

1. Istorijski razvoj računara

Uvod

■ Šta su to računari?

- Računari su pomoćna sredstva za **brže** i **udobnije** računanje sa **manje grešaka**.
- (wikipedia) Računar ili **kompjuter (computer)** je uređaj koji se koristi za **obrađu podataka** prema **strogo** utvrđenoj proceduri.
- Danas su računari umnogome prevazišli svoju primarnu namenu i gotovo da nema oblasti u kojoj nisu našli primenu.

■ Nastanak računara vezan je za vekovnu težnju čoveka da sebi olakša proces računanja, ubrza ga i učini tačnijim.

■ Ideja o konstruisanju uređaja za automatizaciju izračunavanja stara je **nekoliko hiljada godina**.

- Prva naprava te vrste je **Abak (Abacus)**

Abak (Abacus)

- Grčki, Rimski, Kineski, Japanski, Ruski, ...
- Danas poznat kao **računaljka**
- Sastoji se od rama, kuglica koje su podeljene na dva dela i slobodno mogu pomerati po vertikalnim šinama
- Osnovne računske operacije: **sabiranje, oduzimanje, množenje, deljenje, čak i korenovanje**
- U upotrebi je i danas u nekim zemljama



Moderni računar VS abacus

Poreklo reči **Abacus** je od grčkog **abakos** – tabla

Mehanički računari (1450-1840)

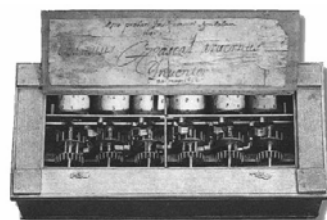
William Oughtred

- 1621. god. William Oughtred – engleski matematičar koji je izmislio kružni klizni lenjir.
- To se smatra prvim analognim računarskim uređajem.



Blaise Pascal (1623-1662)

- 1640. god. Pascal je započeo rad na razvoju uređaja koji je trebalo da pomogne njegovom ocu u sredjivanju državnih računa u Rouenu.
- 1642. god. pojavio se prvi model ovog uređaja (pascalina, aritmometar).
- Pascalov mehanički kalkulator mogao je da sabira i oduzima 6-to cifrene brojeve.
- Množenje i deljenje se obavljalo preko niza sabiranja i oduzimanja.
- U suštini aritmometar je radio samo sabiranje:
 - oduzimanje se obavljalo korišćenjem komplementa. Broj koji je trebalo oduzeti se prvo konvertovao u svoj komplement, a zatim sabirao sa prvim brojem
 - Moderni računari upravo koriste ovu tehniku za oduzimanje.

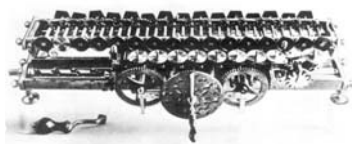


- To je bio **prvi komercijalni kalkulator**
- U narednih 10 godina proizvedeno je 50 ovakvih uređaja
- Danas se neki primerci čuvaju u muzeju u Parizu.
- Jedinica za merenje pritiska, Pascal, i programski jezik Pascal su u čast Pascala dobili ime.



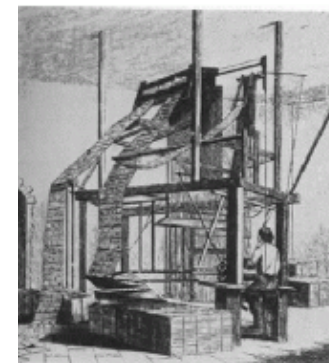
Gottfield von Leibnic (1646-1716)

- Tokom 1670-ih Leibnic je učinio korak dalje u projektovanju mehaničkih kalkulatora
 - “Nedopustivo je da pametan čovek izgubi sate obavljajući računanje koje se može poveriti bilo kome ako se koristi mašina”
 - 1671. Leibnic je predstavio uređaj koji je pored sabiranja i oduzimanja, mogao da obavlja i množenje, deljenje i izračunavanje kvadratnog korena
 - Leibnic je zastupao ideju o korišćenju binarnog brojnog sistema, koji je danas osnova rada savremenih računara.

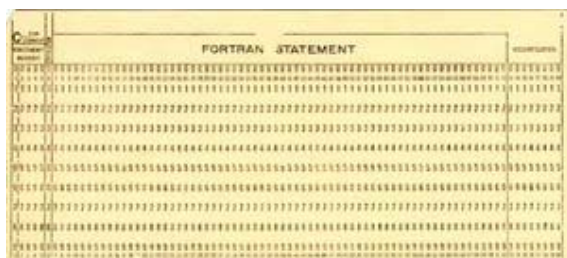


Joseph Marie Jacquard (1752-1834)

- Francuski pronalazač, poznat po pronalasku automatskog razboja za tkanje
 - Jacquardov razboj je koristio **drvene pločice (kartice)** na kojima su bile izbušene rupe kojima se definisao oblik reljefne šare na tkanini
 - Svaka kartica odgovarala je jednom redu na razboju. Karice su bile povezane po redu, jedna za drugom.
 - Menjanjem rasporeda kartica mogle su se menjati šare



- Ove kartice predstavljaju **preteču računarskog programa**.
- Mnogo godina kasnije, bušene kartice predstavljale osnovni medijum za pamćenje informacija (programa i podataka) u računarima sve do 1980 godine.



