

# Evolucija arhitekture računara

# Evolucija arhitekture računara

AR = arhitektura naredbi + organizacija i realizacija računara

**Arhitektura naredbi opisuje procesor:**

- skup naredbi
- vrste operanada
- načini adresiranja
- adresni prostor
  - vrste i raspon adresa
- memorejske lokacije
  - veličina
- registri
  - broj, veličina i namena

# Evolucija arhitekture računara

## Skup naredbi:

- prenos podataka
- rukovanje bitovima
- aritmetičke
- upravljačke
- sistemske (npr. sistemski pozivi)
- ulazno-izlazne

# Evolucija arhitekture računara

## Vrste operanada:

- celi brojevi (označeni i neoznačeni)
- realni brojevi
- znakovi
- logičke vrednosti

U okviru **adresiranja**, operand može biti:

- deo naredbe
- u registru/memoriji
- sa adresom u registru/memoriji

# Evolucija arhitekture računara

## Organizacija računara

- vrste organizacionih komponenti
  - procesor
  - radna memorija (RAM)
  - masovna memorija
  - kontroleri
  - U/I uređaji
  - sabirnica
  - OS i sistemski programi
- kombinovanje organizacionih komponenti

## Realizacija računara

- Projektovanje i proizvodnja logičkih kola, napajanja, itd.

# Pokretači razvoja AR

## Optimizacija tehničkih rešenja

- **najpovoljniji odnos funkcionalnosti i proizvodnih troškova**

## Proizvodni troškovi

- **Direktni** (nastali u toku proizvodnje)
  - komponente
  - rad
  - garancija
- **Indirektni** (nastali u toku ostalih aktivnosti)
  - istraživanje i razvoj
  - marketing
  - održavanje pogona
  - porezi, kamate, itd.

# Pokretači razvoja AR

**Snižavanje cene računara vezano je za smanjenje proizvodnih troškova**

- snižavanje cene komponenti
- viši stepen automatizacije proizvodnje

Niža cena → veća dostupnost → veća proizvodnja

Veća proizvodnja dovodi do:

- raspoređivanje indirektnih troškova na veći broj jedinica
- više novca za istraživanje i razvoj

Pozitivna povratna sprega – snižavanje cena ↔ širenje tržišta

**Nemoguće stalno snižavanje**

# **Arhitektura računara – prvih 5000 godina**

# Razvoj mašina za računanje

Abakus – 2700. p.n.e.

Mašina sa Antikitere – 200. p.n.e.

Astronomski satovi – XII vek

Leonardo da Vinči, Paskal, Lajbnic – XV do XVII vek

Analitička mašina – 1837.

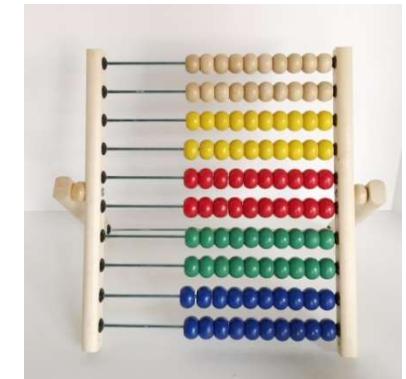
Tjuringova mašina – 1936.

Elektronski računar (ENIAC) – 1946.

Tranzistor – 1948.

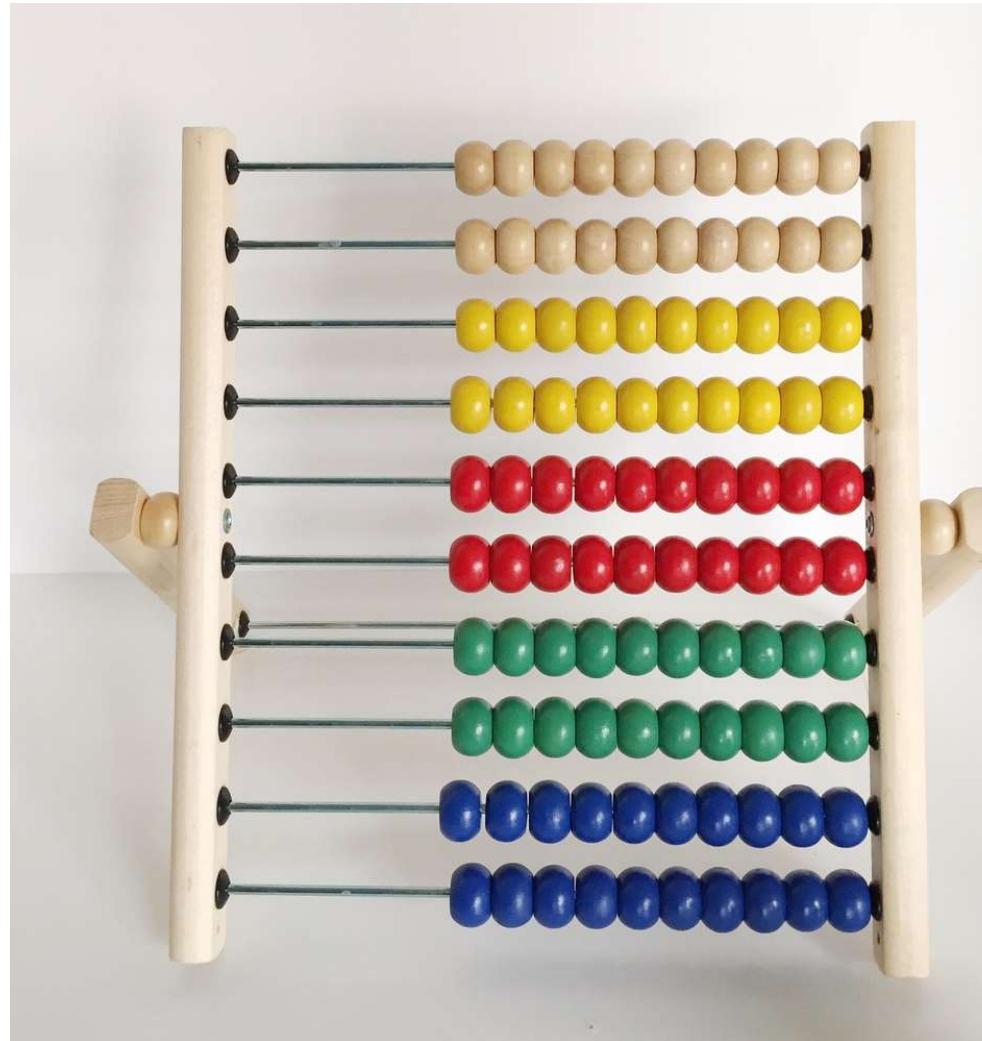
Mikroprocesor – 1971.

