

**Katedra za elektroniku**

# **Uvod u elektroniku**

*Oznaka predmeta: 3OEZ2005*

*Odgovorni nastavnici:*

***Prof. dr Dragan Mančić***

***[dragan.mancic@elfak.ni.ac.rs](mailto:dragan.mancic@elfak.ni.ac.rs)***

***kabinet 120***

***Prof. dr Marko Dimitrijević***

***[marko.dimitrijevic@elfak.ni.ac.rs](mailto:marko.dimitrijevic@elfak.ni.ac.rs)***

***kabinet 321***

***Fond časova aktivne nastave nedeljno: 1+1+0+0+1***

***Broj ESPB: 4***

***Status predmeta: obavezni***

## **Cilj predmeta**

Upoznavanje studenata sa istorijom razvoja, oblastima, elementima i primenama elektronike. Predstavljanje studentima osnovnih metoda analize i sinteze elektronskih kola.

## **Ishod predmeta**

Studenti će naučiti šta je domen elektronike i koje su njene perspektive, savladaće osnovne pojmove i principe u elektronici, moći će da prepoznaju elektronska kola i identifikuju njihove elemente, i steći će elementarna znanja o metodama analize i sinteze elektronskih kola.

## **Osnovna literatura**

- D.Mančić, M.Dimitrijević, *Uvod u elektroniku - predavanja*, Elektronski fakultet Niš, 2021.

## **Dodatna literatura**

1. V.Drndarević, *Elementi elektronike – diode, tranzistori i operacioni pojačavači*, ETF - Akademska misao, Beograd, 2015.
2. V. Litovski, *Osnovi elektronike – teorija, rešeni zadaci i ispitna pitanja*, Akademska misao, Beograd, 2006.
3. A.Sedra, K.Smith, *Microelectronic Circuits*, Oxford University Press, 2009.
4. T.Pešić-Brđanin, B.Blanuša, *Uvod u elektroniku*, Univerzitet u Banjoj Luci i Akademska misao, Beograd, 2018.
5. *Uvod u elektroniku – prezentacija predmeta*, ETF Beograd, FTN Novi sad.

# Uvod u elektroniku – Silabus

1. Istorijat i razvoj elektronike
2. Osnovni pojmovi o električnim signalima (talasni oblik, amplituda, frekvencija, faza, domeni)
3. **Vežba 1 – Karakteristike signala**
4. Definicija poluprovodničkih elementa (elementi elektronskih kola) – diode
5. Definicija poluprovodničkih elementa (elementi elektronskih kola) – tranzistori
6. **Vežba 2 – Karakteristike nelinearnih i poluprovodničkih elemenata**
7. Pojam elektronskog kola, osnovni pojmovi o četvoropolima, model i karakteristike jednostavnog pojačavača (karakteristike, pojačanje, propusni opseg, parametri, koncept povratne sprege)
8. Metodi analize u elektronici - simulacija, verifikacija, testiranje

## **9. Vežba 3 – Osnove SPICE simulatora**

**(I kolokvijum)**

**10. Vežba 4 – Simulacija usmerača u SPICE-u**

**11. Vežba 5 – Simulacija pojačavača u SPICE-u**

**12. Vežba 6 – Simulacija oscilatora u SPICE-u**

**13. Osnovna logička kola, analiza logičkih kola**

**14. Vežba 6 – Simulacija osnovnih logičkih kola u SPICE-u,  
osmobitni sabirač realizovan primenom osnovnih logičkih  
kola – realizacija na FPGA**

**(II kolokvijum, ispit)**

## **Praktična nastava (vežbe, DON)**

Cilj praktične nastave je pružiti studentima osnovna znanja i kroz praktičan rad razviti kod studenata afinitet prema Elektronici.

Studentima će kroz primere biti demonstriran rad elektronskih kola: primena dioda, primena logičkih kola, primena pojačavača i primena mikrokontrolera. Rad predstavljenih kola se komparativno analizira primenom različitih metoda u elektronici na slikovit i intuitivan način - simulacijom i merenjem signala.

## **Metode izvođenja nastave:**

Predavanja;  
Auditivne vežbe;  
Računarske vežbe;  
Konsultacije.

## **Polaganje ispita**

Kolokvijumi: 100 + 100 poena, računa se kao položeni ispit  
Ispit: 100 poena

## **Obaveštenja:**

<http://leda.elfak.ni.ac.rs/education/Uvod%20u%20elek/index.html>

(sajt Laboratorije za projektovanje elektronskih kola)

# Uvod

- Elektronika kao tehnička disciplina je deo elektrotehnike koja se bavi razvojem i proizvodnjom elektronskih komponenti, uređaja i sistema.
- Oblast elektronike se bavi proučavanjem i konstrukcijom elektronskih komponenti kojima se upravlja električnom strujom i naponom, kao i povezivanjem ovih komponenti u složena kola koja obavljaju željenu funkciju.
- Elektronika je svuda oko nas. Elektronika prožima sve oblasti savremene elektrotehnike, i na njoj je zasnovan rad skoro svih elektrotehničkih uređaja i sistema.
- Osnovne komponente savremene elektronike su diode i tranzistori koji se povezuju u diskretna ili integrisana kola. Pored toga, elektronika se bavi i projektovanjem elektronskih kola za određene namene, razvojem algoritama za projektovanje, razvojem i primenom računarske podrške procesu projektovanja, implementacijom elektronskih kola koja realizuju razne metode potrebne u ostalim oblastima elektrotehnike, itd.
- Mada je oblast elektronike stara već oko 100 godina, ona je u toku svoje istorije imala izuzetno dinamičan razvoj, a takva je i danas. Usled razvoja novih tehnologija, stalno se pronalaze novi materijali i konstruišu nove komponente, što u velikoj meri utiče i na promenu postupaka projektovanja.
- Osnovni trendovi njenog razvoja jesu minijaturizacija komponenti i integracija velikog broja komponenti u jedno integrisano kolo. Ovakav razvoj elektronike omogućio je znatno smanjivanje dimenzija elektronskih uređaja, smanjivanje potrošnje energije kojom se ti uređaji napajaju, povećanje brzine rada i povećanje pouzdanosti uređaja.

# 1. Istorijat i razvoj elektronike

Istorija elektronike može se posmatrati kroz sledeće periode:

- **Pre-elektronska era**
- **Proučavanje fizičkih pojava vezanih za elektrone**
- **Elektronske cevi**
- **Poluprovodnici - diode i tranzistori**
- **Integrisana kola, mikroprocesori**

# Pre-elektronska era

## Obuhvata period pre otkrića elektrona

Objašnjene su i matematički opisane najvažnije relacije vezane za električno i magnetno polje.