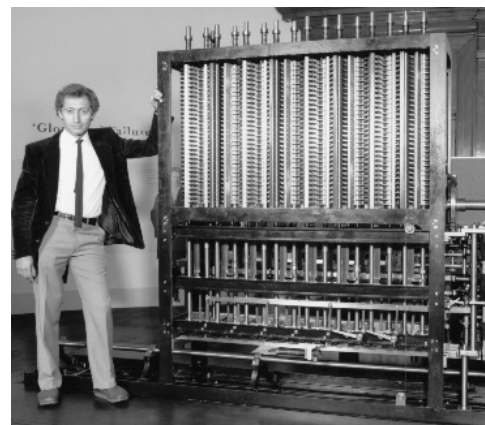
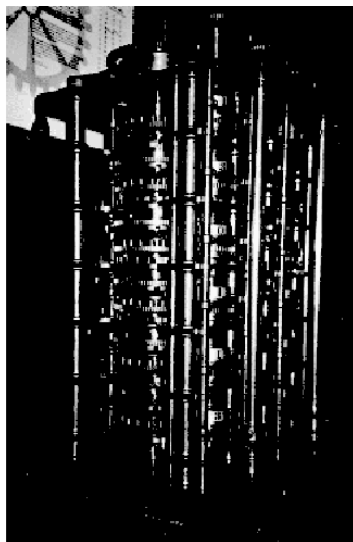
Charles Babbage (1791-1871)

- Engleski matematičar
- Praotac računarske tehnike
- Prvi je izneo ideju o **programabilnom računaru**
- Preuzeo ideju Jacquarda o bušenim karticama kao prvi mehanički metod unošenja informacija u računar.
- **Diferencna i analitička mašina**

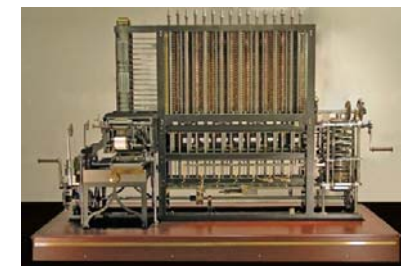


Diferencna mašina (1832)

- Radjena je za potrebe Britanske mornarice
- Prva mašina koja je mogla automatski da izvrši seriju izračunavanja
- Koristila se za izračunavanje vrednosti polinoma metodom konačnih razlika
- **Nije mogla da se programira** – izvršavala je samo jedan metod
- Bila je toliko osetljiva da se češće kvarila nego što je radila, pa je premijer izjavio da je jedina namena ove mašine da izračuna ogromnu količinu novca koja je potrošena na njenu gradnju.

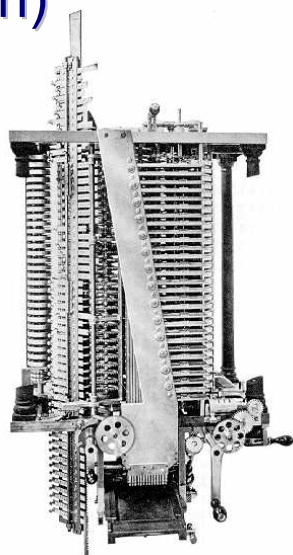


diferencna mašina
rekonstruisana 1991. god.



Analitička mašina (1840-tih)

- Charles Babbage je pokušao da konstruiše mašinu koje bi mogla da se programira da obavlja bilo koja izračunavanja
- Pored toga što je mogla da obavlja 4 osnovne operacije (+, -, *, /), ona je mogla i da **donosi odluke**.
 - kao rezultat toga, ona je mogla da menja redosled izračunavanja, u zavisnosti od izračunate vrednosti
 - mogla je da preskoči neka izračunavanja ili da se vrati u nazad i ponovi neke korake



- **Preteča savremenih računara**
 - memorija, mlin (procesor), kontrolni mehanizam, ulaz, izlaz
- Memorija – bušene kartice
- Mehaničko programiranje - promena pozicije klinova
- Nikada nije završena



Ada Augusta Byron (1815-1852)

- Lady of Lovelace, ćerka pesnika Georga Gordona Byrona
- Student i potom asistent Charlisa Babbagea
- Oduševljena Babbageovom idejom o analitičkoj mašini, radila je na definisanju procedura za rešavanje različitih problema na Analitičkoj mašini.
- Smatra se prvim programerom.
- Programski jezik Ada je dobio ime njoj u čast



dr Marko Petković

Informatika

17

Mehanički računari... do skoro u upotrebi

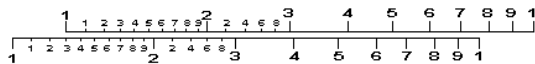


dr Marko Petković

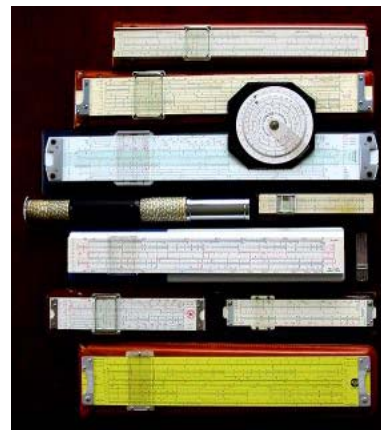
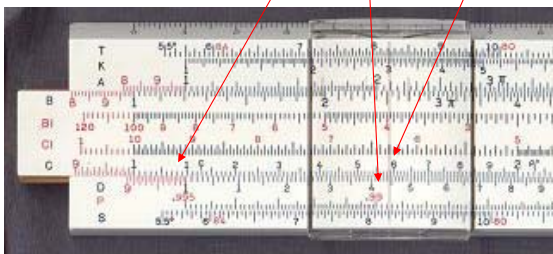
Informatika

18

Šiber - logaritmar – slide ruler



$$\ln(a \cdot b) = \ln a + \ln b \quad 1.09 \times 1.44 = 1.58$$



dr Marko Petković

Informatika

19

Logaritamske tablice

Nekad (kraj 18toga veka) :

- Računalo 80 ljudi dve godine → jednom čoveku bi trebalo 54 godina (480000 sati)
- Izračunali dva miliona brojeva na 19 decimala

Danas (procena) :

- Jedno izračunavanje ~50ns
- Ukupno vreme računanja <0.1s
- Ispisivanje (štampanje) rezultata 1 sat

- 1886. god. Herman Hollerith – razvio je mašinu za računanje koje je koristila bušene kartice za elektronsko brojanje.
- Ovaj uređaj je napravljen da bi se obavio popis iz 1890. godine (u Americi). Ručno brojanje bi trajalo čitavu deceniju (rezultati prethodnog popisa su se obrađivali ručno i proces je trajao 7 godina).
- 1896. godine Hollerith je osnovao Tabulating Machine Company.
- 1924. godine, nakon nekoliko spajanja i preuzimanja, kompanija je postala International Business Machines (IBM).

dr Marko Petković

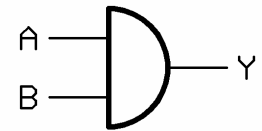
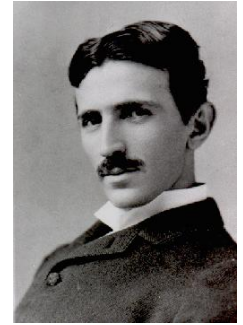
Informatika