Savremeni računari



Izvori: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), [www.computerhistory.org](http://www.computerhistory.org)

# Abakus – 2700. pre nove ere

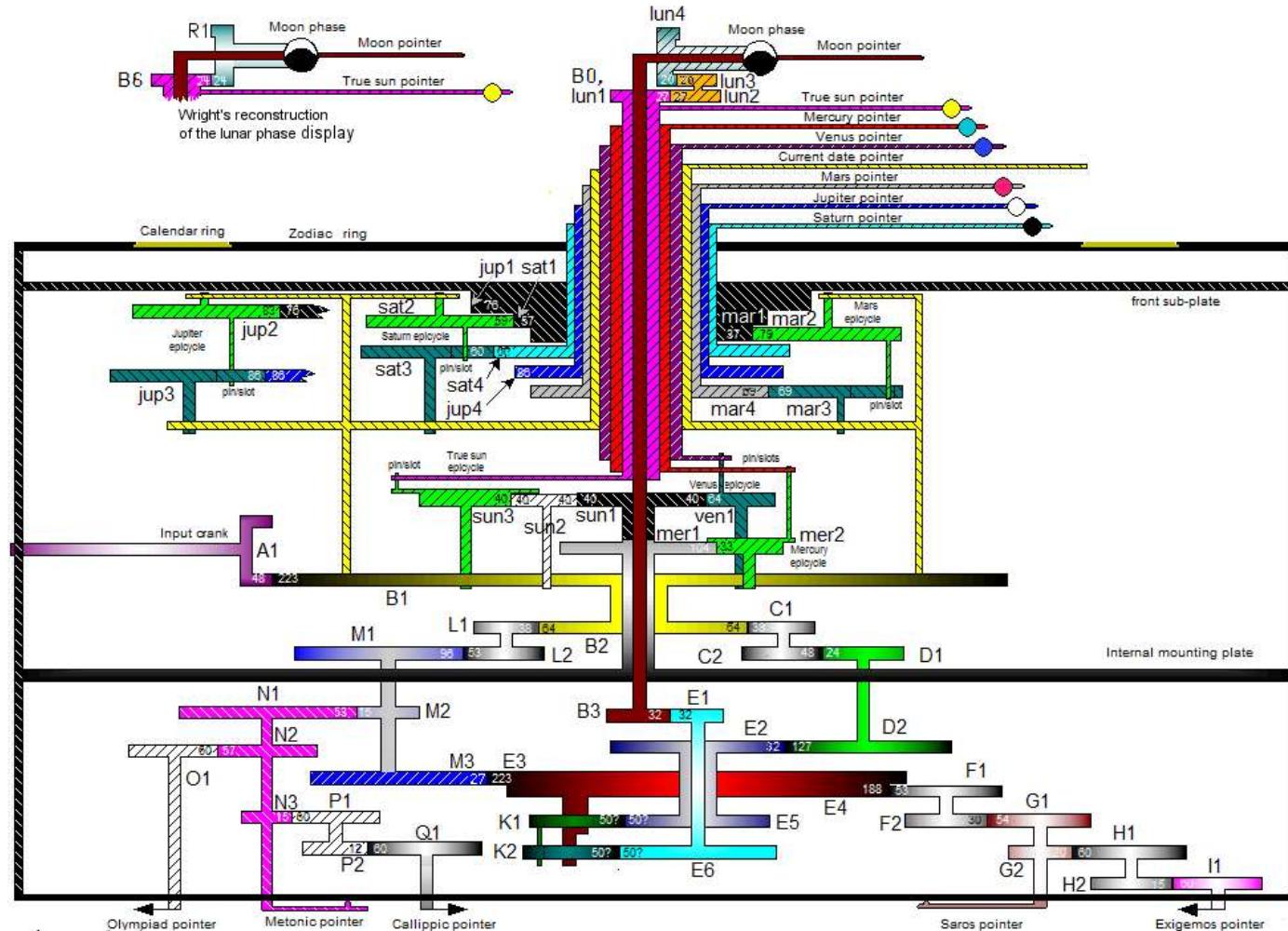


# Mašina sa Antikitere – 200. p.n.e.



**Analogni računar** (praćenje položaja planeta, preko 30 zupčanika)

# Mašina sa Antikitere – 200. p.n.e.



**Analogni računar** (pranje položaja planeta, preko 30 zupčanika)

# Astronomski satovi – XII vek

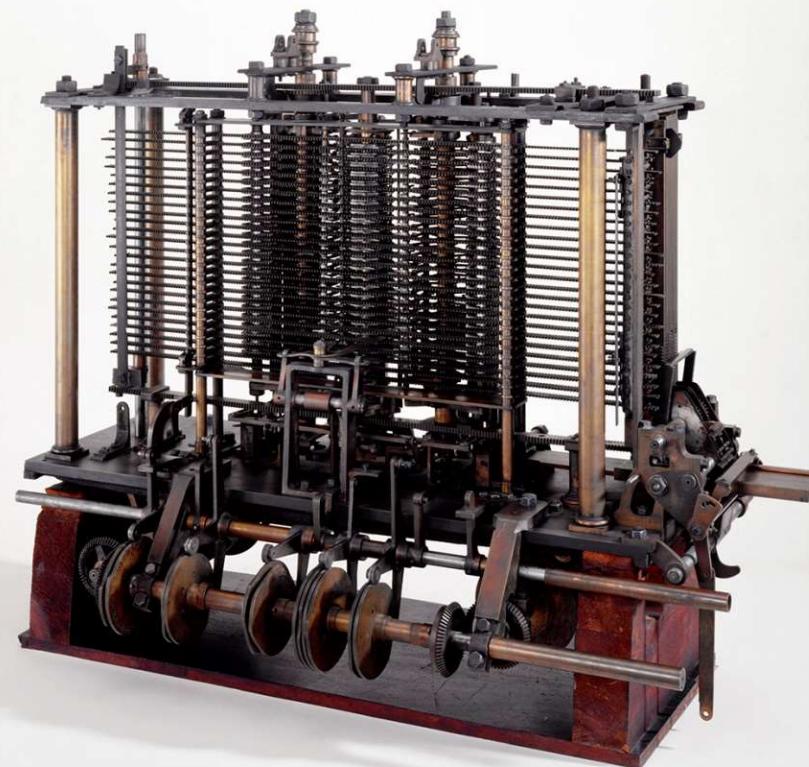


# Analitička mašina – 1837.



Charles Babbage  
(1791–1871)

(diferencna mašina – računanje vrednosti polinomnih funkcija, analitička mašina – računar opšte namene, bušene kartice – Žakardov razboj)



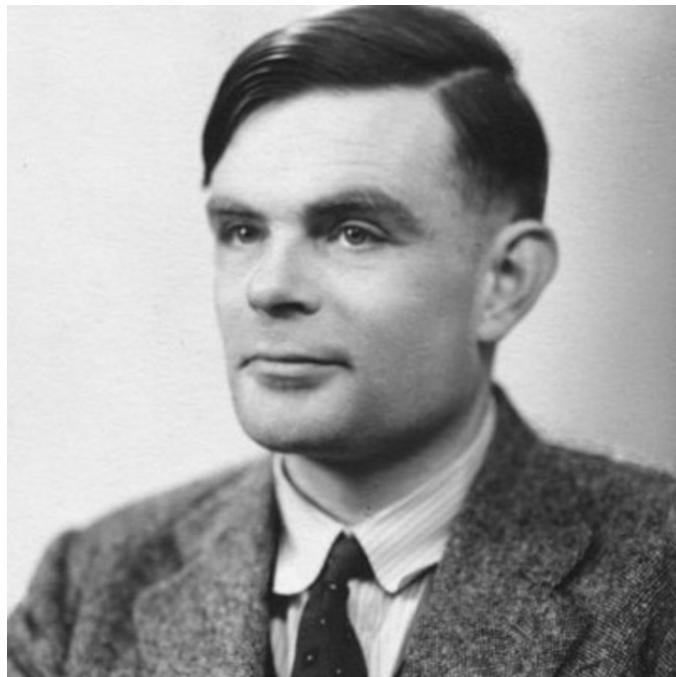
Model analitičke mašine  
(prvi Tjuring-kompletan računar:  
ALU, kontrola toka – selekcija i iteracija, memorija)



Ada Lovelace  
(1815–1852)

(prvi računarski program – metod za računanje niza Bernulijevih brojeva)

