure 14: Diferencijska mašina

- Kompletna mašina nikada nije napravljena zbog nedostatka sredstava.
- Bebidž je 1833. godine projektovao *analitičku mašinu*.

Elektromehanički period: 1840.g. – 1939.g.

Razvoj telekomunikacija

- 1830. g. telegraf,
- Podmorskim telegrafskim kablom su 1866. g. spojene Evropa i Amerika
- telefon 1876. g.
- radio 1894. g.

Elektromehaničko izračunavanje

- Džordž Bul 1854. g. “Matematička analiza logike”.
- Herman Holerit je 1884. godine patentirao automatsku mašinu za tabeliranje zasnovanu na bušenim karticama; usavršena verzija mašine korišćena je pri obradi podataka iz popisa 1890. godine u SAD.



Figure 15: Holeritov tabulator

- Različita elektromehanička sredstva:
  - IBM 601 (1935.g.) – mašina sa bušenim karticama koja je koristila elektromehaničke releje i mogla da obavlja množenje brojeva za 1 sekundu.
  - Z1 - prvi elektromehanički kalkulator u Nemačkoj (Konrad Zuse 1931. godine).
  - Z3 - programibilni elektromehanički kalkulator (1941.g.)
  - Elektromehanički računari specijalizovane namene - za šifrovanje odnosno dešifrovanje (npr. nemačka Enigma ili poljska Bomba)
  - Obrada podataka u udaljenom okruženju – Džordž Stibic 1939. godine.

- MARK I - prvi elektromehanički programibilni kalkulator – Hauard Ejken, 1944. g.
  * dužina oko 17 metara item visina oko 2,5 metra
  * 800km žice
  * 750000 delova
  * oko 3 miliona električnih spojeva.
  * 72 akumulatora sa svojim posebnim aritmetičkim jedinicama kao i mehaničke registre sa kapacitetom od 23 cifre plus znak.
  * Koristila je brojače za čuvanje brojeva i elektromehaničke releje kao pomoć u beleženju rezultata.
  * Aritmetičke operacije su obavljane u fiksnom zarezu - sabiranje za 1/3 sekunde a množenje za 1 sekundu.
  * Instrukcije za izvršavanje (program) su učitavane sa papirne trake a podaci sa druge papirne trake, bušenih kartica ili registara.
  * Izlaz se mogao dobiti na bušenim karticama ili na papiru, preko pisaće mašine.



Figure 16: Automatic Sequence Control Calculator (ASCC) – MARK I

Elektronski period: 1939.g. – danas

- elektronsko logičko kolo nazvano prekidač ili vrata – Nikola Tesla 1903.godine
- elektronska vakuumska cev (1906. g.) i dizajn prvog flip-flop elektronskog kola (1919.g.) – Li de Forest
- televizija 1927. g.
- ekran sa katodnom cevi – Vladimir Zvorikin 1928. godine
- Prvi 16-bitni sabirač sa vakuumskim cevima – Džon Atanasof i Kliford Beri 1939. godine
- ABC (*Atanasoff-Berry-Computer*)
  - isti autori, leto 1941.
  - kalkulator za rešavanje sistema simultanih linearnih jednačina
  - korišćen isti princip kao kod prethodno konstruisanog sabirača
  - šezdeset 50-bitnih reči koje su se nalazile na dva rotirajuća doboša
  - učestanost časovnika 60Hz
  - sabiranje vršeno za 1 sekundu nije zahtevao množenje, pa ova operacija nije bila ni realizovana).
  - oko 300 vakuumskih cevi.

- Kolos (1943. godina, V. Britanija)

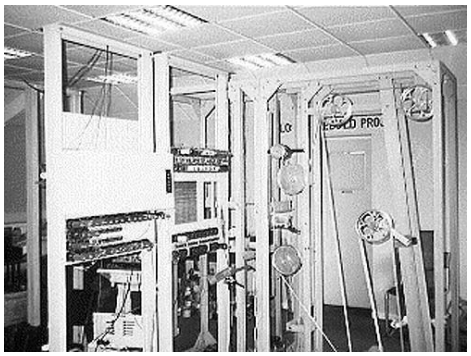

Figure 17: Rekonstruisana verzija Kolosa

  - korišćena je za dekriptovanje nemačkih šifrovanih poruka
  - 2400 vakuumskih cevi
  - 5 čitača papirne trake brzine od po 5000 karaktera u sekundi
  - napravljeno je preko 10 ovakvih mašina koje su sve uništene posle drugog svetskog rata
  - samo postojanje Kolosa je bilo tajna do 1970. godine, dok su algoritmi dekriptovanja predstavljali tajnu i 1995. godine.

ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*)

- konstruktori Ekert i Mušli na Murovoj školi univerziteta u Pensilvaniji
- fizičar Džon Mušli objavio članak pod naslovom “The Use of High Speed Vacuum Tube Devices for Calculating” 1942. godine
- sredstva dodeljenja 1943. a računar završen 1946. godine.
- karakteristike: težina 30 tona, dužina preko 30 metara, visina oko 3 metra i širina nešto manje od metra.
- 17648 vakuumskih cevi, potrošnja izmedju 130 i 174KW električne energije.
- 5000 sabiranja u sekundi, množenje je trajalo oko 3 milisekunde.
- radio u dekadnom sistemu
- memorija od 20 20 akumulatora koji su mogli da čuvaju 10-cifrene brojeve.
- učestanost ENIAC-ovog časovnika je bila 100KHz.

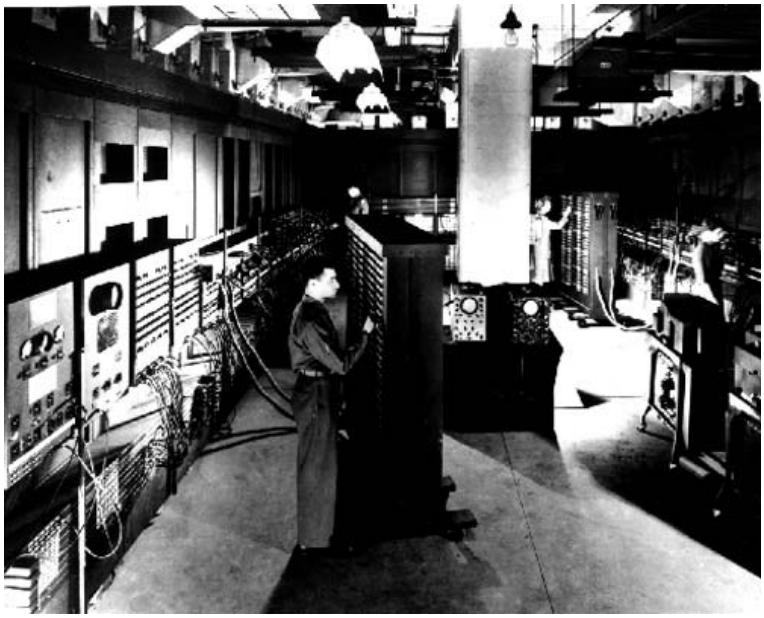

Figure 18: ENIAC

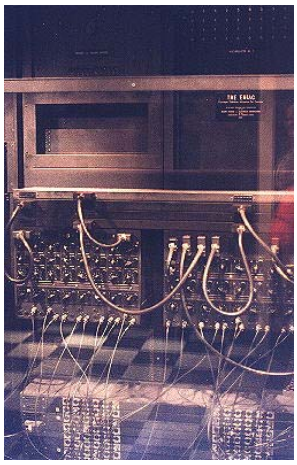

Figure 19: ENIAC



Figure 20: Programiranje ENIAC-a

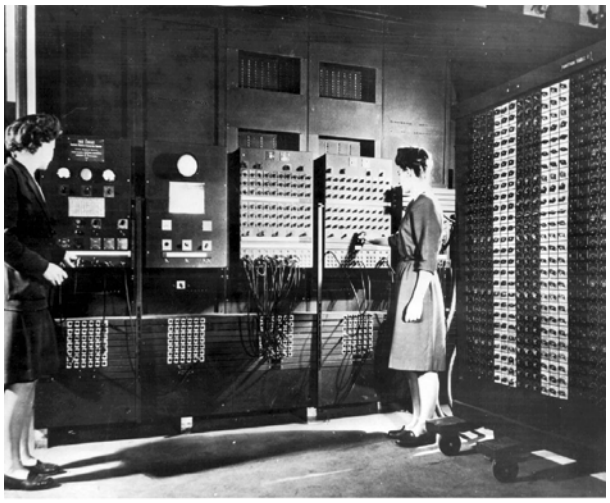

Figure 21: Programiranje ENIAC-a

- Džon fon Nojman objavio je 30. juna 1945. godine nacrt izveštaja u kome je izložio ideju za konstrukciju računara koji bi imao mogućnost čuvanja programa i njegovog kasnijeg izvršavanja – EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*).
- EDSAC (*Electronic Delay Storage Automatic Computer*) – prvi operativni računar koji je mogao da čuva progam u memoriji (Moris Vilkis, Kembridž univerzitet, Velika Britanija, juna 1949. godine)