*Kulonov zakon (1794),*

*Veza elektriciteta i magnetizma – Ersted (1820),*

*Amperov zakon (1820),*

*Omov zakon (1827),*

*Elektromagnetska indukcija – Faradejev zakon (1831),*

*Kirhofovi zakoni (1850),*

*Maksvelove jednačine (1862), ...*



# Proučavanje fizičkih pojava vezanih za elektrone

- Fizičari 19. veka su smatrali da se električna struja sastoji od kretanja naelektrisanih čestica, čija je priroda bila nepoznata.
  - Odgovor na pitanje kako dolazi do protoka struje dobijen je proučavanjem električnog pražnjenja u gasovima i vakuumu – V. Kruks, R. Braun, V. K. Rendgen.
  - **1897** – Dž. Dž. Tompson otkriva **elektron** i određuje njegovu **masu** (Nobelova nagrada za fiziku 1907).
  - **1906** – R. Miliken određuje **naelektrisanje** elektrona (Nobelova nagrada za fiziku 1923).
- 

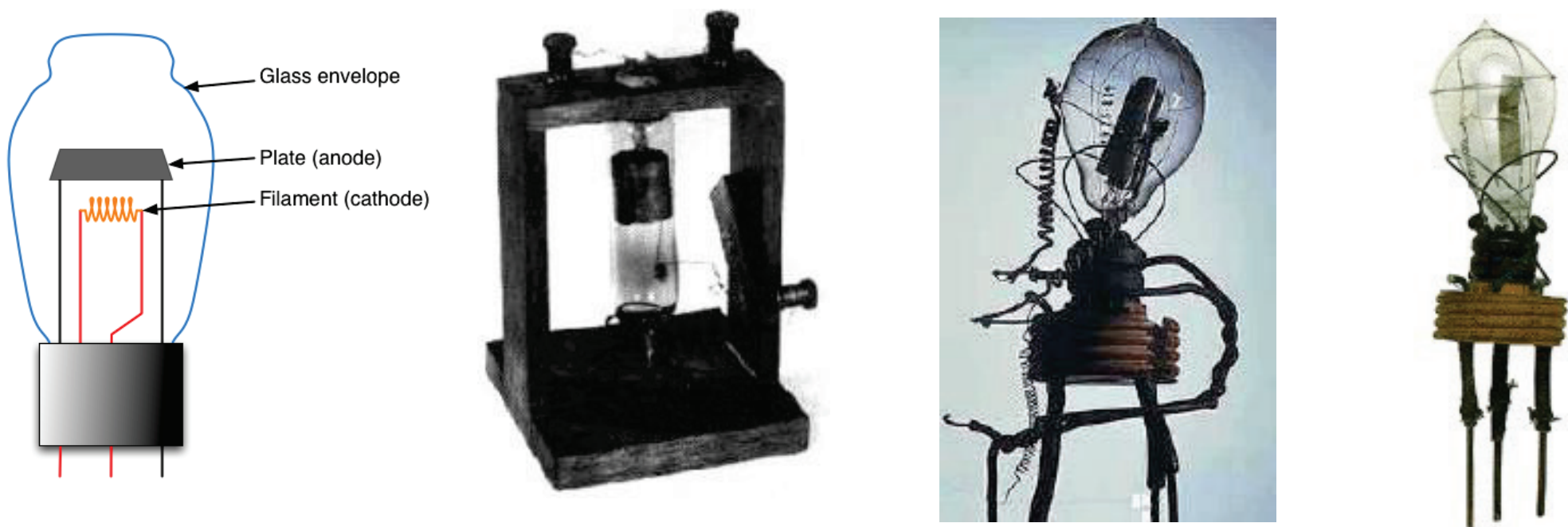
**Nikola Tesla**, 1893 – Bežični prenos pomoću radio talasa

**Mihajlo Pupin**, 1896 – Pupinovi kalemovi (prenos telefonskog signala na velikim rastojanjima)

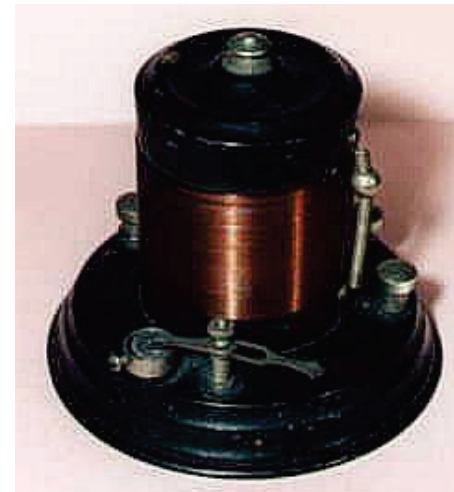
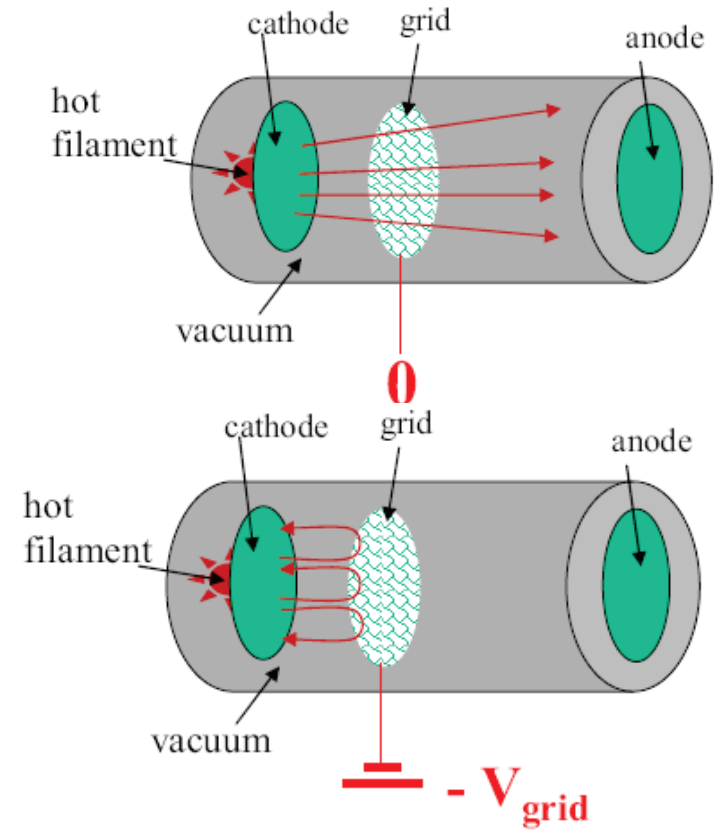
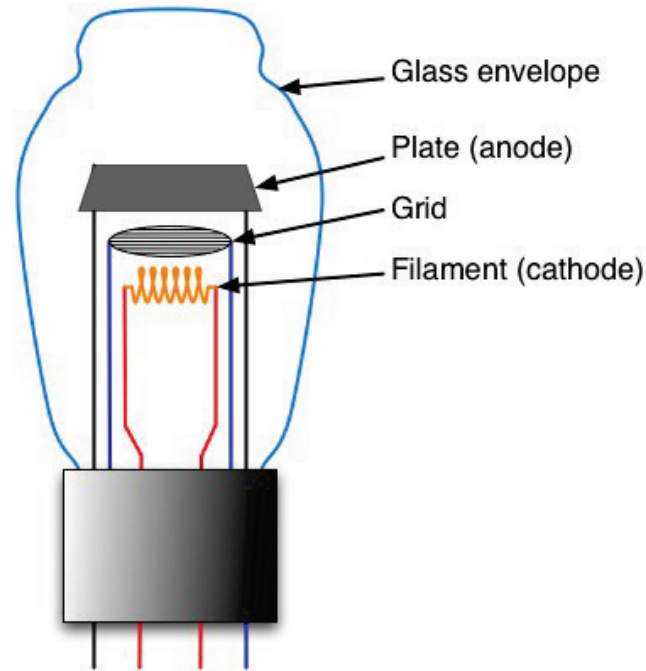
# Elektronske cevi