20

Elektro-mehanički računari (1840-1940)

Nikola Tesla (1856-1943)

- Jedan od najpoznatijih svetskih pronalazača i naučnika u oblasti fizike i elektrotehnike.
- Između ostalog, dao svoj doprinos i u oblasti računarstva : **patentirao je I (AND) logičko kolo.**
- Do ovog otkrića došao je razvijajući sistem za daljinsko upravljanje uređajem koji se sastojao od većeg broja primopredajnih elemenata

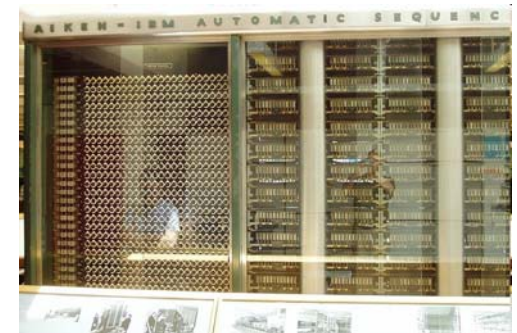


Howard Aiken (1900-1973)

- Babbageova ideja „potpuno automatskog kalkulatora” ostvarena je **112 godina kasnije.**
- Godine 1937, **Howard Aiken** na Harvardskom univerzitetu projektuje automatski sekvencijalno kontrolisani kalkulator (**Automatic Sequence Controlled Calculator, ASCC**) i završava ga 1944. godine.
- Poznat i kao **Mark I.**
- Razvijen zahvaljujući donaciji IBM vrednoj jedan milion dolara.



- Osnovne komponente računara su mehanički koturi i elektromehanički relei.
- Koristio je bušene kartice.
- Bio je nezgrapan, glomazan i spor
- Aitken je kasnije konstruisao elektronske računare **Mark II (1947), Mark III, Mark IV (1952).**



- **Moljac zaglavljen na jednom od releja izaziva kvar. Grace Murray Hopper, 1944 uklanja prvu “bubu” i uvodi pojmove “bug” i “debugging” u računarski leksikon.**

Konrad Zuse (1900-1973)

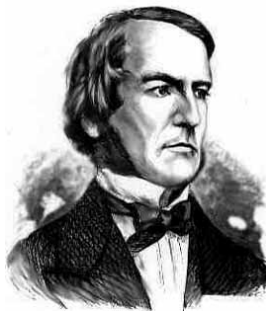
- Nemački matematičar
- Tvorac serije elektromehaničkih računara (nezavisne od rezultata Babbagea i Aitkena)
- Z-serija – Z1 (1938), Z3 (1941), Z4 (1945)
- Tvorac prvog programskog jezika - Plankalkül



Teorijske osnove računara

George Boole (1791-1871)

- Irski matematičar, poznat po doprinosu razvoju simboličke logike
- 1854.g. demonstrirao je logičke principe korišćenjem matematičkih simbola a ne pomoću reči
- U novoj disciplini koju je razvio, poznata kao Booleova algebra, sve objekte je podelio u dve klase
 - Svaka klasa se može opisati odsustvom ili prisustvom neke osobine
 - Npr. električno kolo je uključeno ili isključeno
- Booleova algebra je našla ogromnu primenu u projektovanju računara

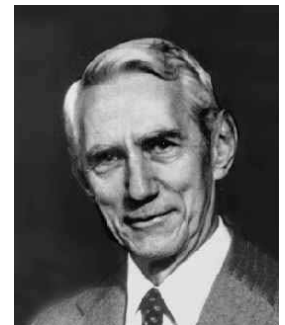


Claude Shannon (1916-2001)

- Inženjer elektronike i matematičar
- Pokazao kako se rezultati Boolea mogu primeniti u projektovanju i analizi digitalnih kola sastavljenih od elektromagnetnih relea.
- Rezultati do kojih je došao, publikovao je 1937. godine u svojoj magistarskoj tezi

A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits

- Ovi rezultati predstavljaju osnovu projektovanja digitalnih računara i logičkih kola
- Tri godine kasnije je doktorirao na MITu.
- Poznat je kao osnivač matematičke teorije telekomunikacija i teorije informacija.
- Autor je prvog kompjuterskog programa za igranje šaha



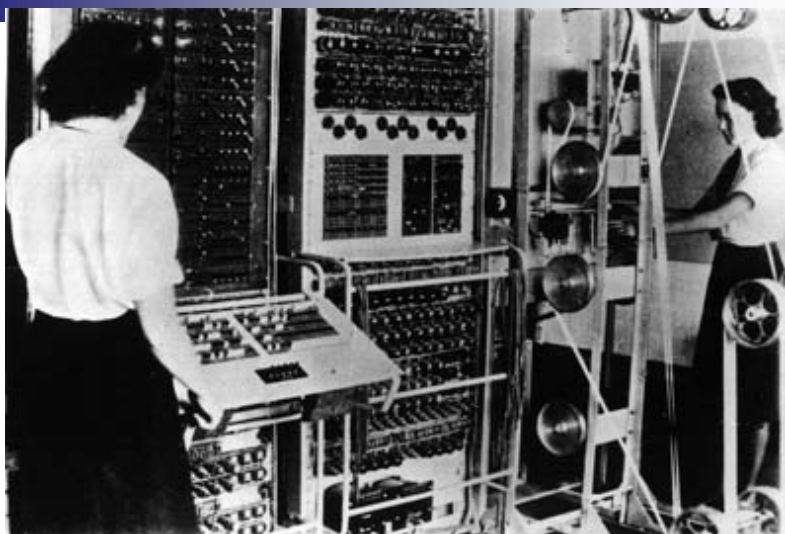
Alan Turing (1912-1954)

- Engleski matematičar, logičar i kriptograf
- Smatra se ocem modernog računarstva
- Konstruisao je Turingovu mašinu – matematički model univerzalnog računara.
- To je apstraktni “računar” takav da svaki drugi praktični računarski model ima jednake ili manje mogućnosti nego Turingova mašina.
- Dao odgovor na pitanje: “Šta može a šta ne može računar da izračuna?”