# Tjuringova mašina – 1936.



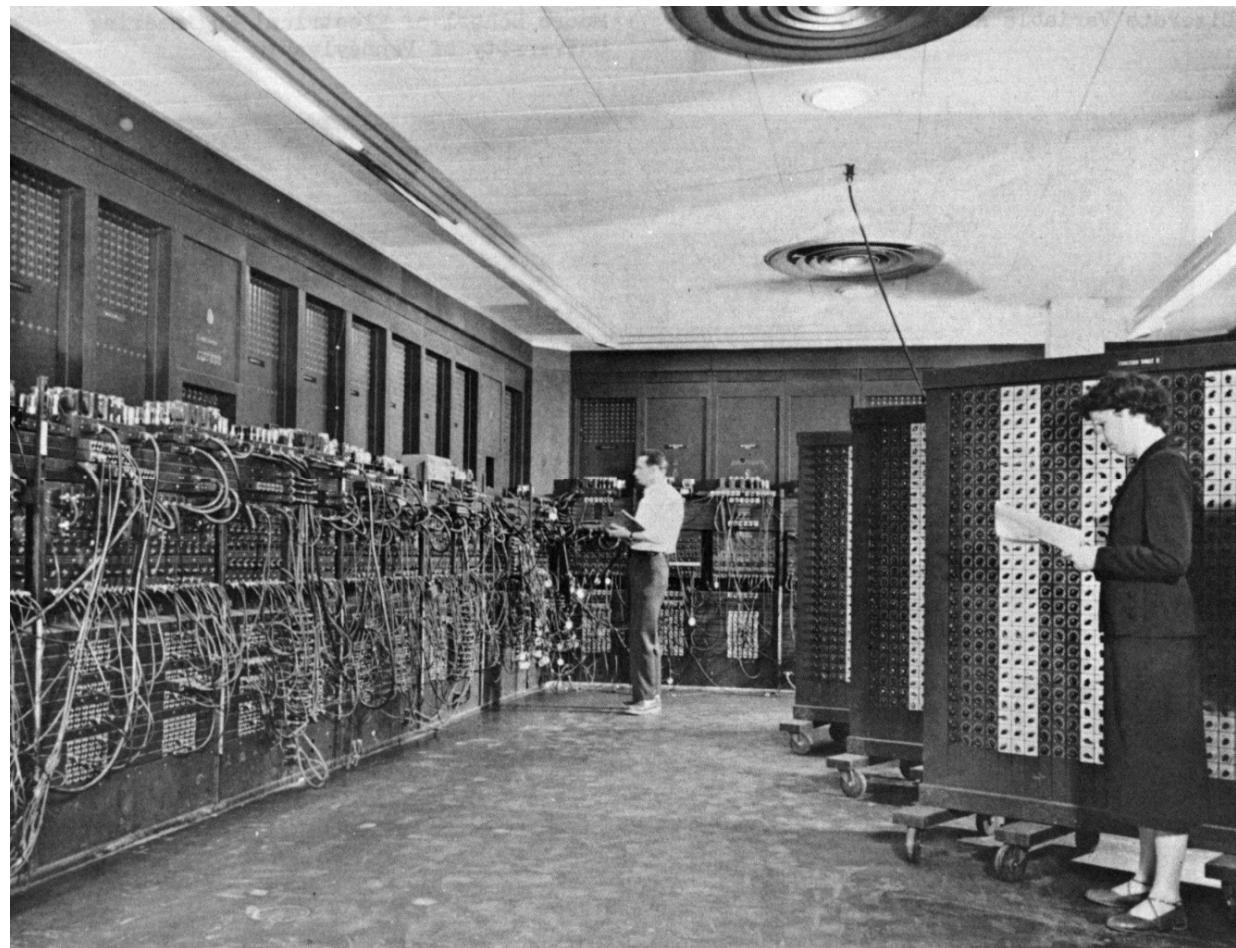
Alan Turing  
(1912–1954)



Približni model Tjuringove mašine  
(beskonačna traka, glava, registar stanja, tabela operacija)

Turing, A.M. (1936). "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungs problem". *Proc.London Mathematical Society*. 2 (pub. 1937). **42**: 230–265.

# Elektronski računar – ENIAC 1946.

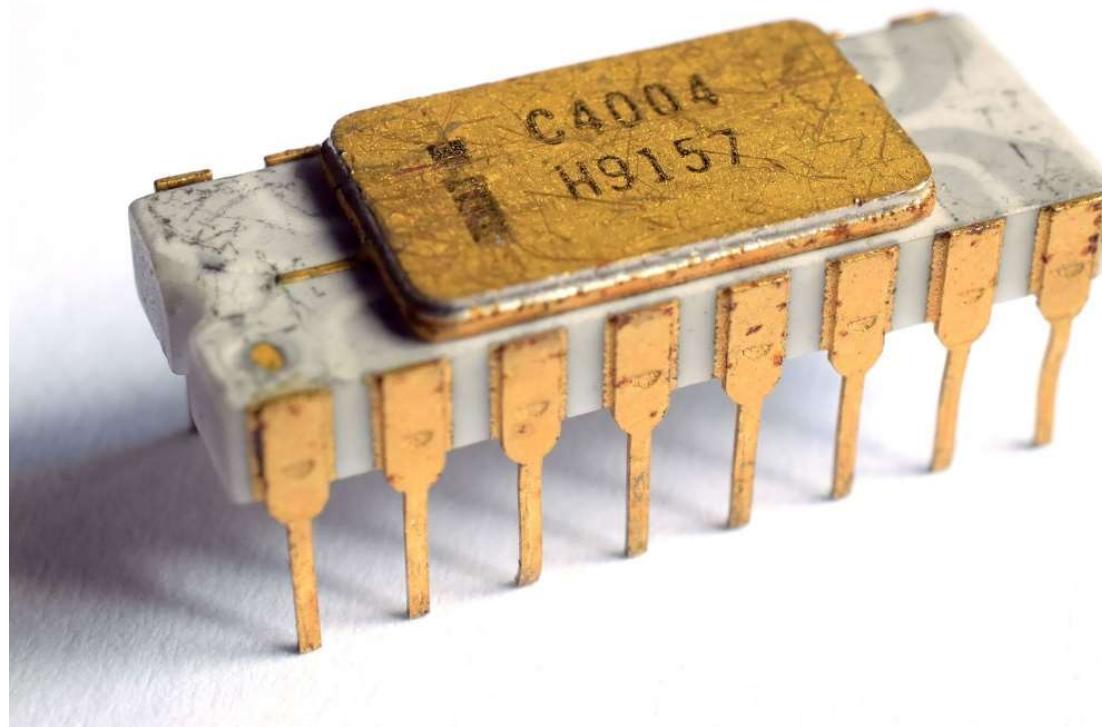


**Electronic Numerical Integrator And Computer (ENIAC)**  
(20000 vakumskih cevi, 5 miliona lemljenih spojeva, 170 m<sup>2</sup>, 150 kW)

# Tranzistor – Bell Labs 1948.



# Mikroprocesor – Intel 4004 1971.



# Personalni računar – IBM PC 1981.



# Sveprisutni računari – XXI vek



# Strukturirana organizacija računara

Nivo 5

Nivo namenskih programskega jezika

Prevodenje (kompajler)



Nivo 4

Nivo asemblerškega jezika

Prevodenje (asembler)

Nivo 3

Nivo mašine operativnega sistema

Delimična interpretacija (operativni sistem)

Nivo 2

Nivo arhitekture skupa instrukcija (ISA)

Interpretacija (mikroprogram)