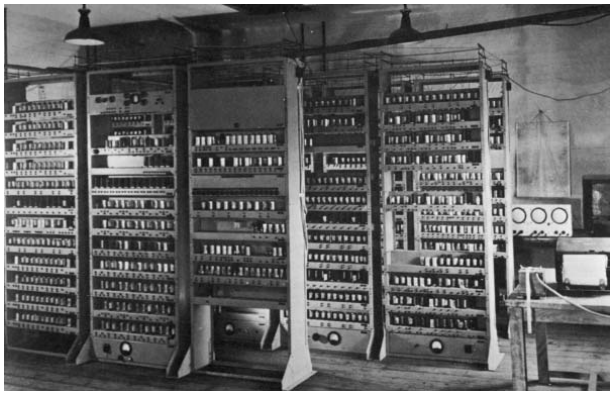

Figure 22: EDSAC

  - U/I je obavljan pomoću čitača/bušača papirne trake
  - 256 reči dužine 35 bita unutrašnje memorije napravljene od tzv. “ultrasoničnih odloženih linija“
  - memorija sa konstantnim sadržajem koja je služila za inicijalno pokretanje računara.
  - brzina časovnika oko 500KHz
  - izvršavanje najvećeg broja instrukcija je trajalo oko 1500ms

- IAS računar (*Institute for Advanced Study Machine*) – Fon Nojman, Prinston univerzitet, 1952. godine

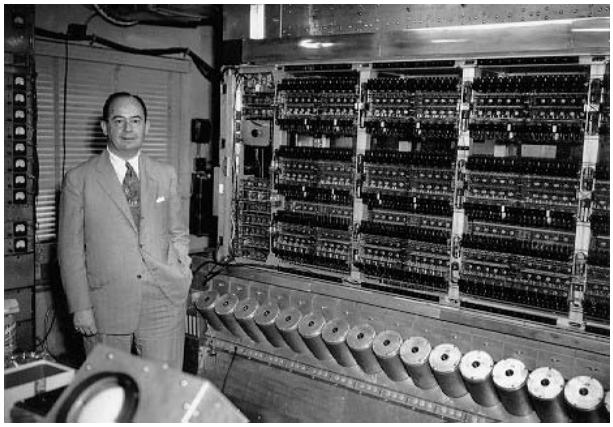

Figure 23: Džon fon Nojman pored IAS računara

- EDVAC (Murova škola univerziteta u Pensilvaniji, kraj 1951–početak 1952.g.)
  - 4000 vakuumskih cevi
  - 10000 kristalnih dioda
  - 1024 reči dužine 44 bita realizovanih pomoću ultrasonične memorije
  - brzina casovnika 1MHz

- Mančester Mark I (Maks Njumen i Fredi Vilijams, univerzitet u Mančesteru, 1949.g.)

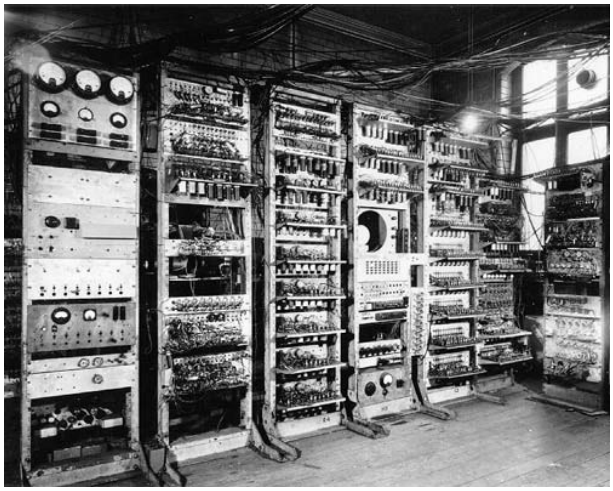

Figure 24: Mančester Mark I

  - prototip SSEM (*Small–Scale Electronic Machine*) ili “Beba”, jun 1948. godine
  - memorija sa katodnim cevima (“Vilijamsove cevi”)
  - Mark I je imao mogućnost unošenja programa u binarnom obliku preko tastature
  - izlaz je ispisivan u binarnom obliku na katodnoj cevi
  - u kasnijoj fazi je Tjuring razvio primitivni asemblerski jezik za ovu mašinu.