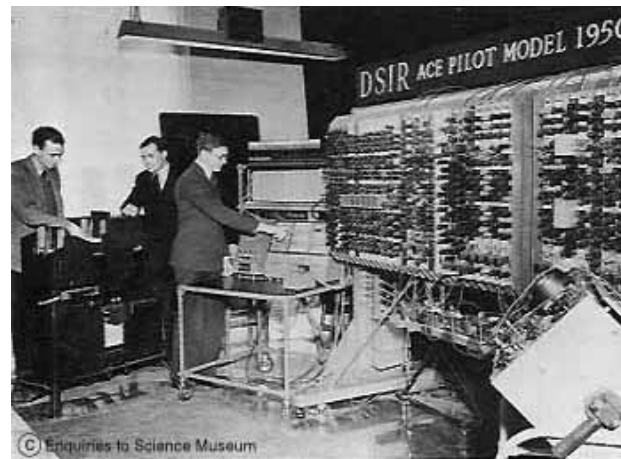


Enigma

- Nemački uređaj za kriptovanje i dekriptovanje.
- Pojavila se 30-tih godina 20. veka.
- Intenzivno korišćena za vreme II svetskog rata.
- Marian Rejewsky, poljski matematičar, konstruisao je mašinu “bomba” za razbijanje kodova Enigme.
- 1939. godine Nemci su ojačali enigmu
- Tjuringov računar Colossos je uspešno dekriptovao poruke šifrovane ojačanom Enigmom.



Colossus – Britanski računar iz 1942. god.
dizajnirao ga je Alan Turing a izgradio Max Newman
na Univerzitetu u Mančesteru



ACE (Automatic Computing Engine) –
Britanski računar iz 1950. god.
koji je dizajnirao Alan Turing

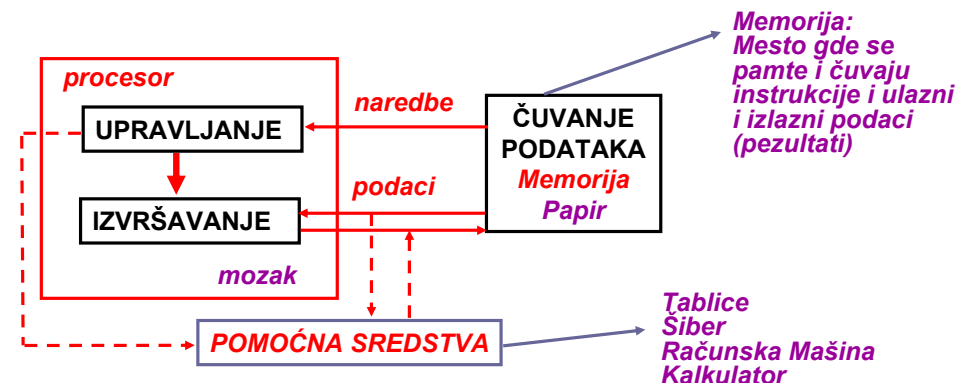
John (Janos) von Neumann (1903-1957)

- Jedan od najvećih matematičara 20. veka
- Bavio se skoro svim oblastima matematike
- Radio na optimizaciji procesa snabdevanja savezničkih trupa u Evropi (sa Oskarom Morgensternom, 1944)
- Učestvovao u izradi atomske bombe
- Radio u timu koji je razvijao računar ENIAC
- Glavni dizajner računara EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)



Von Neumannova arhitektura

Kako računa čovek tako računa računar



Dekadna aritmetika

Nivo napona	Odgovarajuća decimalna cifra
0	0
+5	1
+10	2
+15	3
+20	4
+25	5
+30	6
+35	7
+40	8
+45	9

Binarna aritmetika

Nivo napona	Odgovarajuća binarna cifra
0	0
+45	1

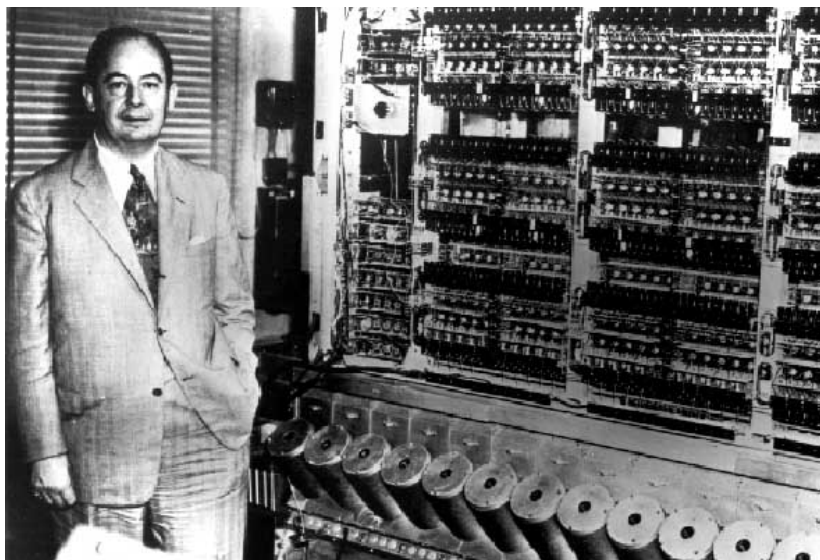
Dekadni zapis broja 27

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
										jedinice
										desetice

Binarni zapis broja 27 : 11011

$$(27 = 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0)$$

0	1

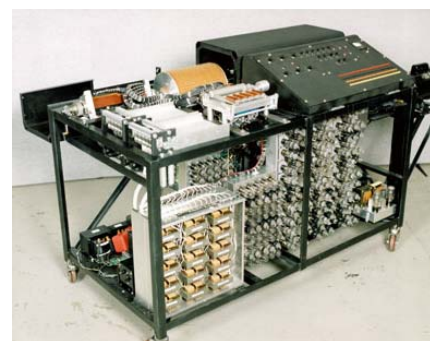


John von Neumann sa EDVAC-om (1945)

Elektronski računari (1940-danas)

John Vincent Atanasoff (1903-1995)