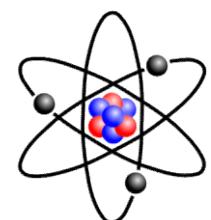
Nivo 1

Nivo mikroarhitekture

Hardver

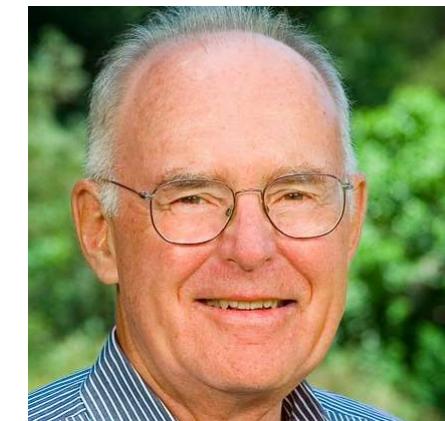
Nivo 0

Nivo digitalne logike



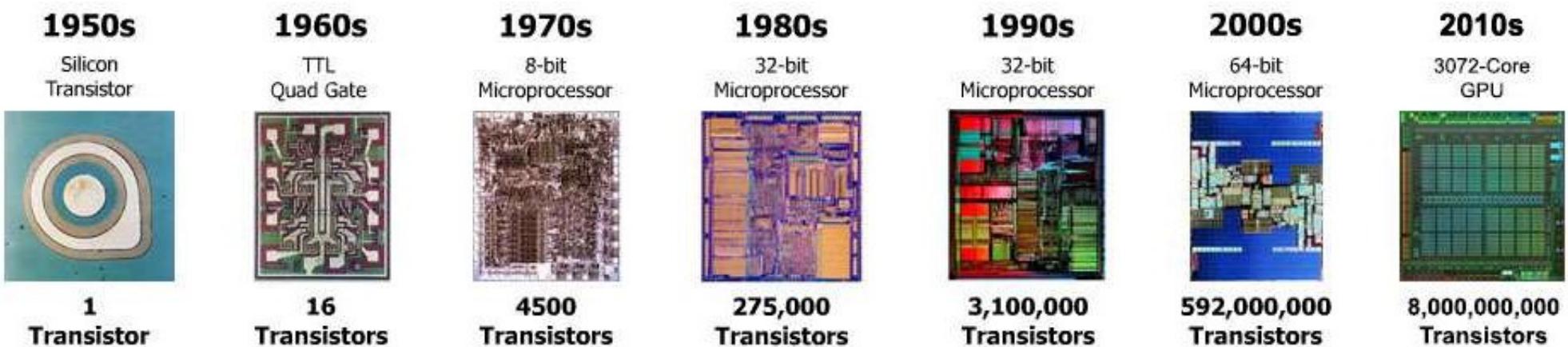
# Porast performansi računara

**Murov zakon** je zapažanje da se broj tranzistora u integriranim kolima duplira približno svake 2 godine



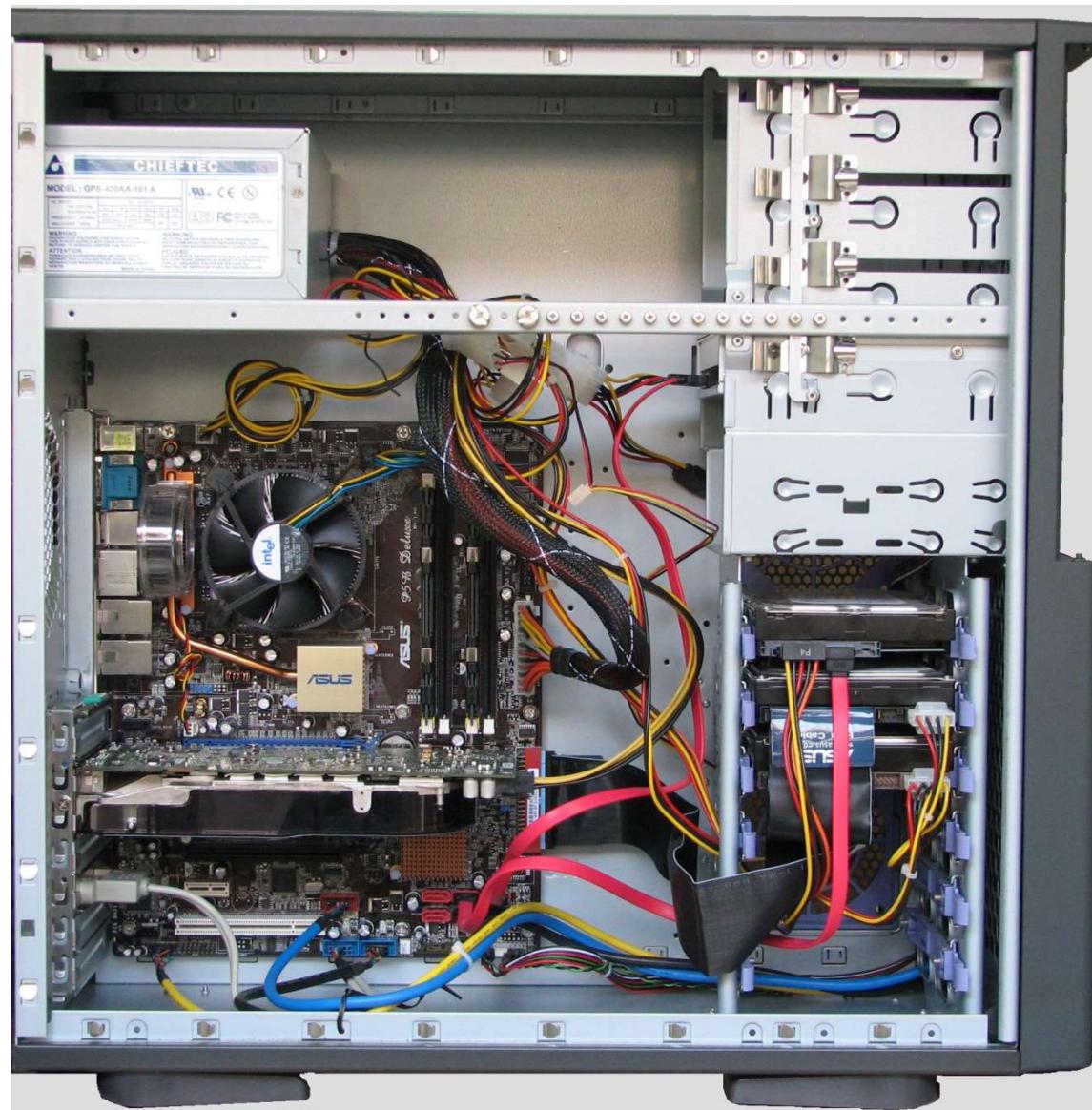
Gordon Moore  
(1929–)