- **1882** – T. Edison otkriva zračenje u sijalicama sa užarenim vlaknom. Ova istraživanja nastavlja Tompson.
- **1904** – pronalazak vakuumske diode (Dž. A. Fleming) – **počinje era elektronike.**

Iako ih je Tomas Edison već ranije otkrio, odbacio ih je kao beskorisne. Vakuumske cevi predstavljaju prekretnicu u razvoju računara – do tada su računari bili mehanički, izračunavanja su se obavljala pomoću zupčanika i prekidača. Vakuumska cev je služila kao prekidač koji se uključuje i isključuje hiljadama puta brže.



- **1906** – pronalazak triode (Li de Forest). Ona je omogućila pojačanje signala i razvoj radiotehnike i drugih oblika bežičnih komunikacija.



- **1914**— prva elektronska cev sa više kontrolnih elektroda, tetroda (Šotki).

**Elektronske cevi** su se masovno koristile do sredine šezdesetih godina.

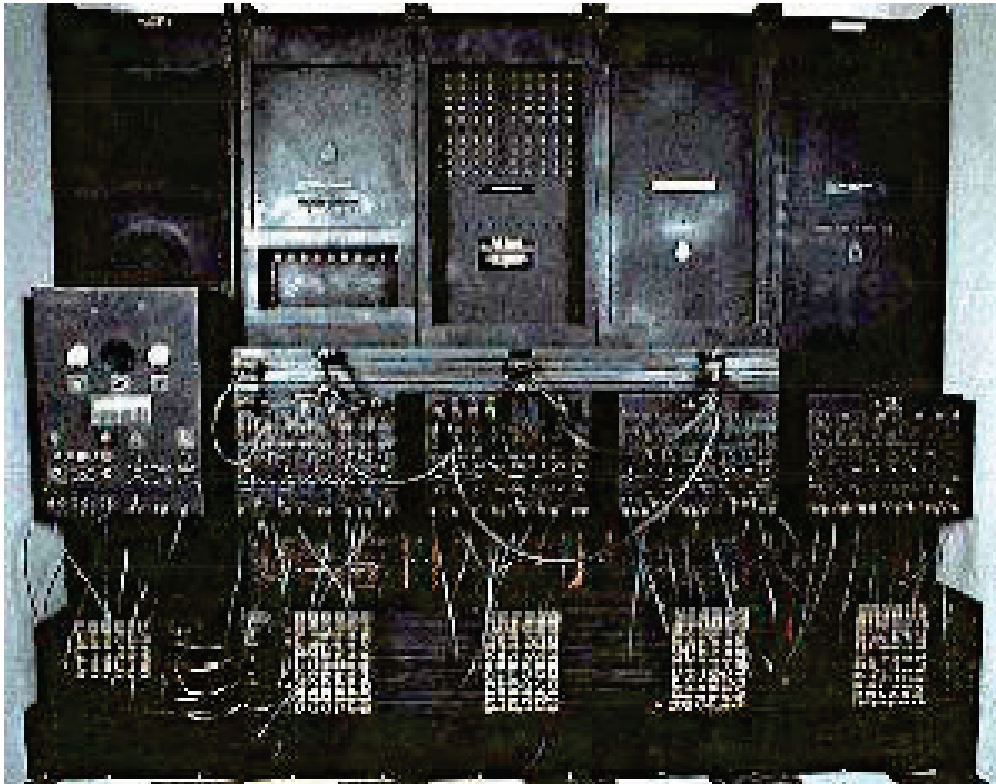
Kao zastarela tehnologija skoro sasvim su izbačene iz upotrebe, a zamenile su ih poluprovodničke elektronske komponente.

Elektronske cevi se danas koriste u realizaciji pojačavača vrlo velike snage (preko 1 kW), a mogu se sresti i u hi-fi audio tehnici.



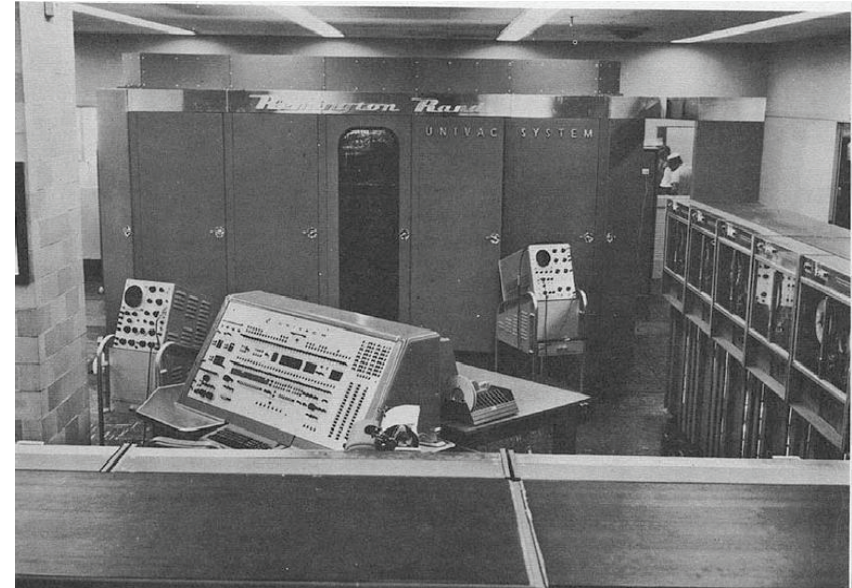
Elektronska cev  
pentoda

## Elektronske cevi u računarima



**1947** – razvijen je prvi elektronski računar ENIAC (17.000 elektronskih cevi,  $5 \cdot 10^6$  ručno napravljenih spojeva).

ENIAC je imao memoriju od svega nekoliko kilobajta (kB), bio je smešten u prostoriju veličine sportske sale, a njegova potrošnja bila je nekoliko desetina kilovata (kW). Današnji komercijalni računari imaju daleko manje dimenzije, hiljadama puta bolje performanse, uz potrošnju električne energije od nekoliko desetina vati. ENIAC je obavljao 5.000 sabiranja u sekundi, težio je 30 tona, bio dugačak 30m i visok 3m.