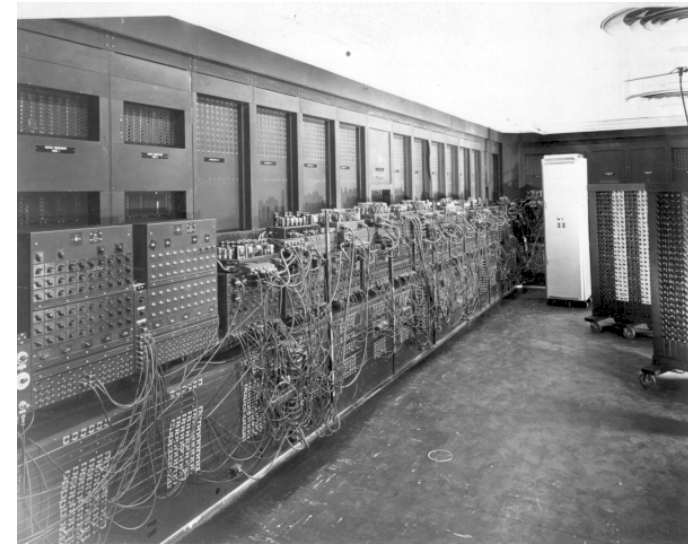
- Kada je izbio II svetski rat, računarske mašine su postale neophodne zbog brzih proračuna za praćenje aviona, otvaranje neprijateljskih šifara, izračunavanja putanja projektila, pa i izradu atomske bombe.
- Za ime fizičara Džona V. Atanasofa sa Iowa State University vezuje se konstruisanje **prvog digitalnog elektronskog** računara 1942. godine.



- **Atanasoff-Berry Computer (ABC)**
- Ovaj računar je koristio **binarnu aritmetiku**, paralelno procesiranje i regenerativne kondenzatorske memorije.
- Memorija ovog računara bila je **odvojena od dela za računanje**.

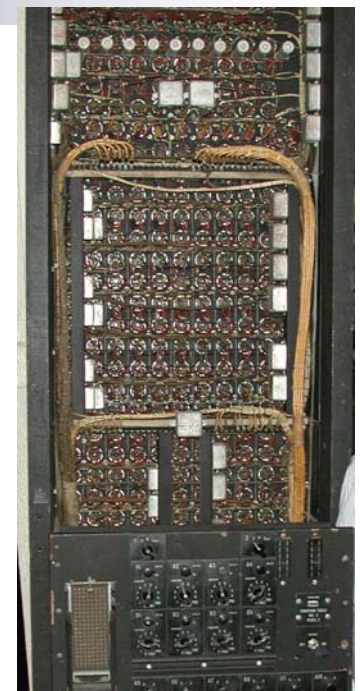
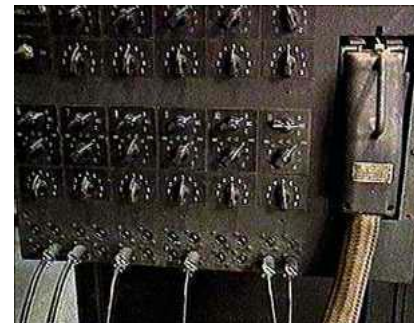
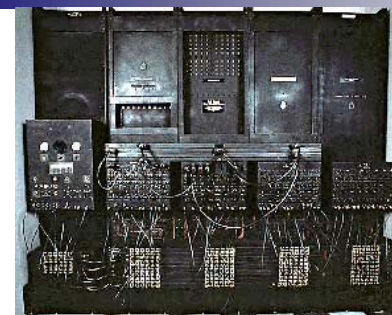
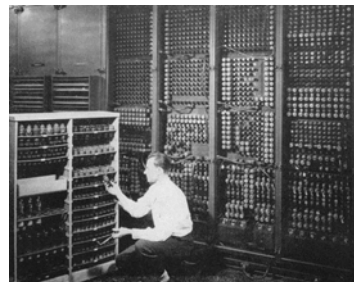
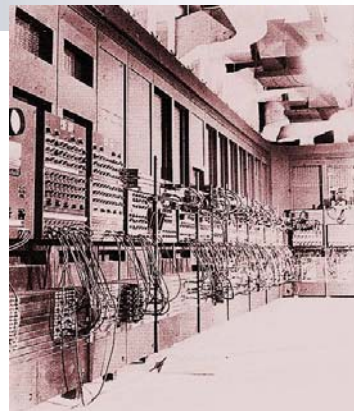
ENIAC (1945)

- **Electronic Numerical Integrator and Computer**
- Konstruktori: **John William Mauchly (1907-1980)** i **John Presper Eckert (1919-1995)**
- Pravljen četiri godine, kontinualni rad **1947 – 1955.**
- Prvi **digitalni elektronski reprogramirjivi** računar sposoban da u potpunosti rešava složene računarske probleme – **preteča današnjih računara**
- Napravljen za potrebe proračuna artiljerijskih tablica
- Upotrebljavan za proračune u vezi hidrogenske bombe

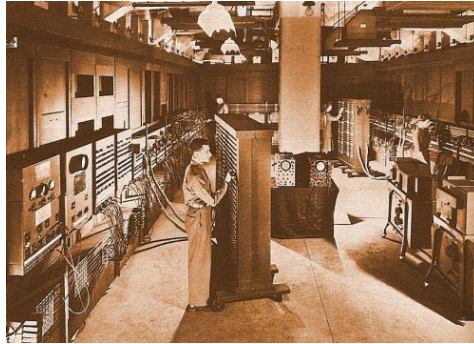


Electronic Numerator, Integrator, Analyzer and Computer – ENIAC (1946)

- Dugačak 30m, težak 27t, zauzimao površinu od 167m²
- Elektromehanički relei su zamenjeni **vakuumskim cevima**
- Sastojao se od:
 - 70000 otpornika
 - 10000 kondenzatora
 - 18000 elektronskih cevi
 - 7200 kristalnih dioda
 - 6000 preklopnika
- Sastavljen od 5 miliona ručno zalemljenih veza
- Električna snaga : 100kW



- Bušene kartice su služile kao ulaz i izlaz, a registri kao sabirači i kao uređaji za čuvanje podataka.
- 1000 puta brži od elektromehaničkih predhodnika
- Osnovni takt 5kHz, sabiranje dva desetocifrena broja 0.2ms.
- Programiranje se obavljalo ručno, prevezivanjem žica (kao kod analogne telefonske centrale)



➤ ENIAC odgovara današnjem jednostavnijem programirljivom kalkulatoru!