## Evolucija arhitekture elektronskih računara (1945-danas)



# **Savremeni personalni računar**

# Savremeni personalni računar



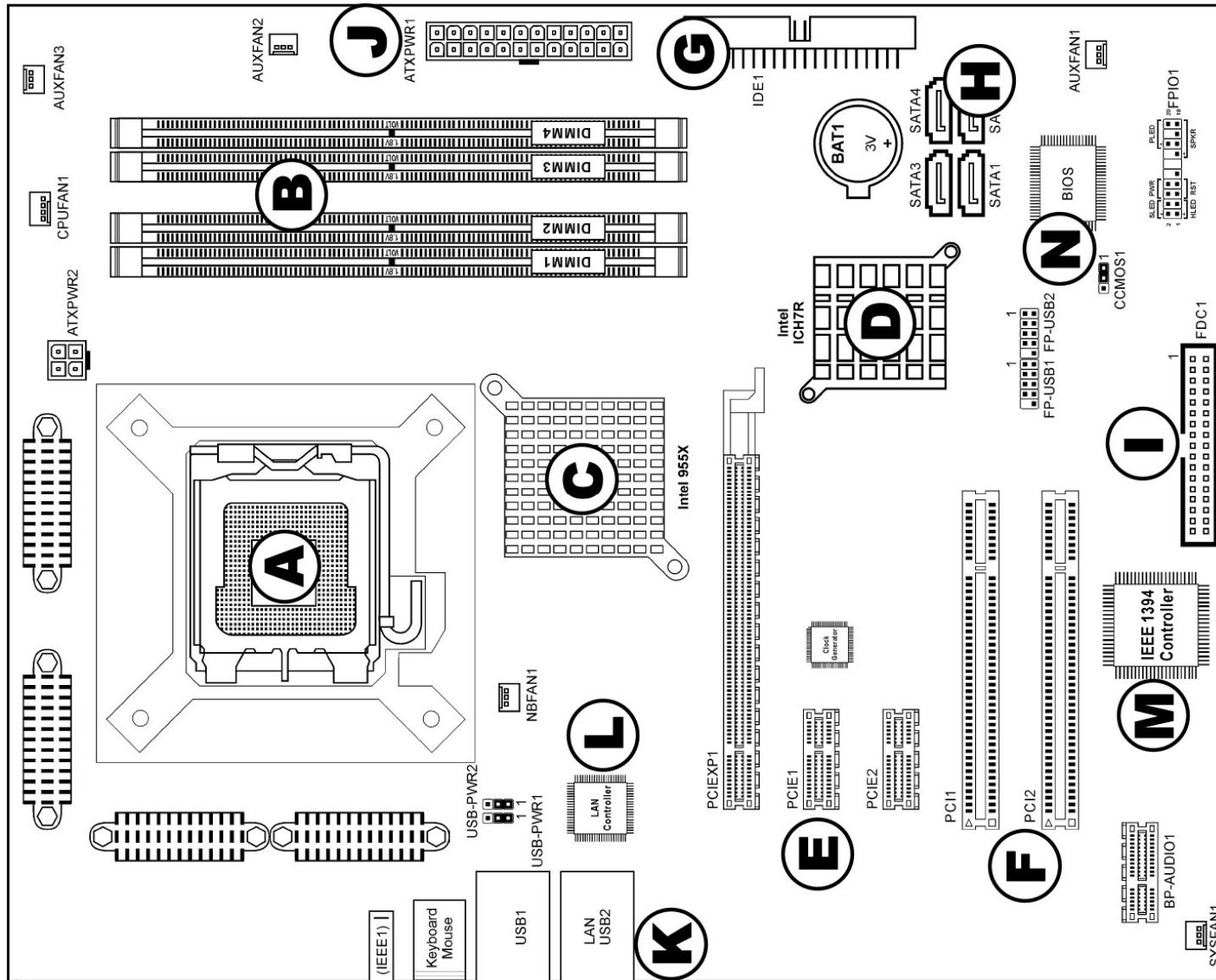
# Osnovni delovi

- Procesor
- Matična ploča
- Radna memorija
- Periferijski uređaji
  - Uredaji masovne memorije
  - Grafički i zvučni adapter
  - Štampač, skener, ...
- Kućište, napajanje, sistem za hlađenje

# Procesor

- Najznačajniji proizvođači Intel i AMD
  - Sve više mobilnih ARM-baziranih računara
- Bitne karakteristike
  - Tip, revizija i broj jezgara
  - Podržani skup proširenih naredbi (SSE, SSE II, 3DNow)
  - Tip podnožja (engl. socket)
  - Frekvencija rada
  - Količina disipirane topline
- Dual-core, quad-core, hex-core, octa-core procesori, mnogojezgarni (48 jezgara i više)
- 64-bitni procesori (AMD Opteron)

# Matična ploča



# Matična ploča

- Osnovni delovi:
  - Podnožje za procesor
  - Podnožja za memorijske module
  - Konektori za ulazno-izlazne uređaje
  - Konektori za magistrale
  - Vezni (engl. *bridge*) čip(ovi)
  - BIOS (ili ekvivalentni) čip
  - Konektori za napajanje

# Vezni čip(ovi)

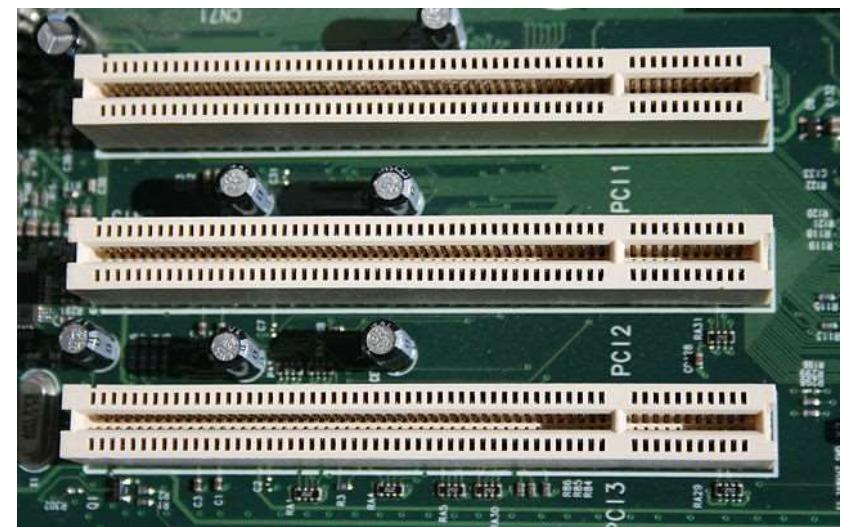
- Severni vezni čip (engl. *northbridge*)
  - Memorijski kontroler
  - Kontroler magistrale ka procesoru
  - Kontroler magistrale za grafički adapter
- Južni vezni čip (engl. *southbridge*)
  - Kontroler U/I magistrale
  - USB kontroler
  - Kontroler magistrale za masovnu memoriju
  - Veza sa BIOS čipom, tastaturom i mišem
- Integracija memorijskog kontrolera u procesor (AMD 64-bit)

# BIOS čip

- BIOS (engl. *Basic Input/Output System*)
- Flash memorija sa inicijalnim programom
- Punjenje i pokretanje operativnog sistema
- Podešavanje parametara matične ploče
- Posebni BIOS-i periferijskih uređaja
- Čuvanje parametara u baterijski napajanom RAM-u
- Ograničenja (16-bitni, masovna memorija)
- UEFI (engl. *Unified Extensible Firmware Interface*)
  - Problemi sa potpisivanjem BootLoader-a
- *OpenBIOS/OpenFirmware*
- *Coreboot*

# PCI magistrala

- PCI (engl. *Peripheral Component Interconnect*)
- Hardver
  - Paralelna veza sa PCI karticama
  - 32-bitna (124 pina) ili 64-bitna (188 pinova)
  - Frekvencija rada od 33/66MHz
  - PnP (engl. *Plug and Play*)
- Upotreba
  - Zvučne i mrežne kartice
  - Starije grafičke kartice
  - Dodatni USB, FireWire, ATA kontroleri



# AGP magistrala

- AGP (engl. *Accelerated Graphics Port*)
- Uvedena zbog potreba grafičkih adaptera
- Frekvencija rada 66MHz
- Konektori sa 124 pina
- Brzine rada 1x do 8x
- Danas istisnuta od strane PCIe, samo na prilično starim pločama



# PCIe magistrala

- Hardver
  - Serijska veza sa PCIe karticama
  - Hot-plug
  - Jednostruka ili višestruka veza ( $1\times$  do  $32\times$ )
  - Više tipova konektora ( $1\times$  do  $32\times$ )
- Upotreba
  - Grafičke kartice
  - SLI (engl. *Scalable Link Interface*, nVidia), odnosno CrossFire (ATI)
  - Još uvek je toku potpuni prelazak sa PCI na PCIe (mrežne kartice, RAID kontroleri)



# ATA (IDE) magistrala

- ATA (engl. *Advanced Technology Attachment*)
- Namenjena uređajima masovne memorije
- Paralelna veza ka uređajima
- 40 ili 80-žilni kabl
- Istisnuta od strane SATA magistrale
- Na starijim pločama još uvek koegzistira sa SATA magistralom

aTa  
Bus



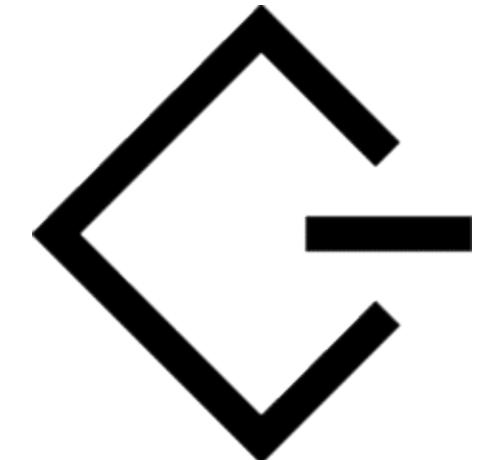
# SATA magistrala

- Serial ATA
- Namenjena uređajima masovne memorije
- Serijska veza ka uređajima
- 7-žilni kabl
- Hot-plug
- Svi novi hard diskovi su za SATA magistralu
- eSATA (engl. *External SATA*)