**1951** – prvi komercijalni elektronski računar (UNIVAC).

**1960** - Realizovan prvi digitalni računar u Srbiji CER-10 u Institutu Vinča.

**1971** - Otvoren računski centar na EF, među prvima na ovim prostorima, glavni računar IBM 1130.

**1983** – otvoren novi RC na EF sa sistemom DPS 6/92 firme Ei-Honeywell.

# Poluprovodničke elektronske komponente

## - diode i tranzistori -

- Diodni efekat (usmeračko svojstvo) kod pojedinih materijala bio je otkriven 1874. god.
- Prva kristalna dioda realizovana je 1906. godine.

Zbog nemogućnosti da se kontroliše struja i ostvari pojačavački efekat napuštena su istraživanja vezana za primenu poluprovodničkih materijala za proizvodnju elektronskih komponenti.

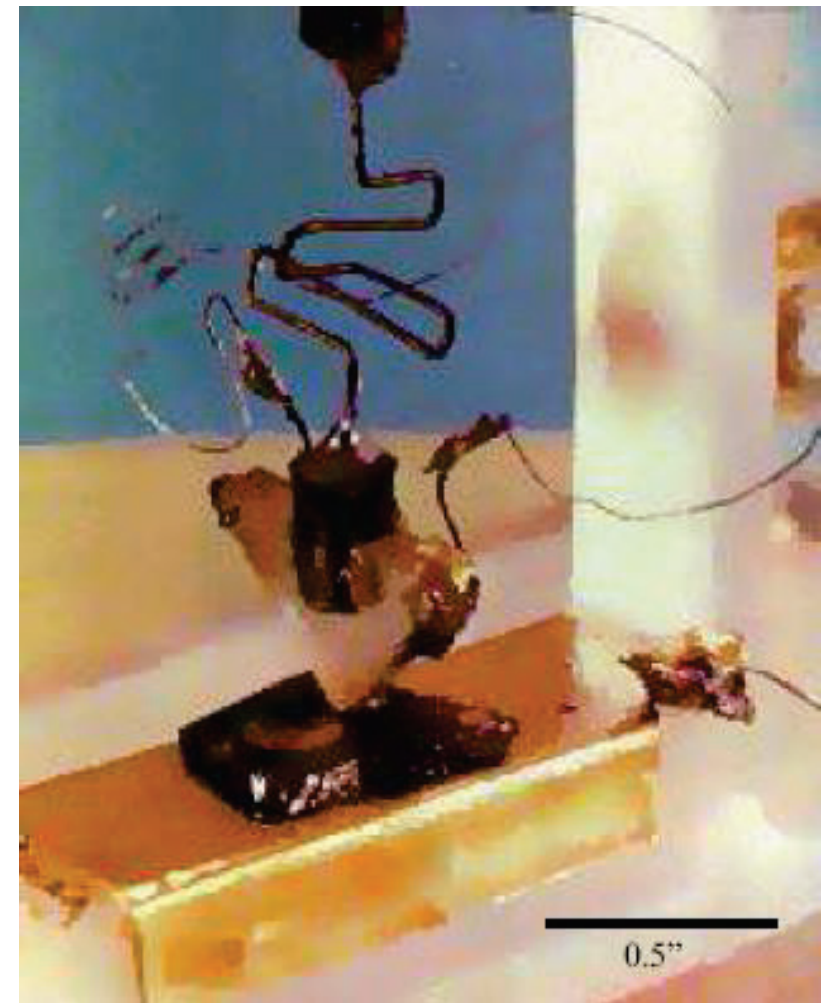
Ponovni interes za proučavanje diodnog i pojačavačkog efekta kod poluprovodničkih materijala javio se tokom II svetskog rata, jer se elektronske cevi nisu mogle koristiti u radarskoj tehnici koja radi u oblasti mikrotalasa (veoma visoke frekvencije).

- **1946.** godine započeta je komercijalna proizvodnja germanijumskih poluprovodničkih dioda.
- **1947-48 – pronalazak dva tipa tranzistora**  
(Belove laboratorije, SAD) – nova era elektronike
  - Tačkasti tranzistor (Bratin i Bardin)
  - Slojni tranzistor (Šokli)

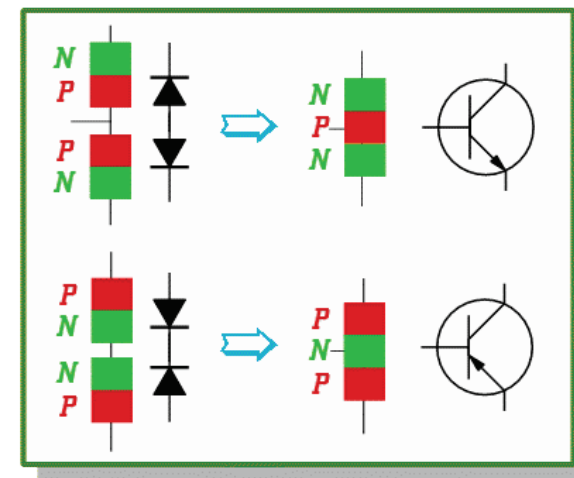
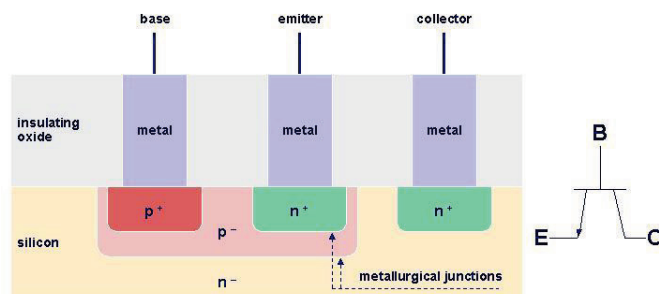
Sva trojica istraživača su dobila Nobelovu nagradu za fiziku 1956. g.

Prvi tranzistori i diode su pravljene od **germanijuma**, ali se kasnije prešlo na izradu od **silicijuma** zbog boljih temperaturnih osobina i jeftinije proizvodnje.



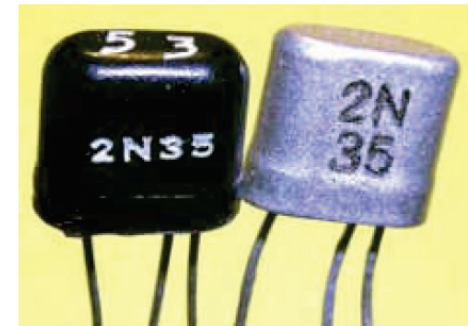


Izgled prvog germanijumskog bipolarnog tranzistora napravljenog 1947. god. u Belovim laboratorijama





Prva komercijalna germanijumska dioda  
(Sylvania 1N34)



Izgled prvih komercijalno raspoloživih  
germanijumskih tranzistora

**1950** - prvi put predstavljen kolor televizor.



**Vrlo važno sa stanovišta primene bipolarnih tranzistora**

THE NEW YORK TIMES MONDAY, JUNE 18, 1950

The New  
*CBS-Columbia*  
Color Television  
Receiver

The Dual Television Set that receives your choice of Color or Black and White broadcasts with the Flick of a Switch

The new CBS-Columbia dual receiver is the first ever designed and manufactured to receive the color television system approved by the Federal Communications Commission for commercial color television broadcasting.