UNIVAC I (1951)

- UNIVerzal Automatic Computer.
- Konstruktori : John Mauchly i John Eckert
- Prvi komercijalni računar opšte namene
- Kreiran za poslovne i administrativne primene, za brzo izvršavanje prostih računskih operacija (+, -, *, /).
- Koristio magnetnu traku kao memorijski medium umesto bušenih kartica



UNIVAC I u Franklin Life Insurance kompaniji



ENIAC – 1946.



Ramac – 1956.



PDP – 1960.



IBM701 – 1953.

IBM360 – 1964.



HP2115 – 1966.



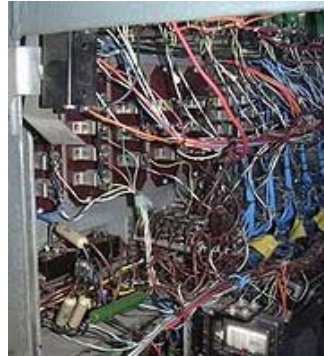
Electrodata 1 – 1956.



Generacije računara i današnji računari

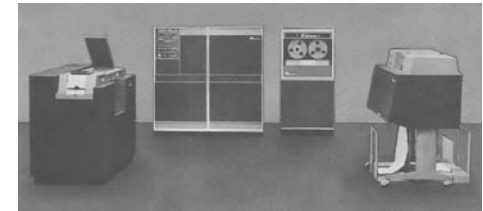
Prva generacija računara

- Vakumske cevi kao glavni logički elementi – problemi sa održavanjem zagrevanjem, itd...
- Bušene kartice za unos i eksterno čuvanje podataka – spor ulaz i izlaz
- Rotirajući magnetni doboši za interno smeštanje podataka i programskih instrukcija.
- Ogromne dimenzije, mala brzina rada
- Programi napisani na
 - mašinskom
 - asemblerskom jeziku



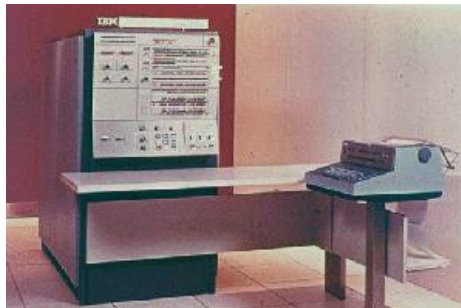
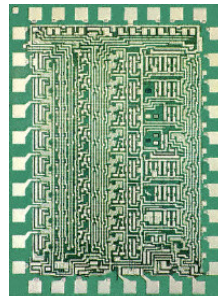
Druga generacija računara

- 1947. godine je pronadjen tranzistor.
- **Tranzistori** zamenjuju elektronske cevi (više od 1000 puta manja zapremina, mnogo manja potrošnja električne energije, mnogo veća brzina rada).
- Tipičan predstavnik – **IBM 1401**
 - 4 KB memorije
 - ulaz – prekidači, bušene kartice, magnetne trake.



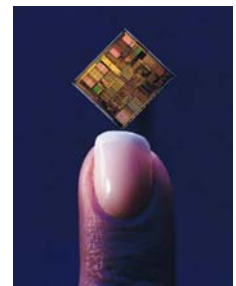
Treća generacija računara

- Individualni tranzistori zamenjeni **integriranim kolima**
 - Povećanje pouzdanosti
 - Smanjenje dimenzije
 - Veća brzinu
 - Veća efikasnost
 - Niže cene
- Magnetne trake i diskovi su potpuno zamenili bušene kartice
- MOS memorije prevladavaju u odnosu na magnetna jezgra
- Operativni sistemi (UNIX)
- Tastatura i monitor
- Tipičan predstavnik – IBM System/360
 - tastatura, diskovi
 - 8-bitna memorija, magnetna jezgra, do 6 MB



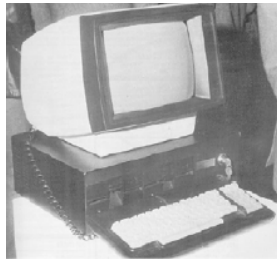
Mikroračunarska revolucija

- 1971: Intelovi inženjeri su konstruisali prvi **mikroprocesor**.
- **Bio je veličine 1cm² a sadržao je celokupnu logiku računara.**
- Mikroračunarska revolucija početkom 1970-ih:
 - Apple
 - Commodore
 - Amiga
 - Pekom – domaći računar
- Stoni - desktop računari nisu u potpunosti zamenili velike računare, koji takođe doživljavaju promenu



Četvrta generacija računara (1971 – do kraja 1990-tih)

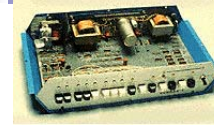
- LSI - Large Scale Integration
- VLSI - Very Large Scale Integration
- Razvoj mikroprocesora
- Pojava mini i super računara
- Paralelno procesiranje
- Povećana brzina rada, snaga, memorijski resursi
- Tipični predstavnici:
Apple II, Apple Mac, IBM PC
- IBM PC računar:
 - 8086 mikroprocesor
 - 64 KB memorije (max 640 KB)
 - 360 KB flopi disk
 - 10 MB hard disk



dr Marko Petković

Informatika

53



Kenbak – 1971.



HP35 – 1972.



apple – 1977.



comodore64 – 1982.

alto – 1974.



PET – 1977.



IBMpc2 – 1990.