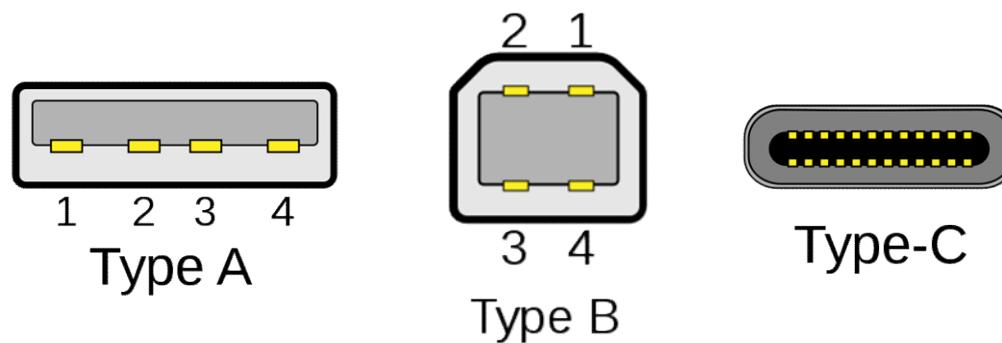
# SCSI magistrala

- SCSI (engl. *Small Computer System Interface*)
- Korišćena za vezu ka brzim diskovima za servere
- 8 i 16-bitna paralelna veza
- Do 8 uređaja na jedan konektor (*chain* )
- Konektori sa 50 do 80 pinova
- SAS (engl. *Serial Attached SCSI*) – omogućava i povezivanje SATA diskova



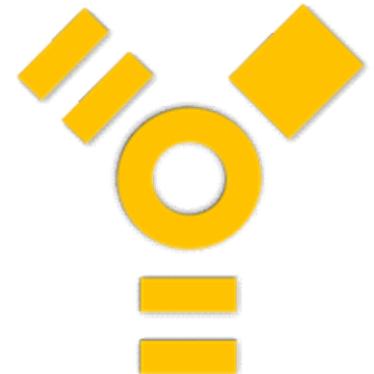
# USB magistrala

- USB (engl. *Universal Serial Bus*)
- Povezivanje relativno sporih uređaja
- Hot-plug
- USB 1.0 uređaji – tastatura, miš, štampač, skener, Flash diskovi, Web kamere, fotoaparati,...
- USB 2.0 – povećanje brzine sa 12 Mb/s na 480Mb/s
- USB 3.0 – preko 3 Gb/s
- Rad na USB 4.0



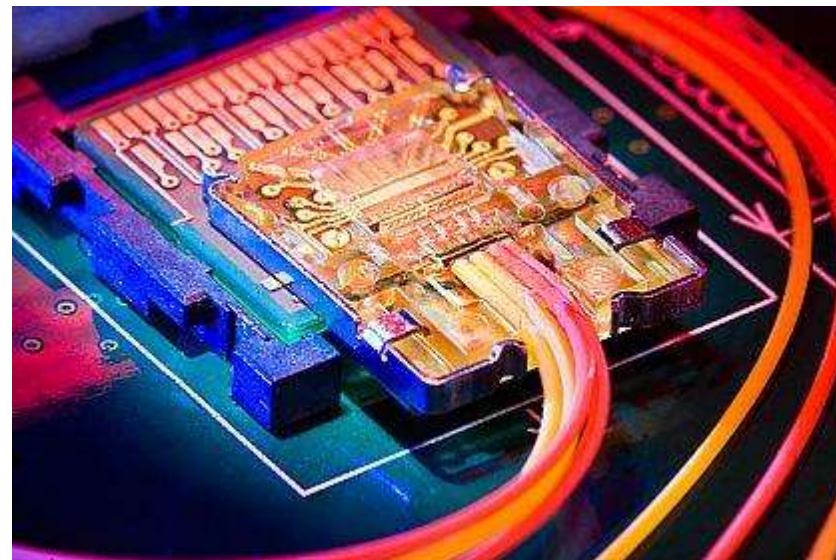
# FireWire magistrala

- Standard IEEE 1394
- Povezivanje brzih periferijskih uređaja
- Serijska veza, 4 i 6-pinski konektori
- Danas uglavnom za video kamere, kamkodere i sl.
- Za ostale upotrebe, istisnuta od strane USB



# Thunderbolt magistrala

- Intel, zamena svih postojećih magistrala (SCSI, SATA, USB, FireWire, PCIe, HDMI)
- Optička veza,  $2 \times 10$  GB/s (moguće 100)
- Uvedena i bakarna varijanta
- Dužina kabla preko 100 m
- Podrška za propuštanje drugih protokola



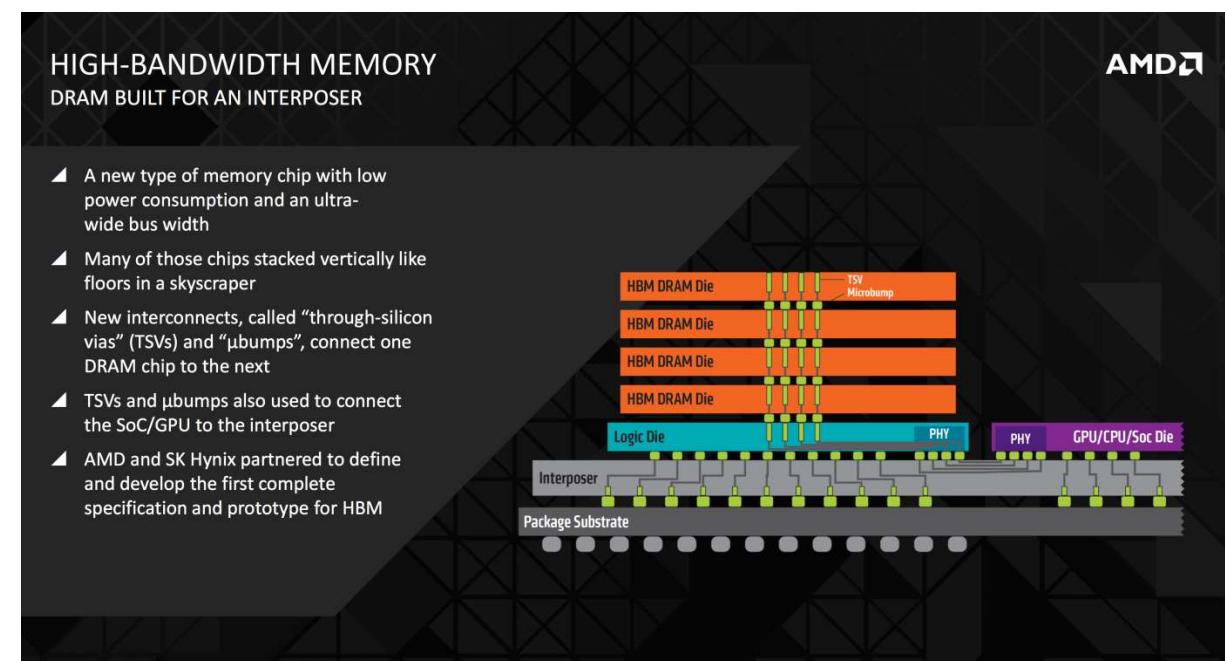
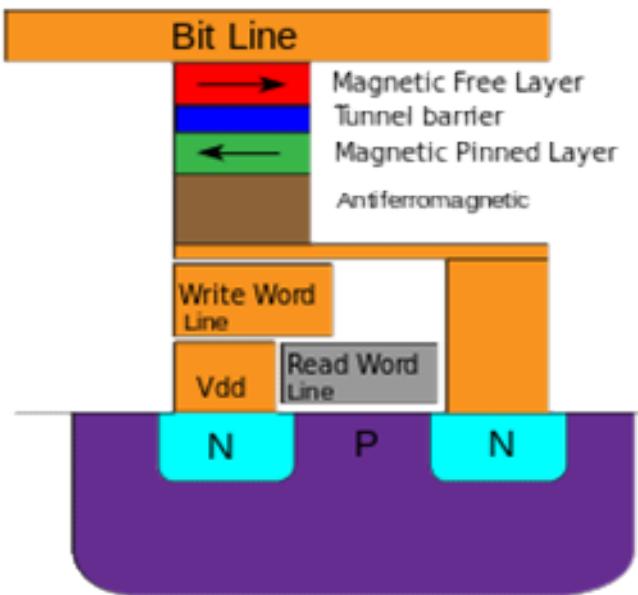
# Radna memorija