- BINAC (*Binary Automatic Computer*), Ekert i Mušli 1949.g.
  - prvi računar sa dualnim procesorom
  - drugi procesor redundantan i služio je da preuzme rad u slučaju otkaza prvog
  - 700 vakuumskih cevi
  - 512 reči dužine 31 bit
  - 3500 sabiranja ili 1000 množenja u sekundi
- Vihor (Džej Forester, MIT, decembar 1950.g.)
  - prvi računar namenjen radu u realnom vremenu
  - konstruisan za istraživački institut ratne mornarice SAD i puštan je u pogon do punog opterećenja u etapama, počev od 1949. godine
  - originalna verzija je imala 3300 vakuumskih cevi (kasnije 5000) i 8900 kristalnih dioda.
  - 2048 reči dužine 16 bita, za koje su troškovi održavanja (zamene pregorelih vakuumskih cevi) iznosili 32000USD mesečno
  - 500000 sabiranja ili 50000 množenja u sekundi.

Generacije elektronskih računara

- četiri ili pet (zavisno od autora) faza koje se nazivaju *generacije računara*
- pripadnost računara odredjenoj generaciji se utvrdjuje na osnovu tehnologije upotrebljene za izradu osnovnih elektronskih komponenti koje se koriste za čuvanje i obradu informacija.

Prva generacija računara: 1939.g. – 1958.g.

- vakuumske cevi kao logički elementi
- U/I uredjaji su bušene kartice, papirne i magnetne trake
- unutrašnju memoriju čine odložene linije, magnetne trake i magnetni doboši
- Za programiranje se koristi mašinski jezik, a na kraju perioda i assembler
- Na kraju perioda u upotrebi je bilo oko 2500 računara
- U ovom periodu IBM tim na čelu sa Džonom Bekusom je razvio FORTRAN prvi viši programski jezik (1957.g.)
- Sperry-Rand sa UNIVAC serijom mašina i IBM sa serijom računara 700.
- prva globalna računarska mreža u svetu – projekat SAGE (eng. *Semi-Automatic Ground Environment*) 1958. g.

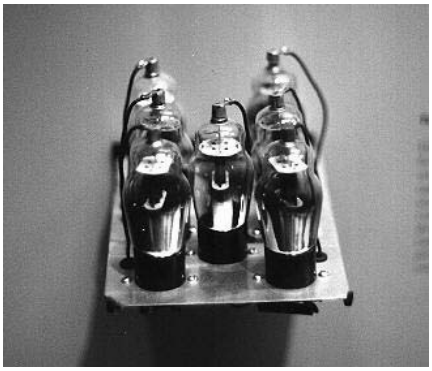

Figure 25: Vakuumske cevi



Figure 26: Konzola računara UNIVAC I



Figure 27: UNIVAC I

Druga generacija računara: 1959.g. – 1964.g.

Tranzistori

- 1947. g. od germanijuma
- 1954.g od silicijuma
- Funkcija kao i vakuumske cevi
- čvrst provodnik, pouzdaniji, manji, manje struje i toplote
- od 1959. g. svi računari koriste tranzistore