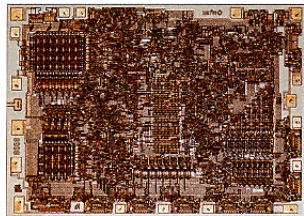
laptop – 2000.



dr Marko Petković

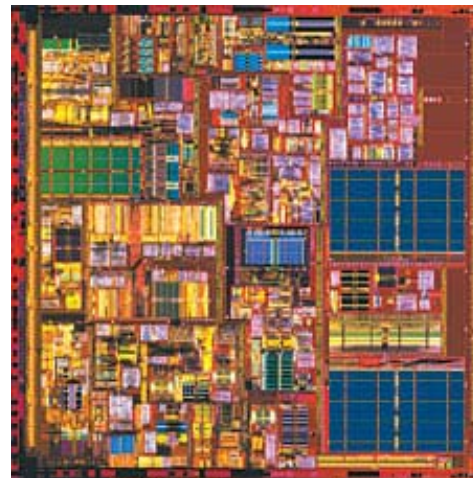
Informatika

54

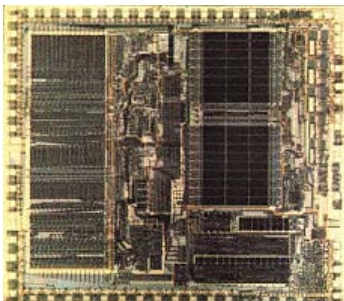


Intel 8008 – 1972.
> 10 μm
<10 hiljada tranzistora

Intel pentium – 2000.
0.18 μm
>3 miliona tranzistora



Motorola 68000 – 1979.
5 μm
~100 hiljada tranzistora



dr Marko Petković

Informatika

55

Peta generacija računara (danas)

- Paralelni računari – veliki broj CPU istovremeno primenjenih na izvršavanje programa.
- Superračunari.
- Računarske mreže: Internet, World Wide Web (WWW), bežične mreže.
- Distribuirani sistemi, Klasteri računara, Grid.
- Mobilno, nosivo, sveprisutno računarstvo.
- Veštačka inteligencija.



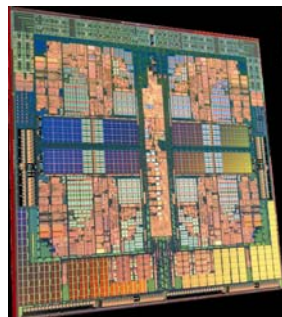
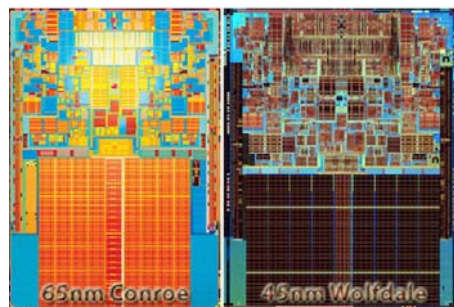
dr Marko Petković

Informatika

56

Intel Core 2 Duo E6750, Conroe
Tehnologija : 65nm
291 milion tranzistora

Intel Core 2 Duo E8500, Wolfdale
Tehnologija : 45nm
410 miliona tranzistora



AMD Phenom II 940 X4
Tehnologija : 45nm
758 miliona tranzistora



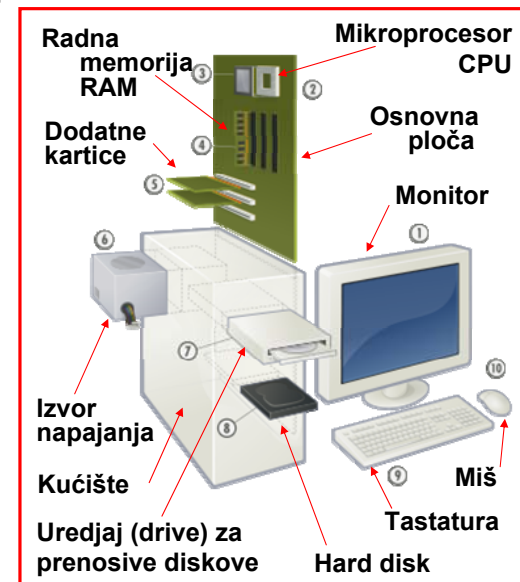
dr Marko Petković

Informatika

57

Današnji računar

- Koristi ga široka populacija (kući, na poslu, itd...).
- Jednostavan za rukovanje... ili ne?
- Veoma brz i veoma spor...
- Staje u kućište 0.4m x 0.3m x 0.15m
- Može se lako nadogradjivati, poboljšavati... ili ne?
- Jeftin... ili ne?
- **Osnovno znanje rada na računaru u skoroj budućnosti (a dobrim delom i danas) predstavljaće opštu pismenost:**
 - Elementarna obrada teksta
 - Filmovi, slike, muzika,...
 - Internet, e-mail, blog, forumi,...
 - Chat, voice chat, video chat,...
 - Kompjuterske igre



dr Marko Petković

Informatika

58



Monitor: Asus VW192DR 19" WIDE, Contrast 1000:1, WXGA 1440x900, 300 cd/m2, 5ms

Procesor: Intel S478 Celeron®D 315 2.267GHz 90nm, Socket 478, 256KB L2, 533MHz

Maticna ploča: MSI S775 nVidia P6NGM-L MCP73V 1333MHz PCI-E 256MB VGA onboard 7.1ch

Hard disk: WD HDD 320GB 7200 8MB SATAII

RAM memorija: Kingston KVR 1GB DDR2 800 CL6

Graficka kartica: On Board

Opticki uredjaj: DVD-RW 16x Dual Layer

Modem: 56K Intel Ambient HW

Periferije: multimedijalna tastatura + opticki mis



Monitor: Samsung 22" SyncMaster T220HD/1680x1050/5ms/300cd/m2/DC10.000:1/170°:160°/RGB/DVI

Procesor: AMD Phenom X4 9500 2.2 Quad Core 64bit

Maticna ploča: MSI SAM2 K9N SLI PLATINUM

Hard disk: WD HDD 320GB 7200 8MB SATAII

RAM memorija: Kingston KHX 4GB 1066MHz DDR2 CL5

Graficka kartica: MSI ATI R4870-T2D1G/750MHz/3600MHz 1GB GDDR5/256Bit/DVI/D-SUB/TVOut/DirectX10.1/HDMI/HDTV/HDTPC

Opticki uredjaj: DVD-RW 16x Dual Layer

Modem: 56K Intel Ambient HW

Periferije: multimedijalna tastatura + opticki mis

dr Marko Petković

Informatika

59



FSC Esprimo Mobile V5535 Cel-M 570
2.26GHz/1GB/15.4"/160GB/DVDRW/12m
Procesor: Intel Cel-M 570 2.26GHz
Memorija: 1GB DDRII
Hard disk: 160 SATA II
Optički uredjaj: DVD RW DL
Graficka karta: Sis Mirage 3+
I/O: 3 x USB 2.0, Express card (34/54), modem 56k
Težina: 2,7 kg
Operativni sistem: nema