Color television is what you've been waiting for. Unbelievably realistic pictures in color, clear, vibrant color! Now you can see gay scenes and gorgeous settings in all their natural beauty and splendor.

This exciting dual receiver enables you to enjoy not only color television but your favorite black and white programs as well, with the flick of a switch.

The CBS-Columbia dual receiver—described in no larger than an ordinary console type receiver. It has a magnificent hand-rubbed mahogany finish cabinet, big double doors and attractive mountings. It is priced at only \$499.95—... less than you would pay for many sets which receive black and white pictures only.

The CBS-Columbia dual receiver will be available in the late summer, meanwhile, we suggest that you visit a franchised CBS-Columbia Inc. (AKA King) dealer near to arrange for faster delivery so you can be one of the first to enjoy the beauty and skill of color television.

**THE KING**  
*CBS-Columbia Inc.*

*First with Color Television Receivers*

CBS-Columbia Inc.  
Sylvania Ave. 4000 HOBOKEN CO., N.J.  
100-2nd Street, HOBOKEN, N.J.

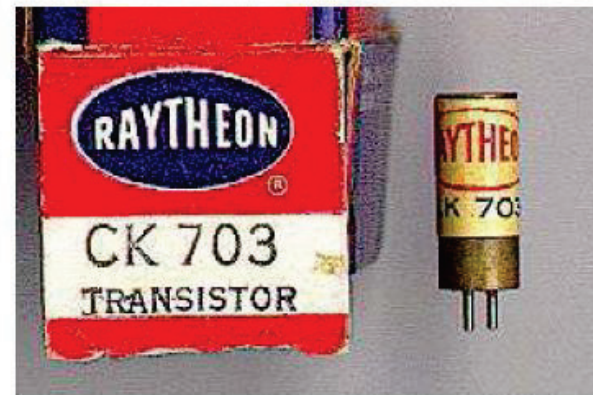


**1954** - Texas Instruments komercijalno proizvodi prvi silicijumski bipolarni tranzistor (cena \$250).

**1956** – *Bratin, Bardin* i *Šokli* dobijaju Nobelovu nagradu za otkriće bipolarnog tranzistora.



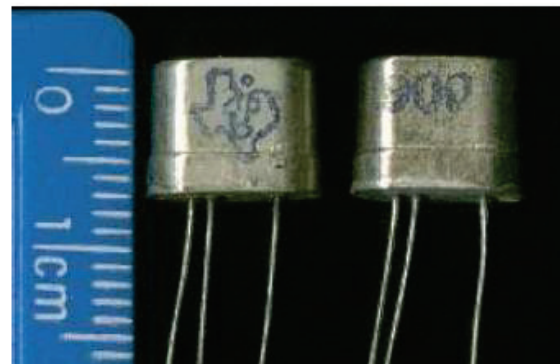
1948- Schockly  
invents the Ge Junction transistor



1949- Raytheon CK703  
1<sup>st</sup> commercial Ge transistor



1953 - Raytheon CK722  
1<sup>st</sup> mass produced Ge transistor



1955 - Texas Instruments 900  
1<sup>st</sup> commercial Si transistor

a new breakthrough

# Integrisana kola - Mikroprocesori

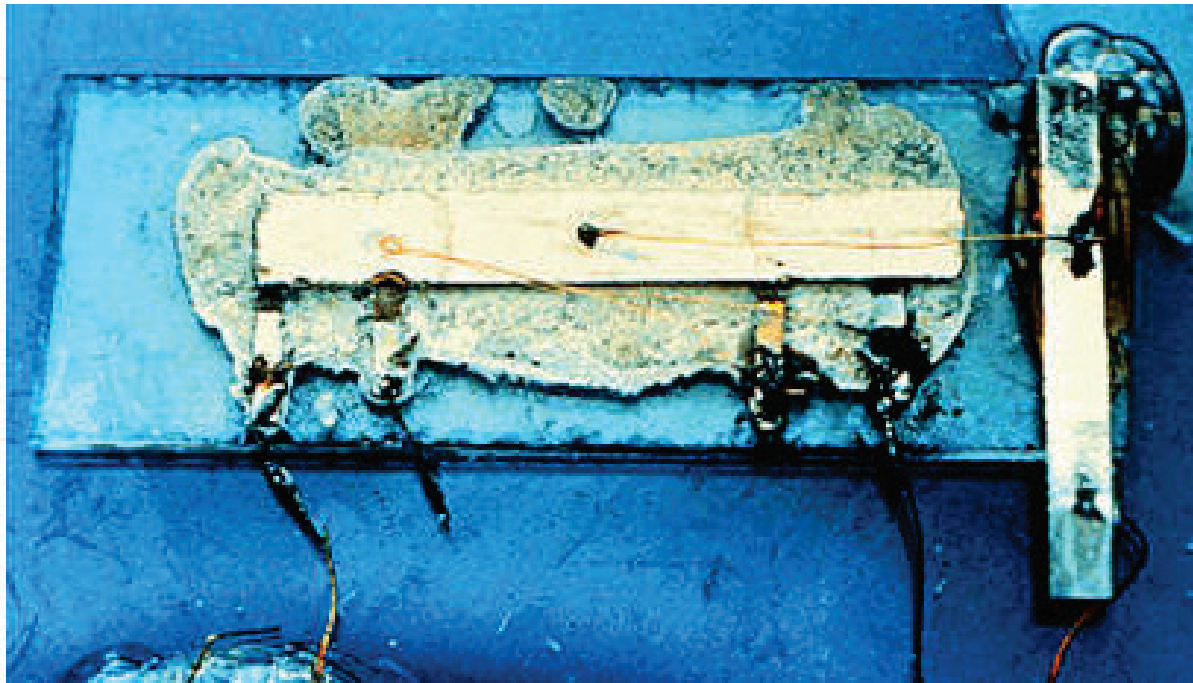
**1958** - napravljeno prvo integrisano kolo, odnosno čip (više dioda, tranzistora i otpornika na pločici od poluprovodničkog materijala) u laboratorijama firmi *Texas Instruments* (Jack S. Kilby) i *Fairchild Instruments* (Robert Noyce).