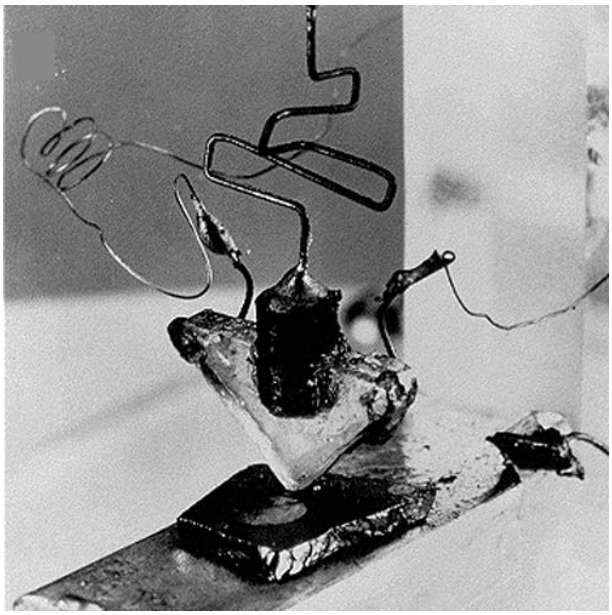

Figure 28: Tranzistor

Magnetna jezgra

- konstruisana 1951.g.
- čuvaju sadržaj i po prestanku napajanja

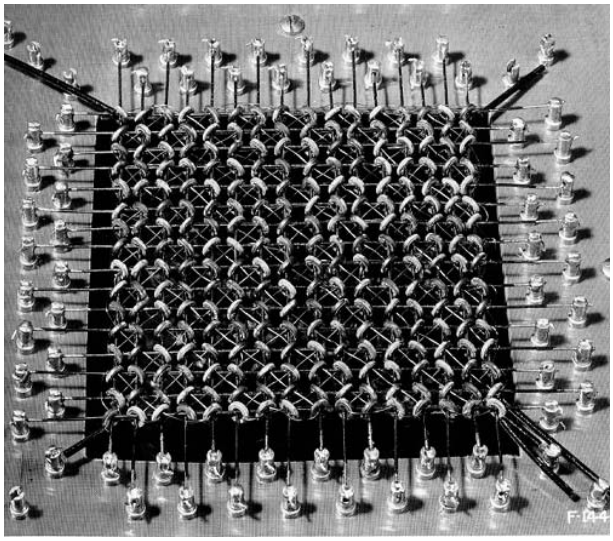

Figure 29: Magnetna jezgra

Prvi magnetni diskovi (IBM RAMAC) 1957.g.
Poboljšan softver:

- viši programski jezici (Fortran, Lisp, Algol-60, Cobol)
- početak razvoja operativnih sistema

Na kraju perioda oko 18.000 računara

Projekat *Stretch* (1955.g.-1961.g.)

- uvodi pojmove bajt i sistemska arhitektura
- priraštaj pri adresiranju u stepenima broja 2
- reč 64 bita za aritmetiku i 8 bita za U/I operacije
- reč u memoriji 72 bita, od toga 8 bita za ECC
- koristi magnetne diskove umesto doboša
- podela unutrašnje memorije koja omogućuje istovremeno izvršavanje više programa
- faze dohvatanja, dekodiranja i izvršavanja instrukcije



Figure 30: Stretch računar

Treća generacija računara: 1965.g. – 1971.g.

- integrisano kolo umesto pojedinačnih tranzistora
- pojavljuju se SSI čipovi (*small-scale-integration circuits*)
- novi programski jezici različitih karakteristika
- dalji razvoj operativnih sistema
- razvoj telekomunikacija - lansiranje telekomuniakcionih satelita
- na kraju ovog perioda pojavljuje se i disketa veličine 8 inča

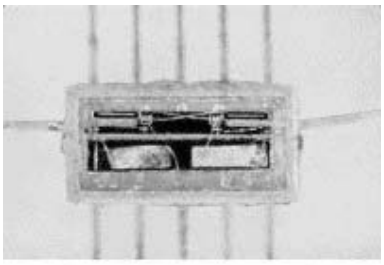

Figure 31: Integrisano kolo



Figure 32: Disketa

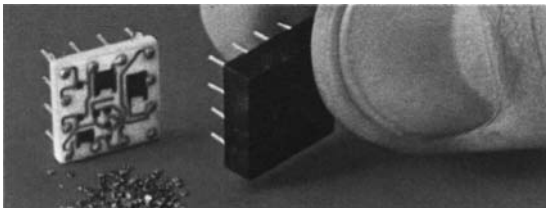

Figure 33: SSI čip sa iglicama

IBM System/360

- objavljen 1964.g.
- u razvoj uloženo 5 milijardi dolara
- prva unapred planirana familija računara:
  1. svi računari familije su imali identičan ili sličan skup instrukcija.
  2. svi računari u familiji su imali identičan ili sličan operativni sistem
  3. svaki od jačih modela je u odnosu na slabije za veću cenu nudio i
     - veću brzinu, zbog veće brzine izvršavanja instrukcija;
     - veći broj kanala na koje je moglo da se priključi veći broj U/I jedinica;
     - veću količinu unutrašnje memorije.