Toshiba Satellite A300D-126 TurionX2 TL62 2.1GHz
2GB/250GB/15.4/DVDRW/ATI3470/BT/WebCam
Procesor: AMD Turion64 X2 TL62 (2.1GHz, 2x512kB)
Chipset: ATI M690G chipset
Memorija: 2GB DDRII (2x1GB)
Hard disk: 250GB SATA (5400rpm)
Opticki uredjaj: DVD-RW DualLayer
Ekran: 15.4" WXGA Toshiba TruBrite (1280x800)
Graficka karta: ATI Radeon HD3470 256MB
I/O: LAN 10/100, modem, WLAN 802.11 b/g, BlueTooth 2.1, 4xUSB
Sleep'n'Charge
5-in-1 card reader, FireWire, TV-Out, S/PDIF, ExpressCard slot
1.3MPix Web Camera sa prepoznavanjem lica
Težina: 2.7kg
Operativni sistem: Microsoft Vista Home Premium
Garancija: 24 meseca

dr Marko Petković

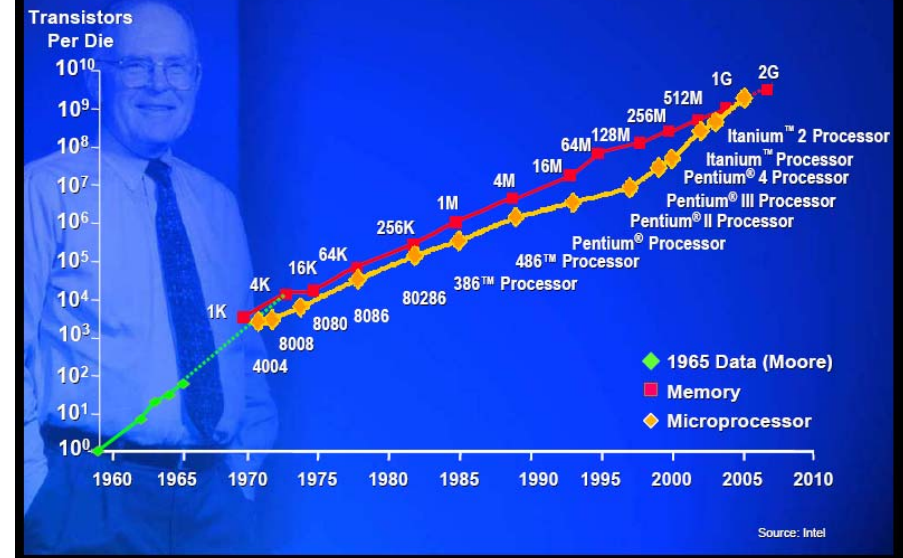
Informatika

60

Mooreov zakon

- Gordon E. Moore, suosnivač kompanije Intel.
- Opisuje rast gustine pakovanja tranzistora u procesoru, a samim tim i rast performansi procesora.
- U originalu glasilo: “**Svake godine se broj tranzistora po kvadratnom inču mikroprocesora udvostručuje**”.
- U novije vreme period dupliranja je povećan na 18 meseci.
- Zakon važi već skoro 50 godina i prognoze su da će važiti i narednih 10 godina.

Moore's Law - 2005



Dokle se može očekivati rast...

- Brzina prostiranja signala kroz Si – 3×10^7 m/s
- Nešto veće brzine: GaAs tehnologija
- Fundamentalna barijera: **brzina prostiranja svetlosti kroz vakuum - 3×10^8 m/s.**
- Povećanje gustine pakovanja (integracije) ne može ići u nedogled
 - Komponente počinju međusobno da interaguju
 - Dolazi do pojave kvantnih efekata (jedan tranzistor sadrži samo nekoliko **atoma**)
- **Moraju se pronaći novi metodi za povećanje brzine izračunavanja (korišćenje protočnosti i paralelizma)**
- Korišćenje potpuno novih tehnologija: **kvantni računari, DNA računari**

Računari VS automobili

- Analizirajmo šta bi se desilo u slučaju kada bi poboljšanje performansi automobila bilo isto kao i računara.
- Usvojicemo da je maksimalna brzina limuzine 1977. godine bila **150 km/h**, a da je prosečna potrošnja goriva iznosila **15 litara na 100 km**.
- Ako su se u periodu od 1977. do 1987. brzina i efikasnost povećavale za **35% godišnje**, a u periodu od 1987. do 2000. godine porast na godišnjem nivou je bio **50%**, sledeći performanse računara, odrediti kolika se maksimalna brzina i prosečna potrošnja goriva od limuzine očekuje na kraju 1987. i 2000. godine?



Razmak od 1977. do 1987. je 10 godina, a to znači da su se brzina i potrošnja poboljšavale za isti faktor:

$$(1.35)^{10} = 20.1$$

Odgovarajuća brzina na kraju 1987. godine bi bila:

$$150 \text{ km/h} * 20.1 = 3015 \text{ km/h}$$

a prosečna potrošnja:

$$(15 \text{ litara/100 km}) / 20.1 = 0.746 \text{ litara/100 km}$$

Narednih 13 godina poboljšanje performansi na godišnjem nivou bilo je 50%, što odgovara ukupnom faktoru poboljšanja u odnosu na vrednost iz 1987. godine od:

$$(1.5)^{13} = 194.6$$

Odgovarajuća brzina limuzine na kraju 2000. godine bi bila:

$$3015 \text{ km/h} * 194.6 = 586719 \text{ km/h}$$

a potrošnja bi bila:

$$(0.746 \text{ litara/100 km}) / 194.6 = 0.0038 \text{ litara/100 km}$$

To znači da rastojanje od zemlje do meseca (384000 km) i natrag sa ovakvom brzinom bi mogli da predjemo za:

$$\frac{2 * 384000 \text{ km}}{586719 \text{ km/h}} = \frac{768000 \text{ km}}{586719 \text{ km/h}} = 1.3 \text{ h}$$

a ukupna potrošnja goriva bi bila:

$$7680 * 0.0038 = 29.184 \text{ litara}$$