- DIMM (engl. *Dual In-Line Memory Module*)
- DDR (engl. *Double Data Rate*) memorija
- 2 operacije u jednom ciklusu takta
- Oznaka modula sadrži brzinu protoka
- DDR2 – poboljšanja u protoku, frekvenciji rada i potrošnji; DDR3, DDR4 – unapređenja
- SODIMM (engl. *Small Outline DIMM*) za laptopove, GDDR5 za grafičke karte



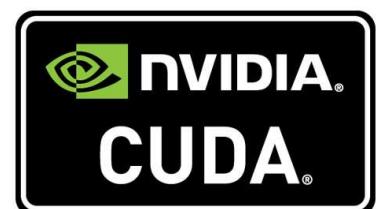
# Radna memorija

- Non-volatile memory (MRAM, F-RAM, ... )
- AMD/Hynix HBM (High Bandwidth Memory)



# Grafički adapter

- PCIe magistrala
- DDR/GDDR memorija, više GB memorije (i do 32 GB)
- Veliki broj jezgara, mogućnost za GPGPU
- CUDA , OpenCL
- Ugradnja grafičkog adaptora u procesor (Intel Core i5 661)



OpenCL

# Kućište

- Osnovni tipovi su desktop i tower
- Tower kućišta: mini, midi i big
- Računari ugrađeni u monitor, tableti
- Ventilacija, pristup komponentama



# Napajanje i hlađenje

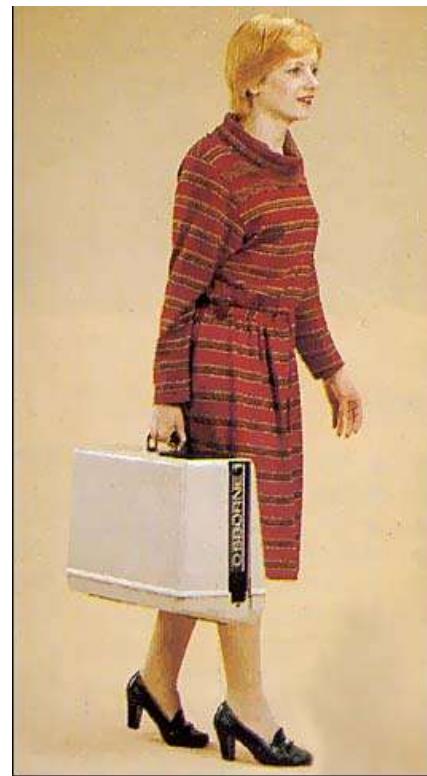
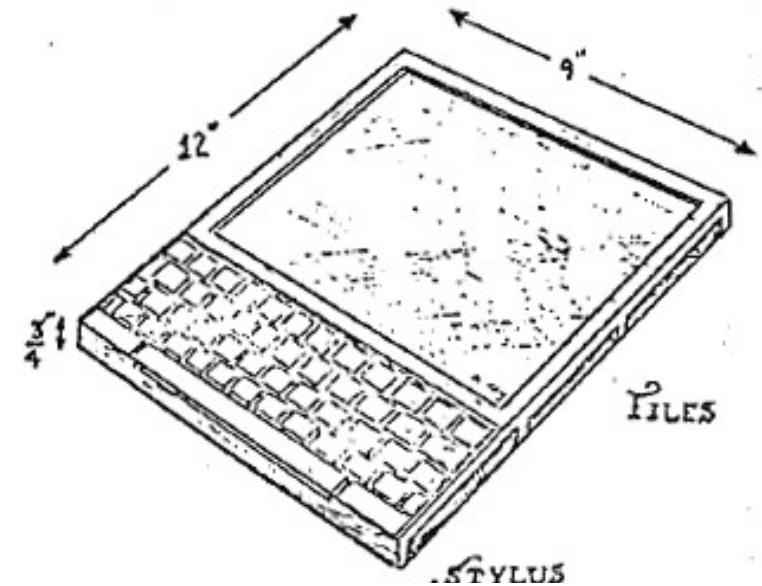
- ATX (engl. *Advanced Technology eXtended*) napajanje
  - Snaga mora biti dovoljna za sve komponente
  - Mogućnost softverske kontrole
- UPS (engl. *Uninterruptible Power Supply*)
- Hlađenje
  - Sve bitnije komponente imaju sopstveno hlađenje (procesor, grafički adapter, vezni čipovi, hard diskovi, ...)
  - Više ventilatora na kućištu za odvođenje i uvođenje vazduha
  - Hlađenje tečnostima