Jack S. Kilby



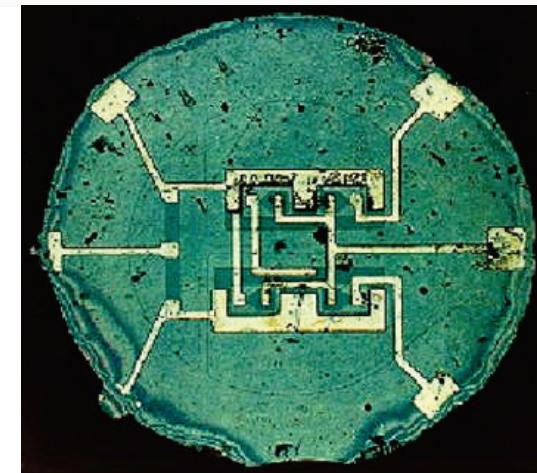
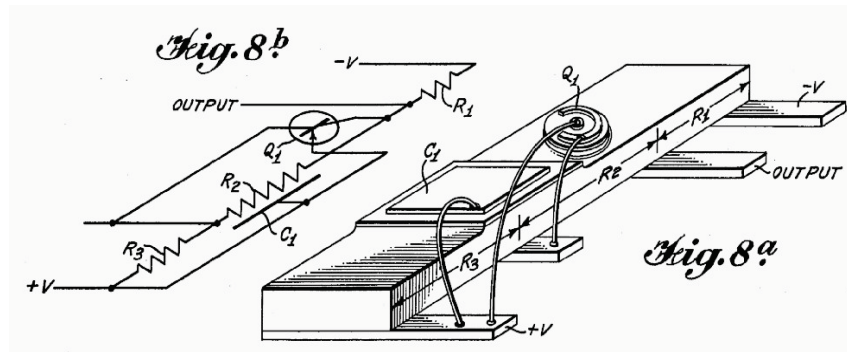
Robert Noyce



Izgled prvog integrisanog kola realizovanog po ideji Dž. Kilbija, 1958. god.

Kilby tek zaposlen u Texas Instruments-u, dobio je zadatak da poveže više tranzistora

**1961** - prvo komercijalno integrisano kolo (*Fairchild Instruments*).

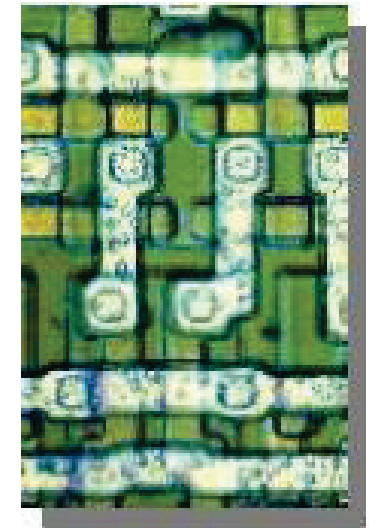
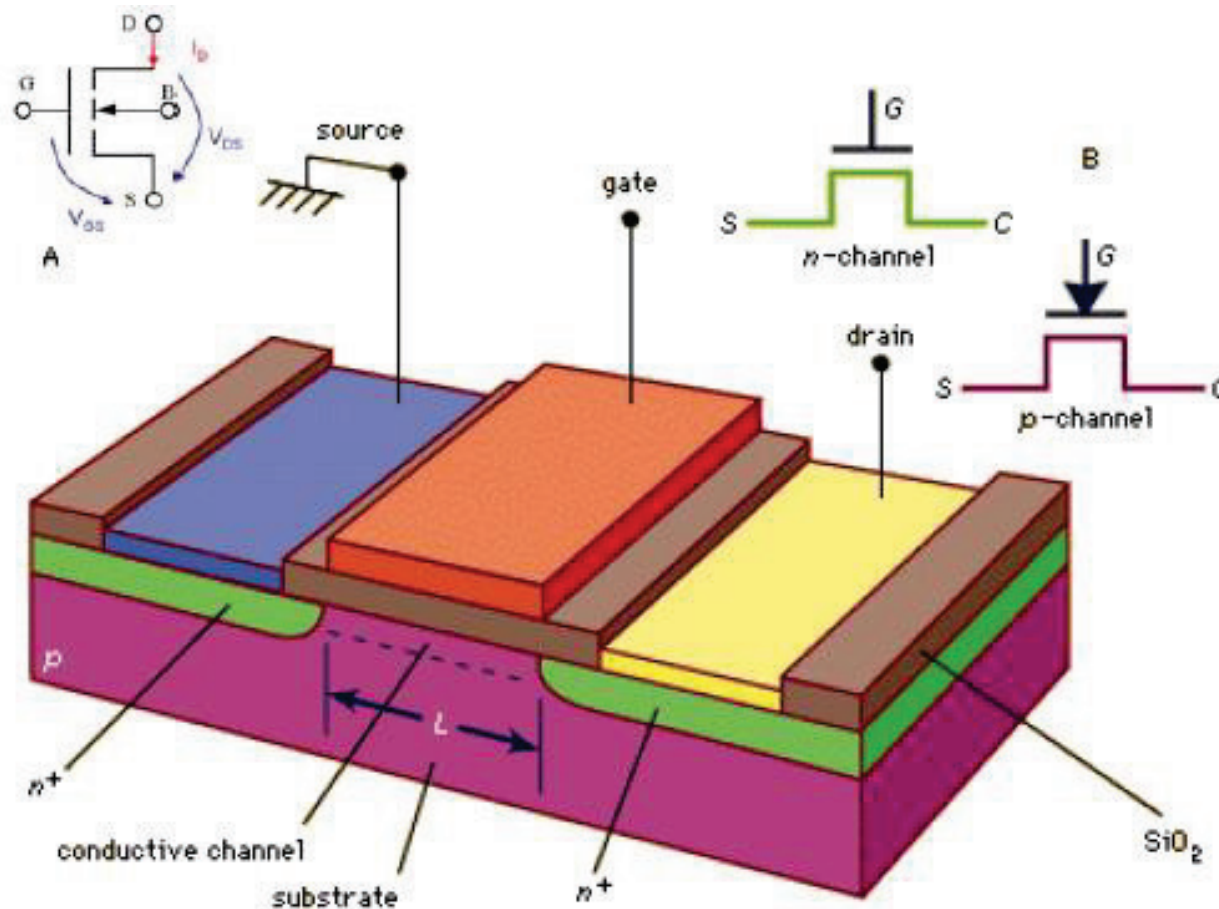


Izgled prvog komercijalno raspoloživog integrisanog kola firme Fairchild koje je obavljalo osnovne logičke funkcije

# Razvoj integrisanih kola

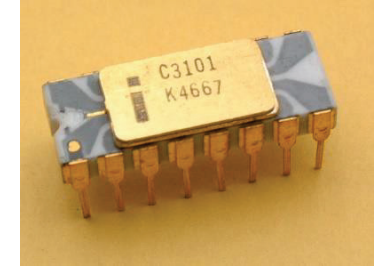
## Nova forma tranzistora: MOSFET

- **1962** – *Steven R. Hofstein & Frederic P. Heiman* su razvili **Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor** - prvi silicijumski MOS tranzistor – osnova savremenih integrisanih kola.