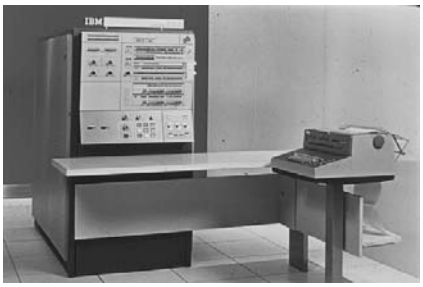

Figure 34: Konzola sistema IBM System/360



Figure 35: IBM System/360

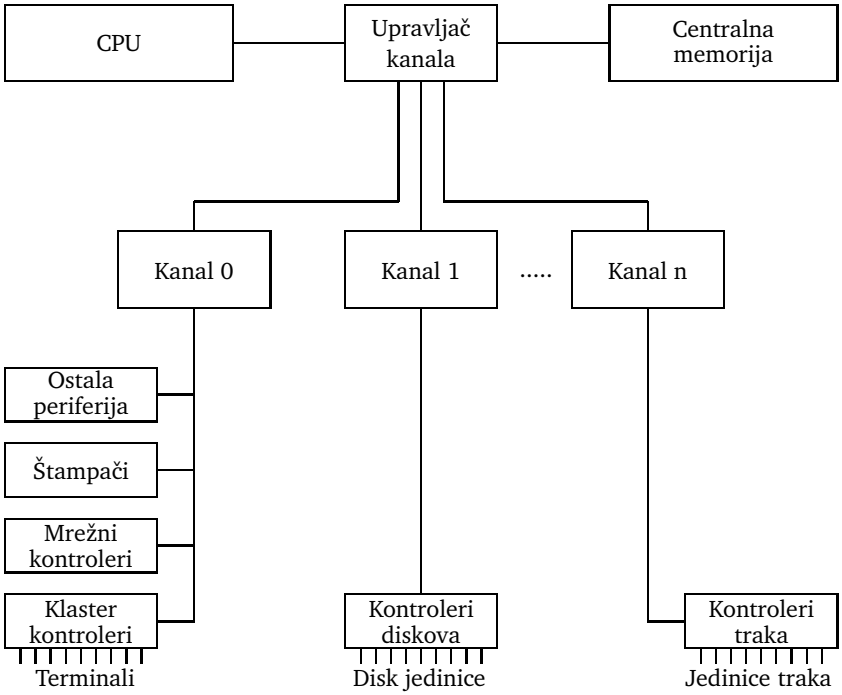

Figure 36: Osnovna topologija arhitekture S/360 i prvih modela S/370

PDP-8

- objavljen 1964.godine, proizvod kompanije *Digital Equipment Corporation*
- PDP-8 (*Programmed Data Processor - 8*) je prvi miniračunar koji se pojavio na tržištu
- relativno jeftin – oko 16000 dolara
- ugradjivan od strane OEM proizvodjača u njihove sisteme za dalju prodaju
- uveden koncept *magistrale*

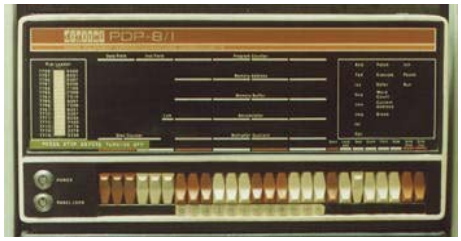

Figure 37: PDP-8i



Figure 38: PDP-8i ugradjen u uredjaj

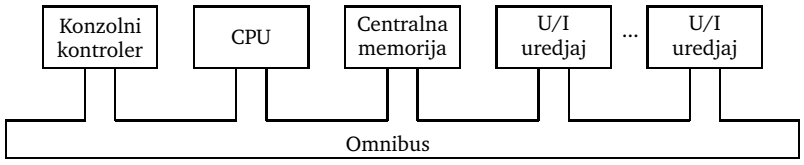

Figure 39: Struktura magistrale računara PDP-8

Četvrta generacija računara: 1972.g. – danas

- dalja minijaturizacija
- LSI (1971), VLSI (1979)
- poluprovodnič ka memorija
- pojava mikroprocesora (Intel 4004, 1971.g.)
- PC rač unari (Altair 8800, 1975.g.)