# Prenosni računari

1972. **Alan Kay** objavljuje rad koji opisuje  
**Dynabook**

1975. IBM 5100, 24 kg, AC

1981. Osborne I, 10 kg, AC



# Prenosni računari

## 1981. Epson HX-20

- LCD ekran
- punjiva baterija
- štampač
- kasetna jedinica



## 1981/1982. Dulmont Magnum

- Custom MS DOS



# Prenosni računari

1985. Kaypro 2000

- komercijalni IBM-kompatibilni laptop



1985. Toshiba T1100

- masovno prodavan

# Prenosni računari

1989. Atari Portfolio

- Palmtop PC



1991. Apple PowerBook

# Prenosni računari

I994. IBM RS/6000 N40

- PowerPC, AIX

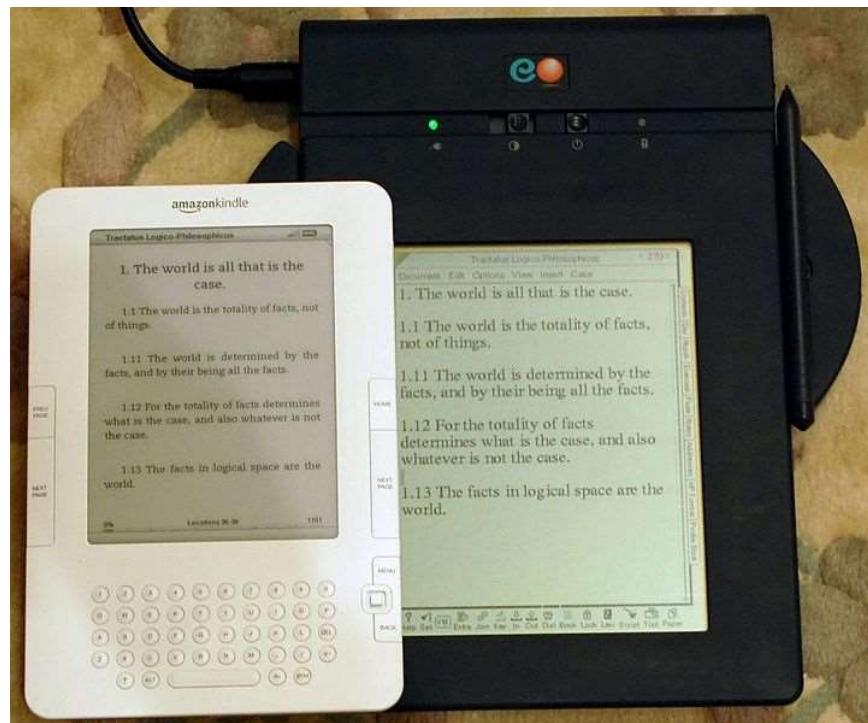


2007. Asus Eee PC netbook

- Prvi uspešan ultra-portable PC

# Prenosni računari

1989. GRiDPad



1991.  
EO Personal Communicator

# Prenosni računari

1993. Apple Newton

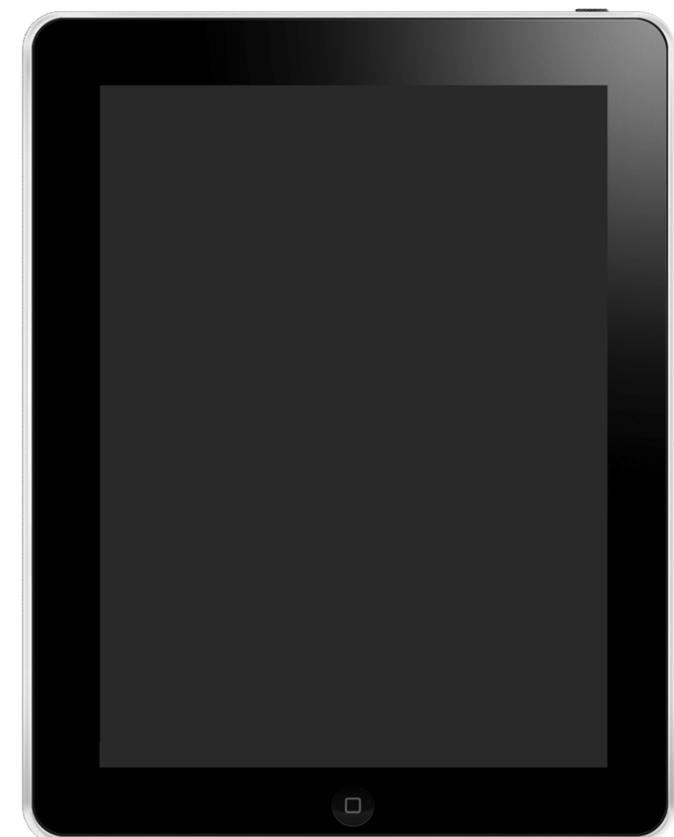
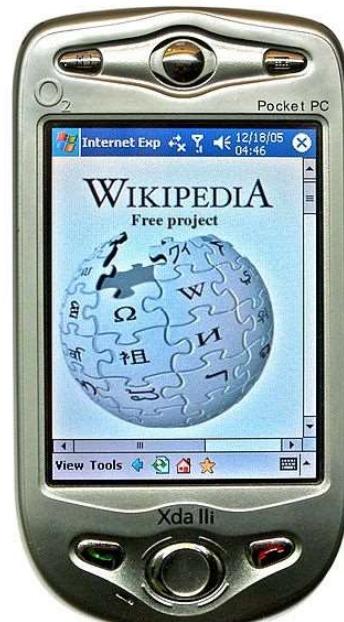


1996. PalmPilot

2000. MS Pocket PC

2007. iPhone (smartphone)

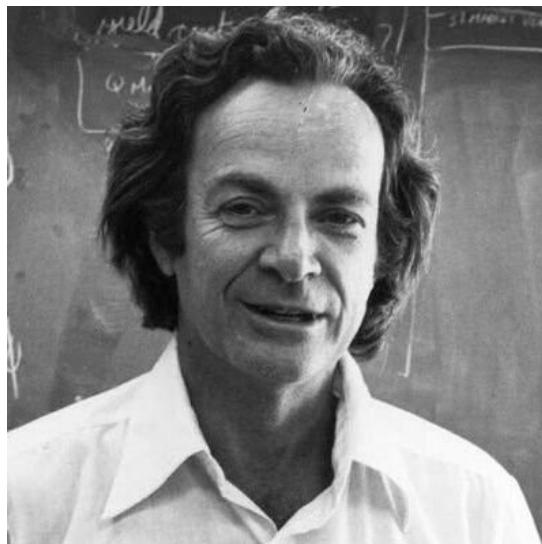
2010. iPad (tablet PC)



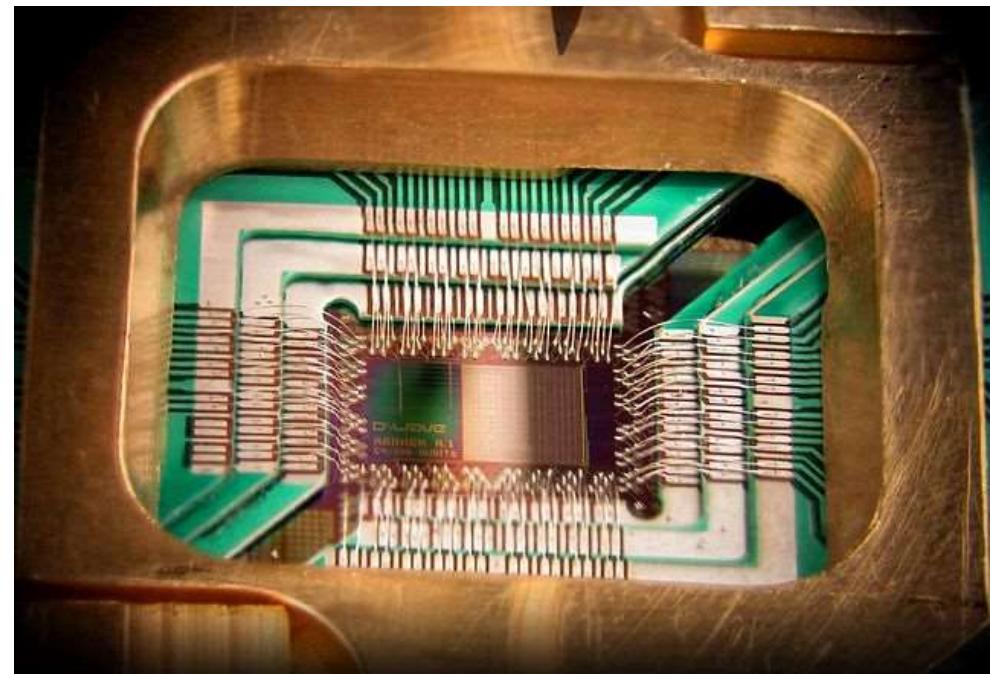
iPad

# Kvantni računari

- 1959. Richard Feynman predavanje “*There's Plenty of Room at the Bottom*” – mogućnost kvantnog računarstva
- Danas u aktivan razvoj uključeni Google, IBM, Intel, D-Wave
- 2017. D-Wave prodaje kvantne računare sa 2000 kjubita (engl. *qubit*)



Richard Feynman  
(1918-1988)



# Kvantni računari

- **Kjubiti** (engl. qubit) se mogu nalaziti u **kvantnim stanjima** 0 i 1, kao i u superpoziciji ovih stanja. Rezultat merenja stanja kjubita je uvek 0 ili 1, ali verovatnoća rezultata zavisi od kvantnog stanja u kome se kjubit nalazio
- **Kvantna logička kola** (Hadamard, Pauli, Toffoli, ...)
- **Šorov algoritam za faktorizaciju**
- **Groverov algoritam traženja**
- Januara 2019. IBM predstavio **komercijalni kvantni računar** – IBM Q System One
- PhD Comics – Quantum Computers Animated:  
<http://phdcomics.com/tv/?v=T2DXrs0OpHU>