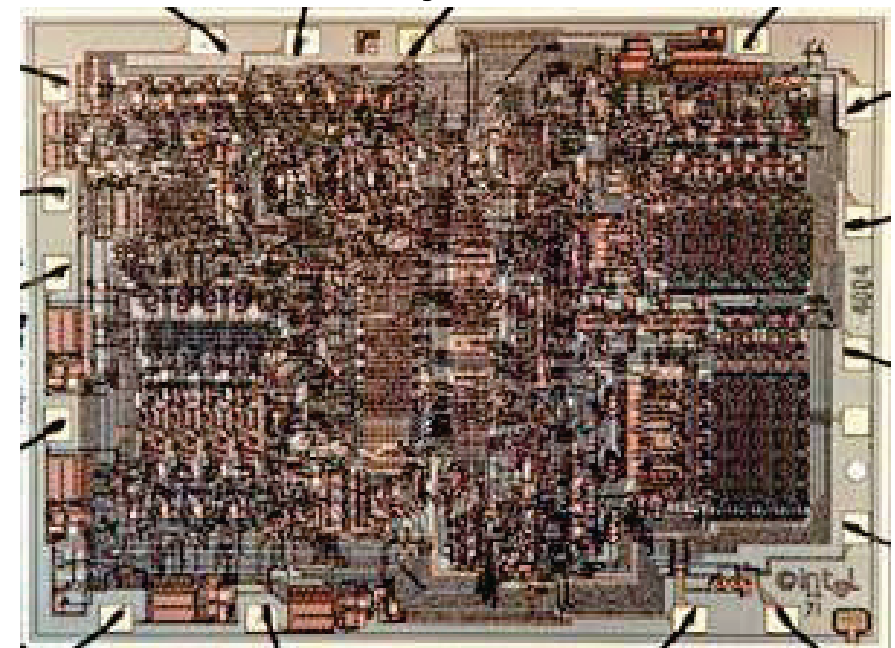
MOSFET vs Bipolarni  
+ jeftiniji  
+ manji  
+ lakše se integriše  
+ manja potrošnja

- **1965** – prvi kalkulator sa MOS tranzistorima.
- **1967** – prva poluprovodnička memorija (RAM) (64 bita).
- **1968** – prvi komercijalni integrisani operacioni pojačavač  $\mu$ A-709 proizveo je *Fairchild Semiconductors*. *Robert Noyce*, *Gordon Moore* i *Andrew Grove* napuštaju *Fairchild Semiconductors* i osnivaju svoju poluprovodničku kompaniju **INTEL**.
- **1970** – prva dinamička memorijska ćelija (IBM).
- **1971** – prvi integrisani 4-bitni mikroprocesor proizveo je Intel (INTEL 4004, oko 2.300 tranzistora, 60.000 operacija u sekundi, 4K programabilnih instrukcija, površina čipa 3x4 mm).

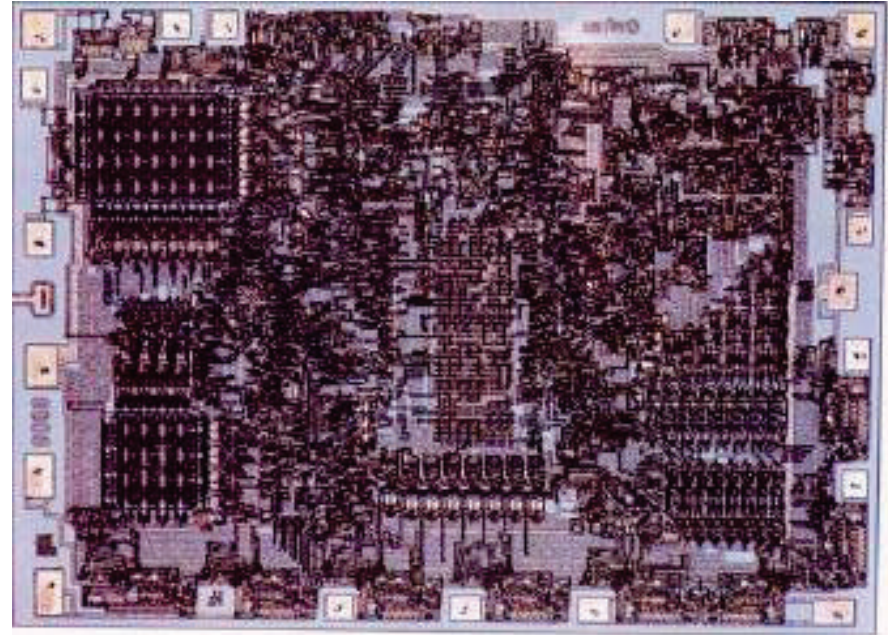
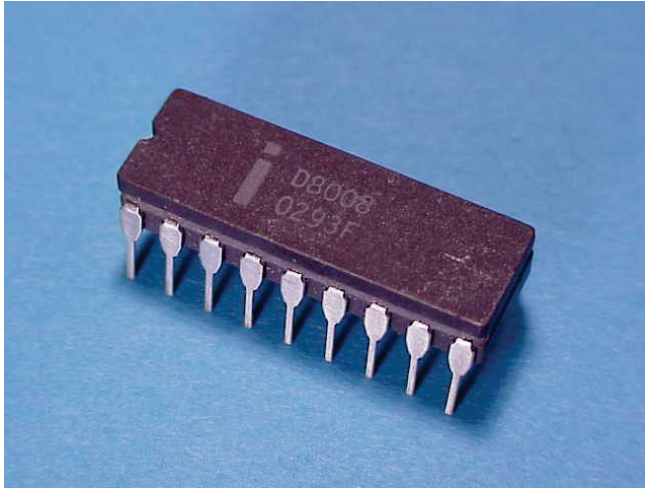


Program (softver) postaje komponenta elektronskog uređaja/sistema.

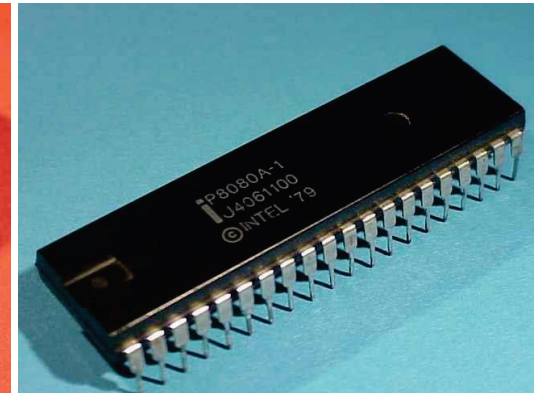
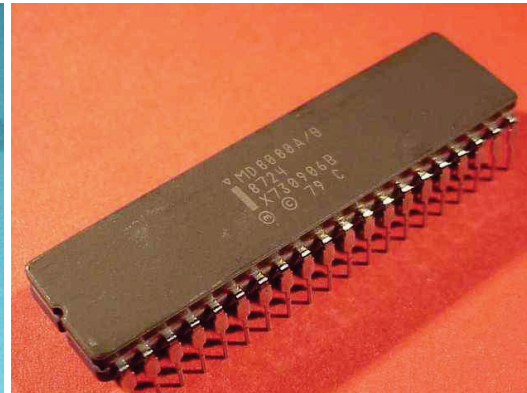
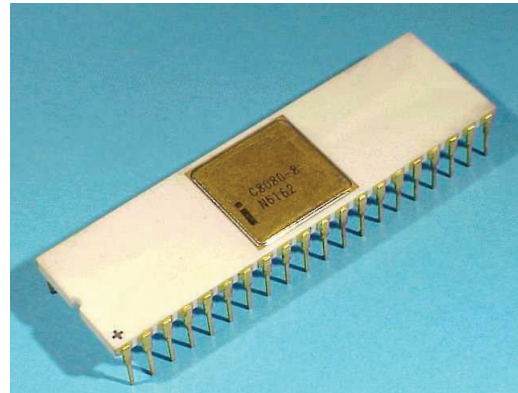
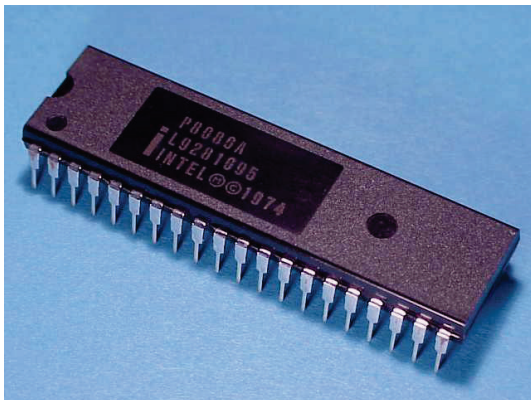
Niipon je naručio od Intela 12 različitih čipova. T. Hof, F. Fagin, S. Mazor uveliko su kasnili sa rokom isporuke i predložili alternativno rešenje, izradu familije od 4 mikročipa, od kojih bi jedan mogao biti naknadno programiran za upotrebu u različitim proizvodima.