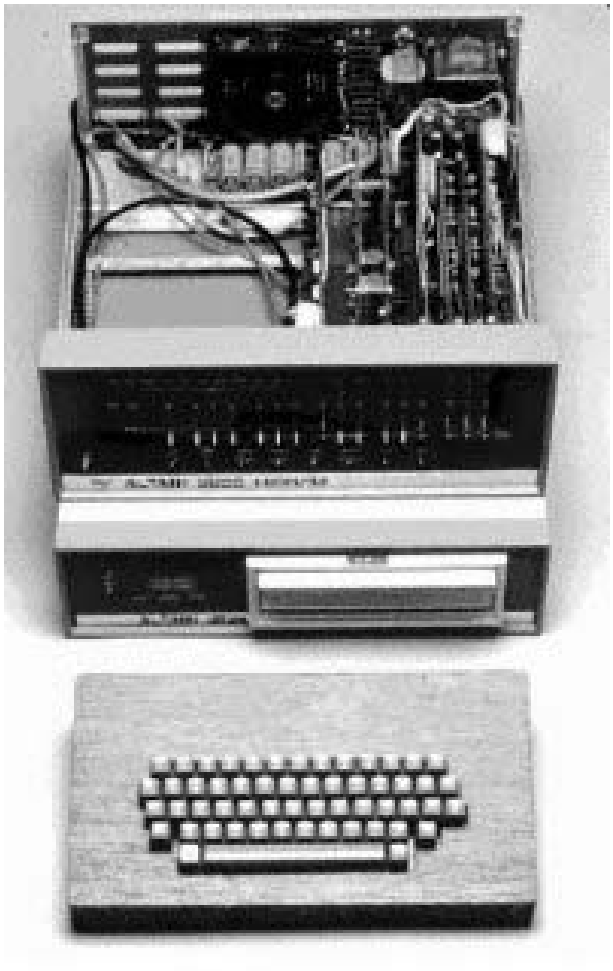

Figure 40: Prvi PC računar – MITS Altair 8800

- dalji razvoj softvera i operativnih sistema

- razvoj komunikacija i rač unarskih mreža
- povećava se korišćenje superrač unara

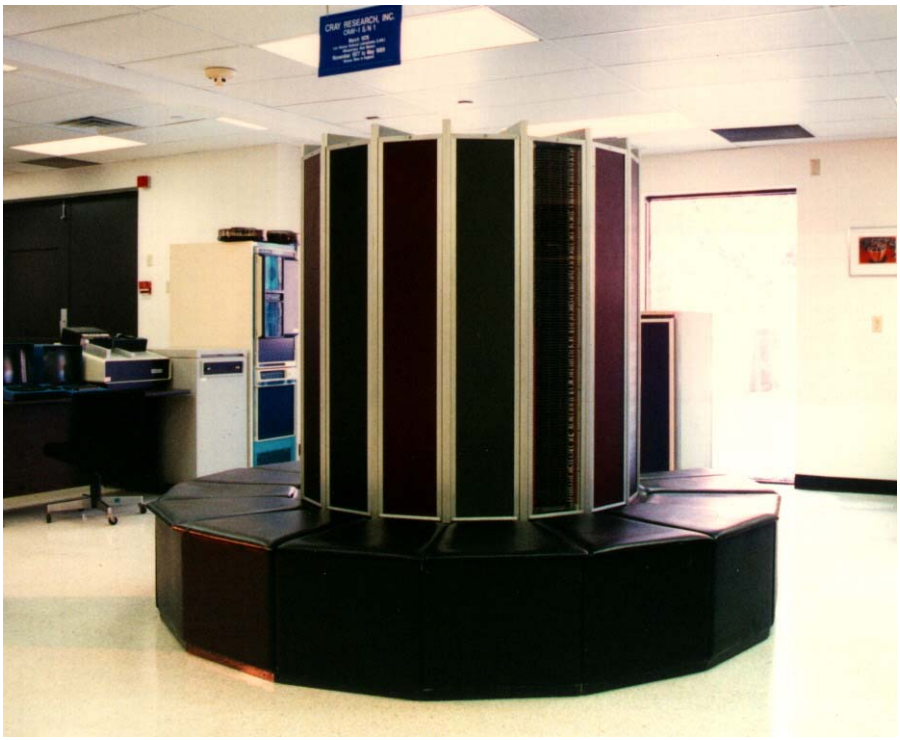

Figure 41: CRAY-I

– Početak projekta 1972.g.
– Završetak projekta 1976.g.
– Brzina: 166MFLOPS-a
– Tehnologija: integrisana kola
– Učestanost časovnka: 83MHz
– Dužina reči: 64 bita
– 128 instrukcija
– Težina računara: oko 2,4 tone