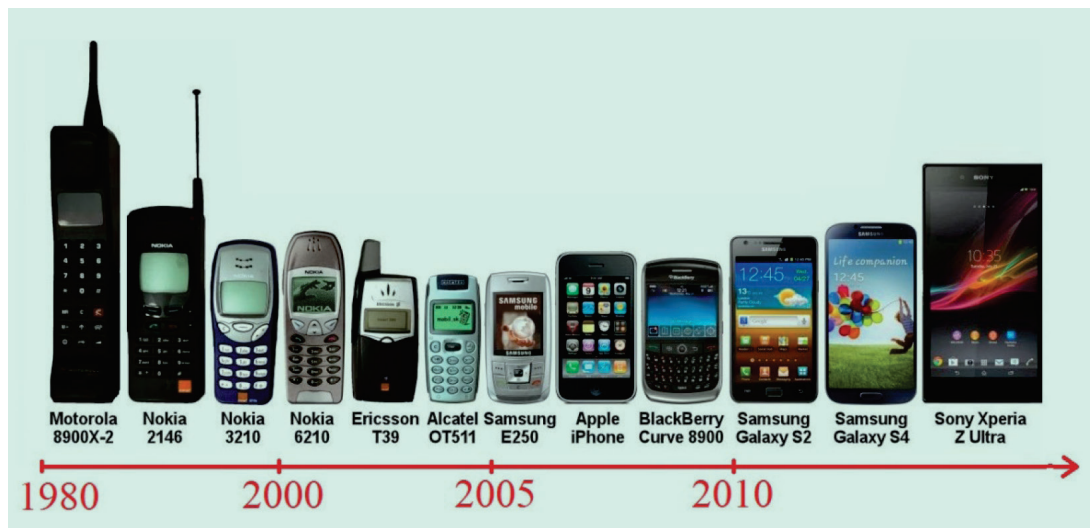
- **1972** – prvi 8-bitni mikroprocesor (Intel 8008, 3.300 tranzistora, takt 0.5 MHz, 30.000 operacija u sekundi, 16K memorije, DIP (siva keramika i tanki pinovi)).



- **1974** – napravljen je 8-bitni mikroprocesor (Intel 8080, 4.500 tranzistora, 64 kB adresnog prostora, 200.000 operacija u sekundi, clock do 3 MHz, 48 instrukcija).



- **1974** – razvijen je prvi komercijalni 1-kilobitni memorijski čip.
- **1976** – prvi mikrokontroler u automobilu (General Motors).
- **1978** – prvi 16-bitni mikroprocesor (Intel 8086).
- **1981** – prvi IBM PC XT.
- **1984** – proizvedena je prva 1 Mb memorija (čip).
- **1995** – prva eksperimentalna 1 Gb memorija.
- **1985** – prvi 32-bitni procesor (Intel 80386).
- **1989** – Intel 80486, 1.2 miliona tranzistora.
- **1993** – Intel Pentium I.
- **1996** – Elektronika u automobilu.
- **2000** – Neverovatan rast mobilne telefonije u svetu.
- **2006** – Prvi procesor sa 2 jezgra (Pentium Dual-Core).



Prvi komercijalni mobilni telefon (1983, Motorola DynaTAC, \$4000). Uz neuporedivo lošije performanse u odnosu na današnje, bio je duži od 20 cm i težine skoro 1 kg, a baterija mu je trajala pola sata

# Stepen integracije

Stepen integracije se odnosi na broj tranzistora u jednom integrisanom kolu.

Godina	Stepen integracije	Broj komponenata
1950	Diskretne komponente	1 - 2
1960	SSI – Kola malog stepena integracije (standardna logička kola i flip flopovi)	do 100 komponenata
1966	MSI – Kola srednjeg stepena integracije (složenija kombinaciona i sekvencijalna kola)	100 – 1000 komponenata
1969	LSI – Kola velikog stepena integracije (složeniji specijalizovani digitalni sistemi)	1000 - 10000
1975	VLSI – Kola vrlo velikog stepena integracije (složeni digitalni sistemi, mikroprocesori, memorije. Najkompleksnija savremena digitalna VLSI kola sadrže oko 125 000 000 komponenata)	$10^4 - 10^9$
1990	ULSI – Ultra visoki stepen integracije	$> 10^9$

SSI -	Small Scale Integration
MSI -	Medium Scale Integration
LSI -	Large Scale Integration
VLSI -	Very Large Scale Integration
ULSI -	Ultra Large Scale Integration

Year	Process	Chip Size (mm)	Features (microns)	Wafer (mm)	Sample IC	Clock	Metal Layers
1958	Planar	—	100	—	First IC	—	—
1961	—	1.5 × 1.5	25	25	First silicon IC	—	—
1966	—	1.5 × 1.5	12	25	SSI	—	—
1971	pMOS	2.5 × 2.5	10	50	i4004	0.74 MHz	1
1975	pMOS	5 × 5	8	75	i8080	2 MHz	1
1978	nMOS	5 × 5	5	75	Z-80	4 MHz	1
1982	HMOS	9 × 9	3	100	i8088	8 MHz	1
1985	HMOS	12 × 12	1.50	125	i286	10 MHz	2
1990	HCMOS	12 × 12	0.80	150	MC68040	25 MHz	3
1995	CMOS	12 × 12	0.50	150	Pentium	100 MHz	4
2000	CMOS	15 × 15	0.25	200	Pentium-III	1 GHz	6
2001	CMOS	15 × 15	0.18	300	Pentium-4	1.5 GHz	7
2005	CMOS	22 × 22	0.10	300	—	4 GHz	8
2010	CMOS	25 × 25	0.06	300	—	10 GHz	9
2015	CMOS	28 × 28	0.03	450	—	25 GHz	10

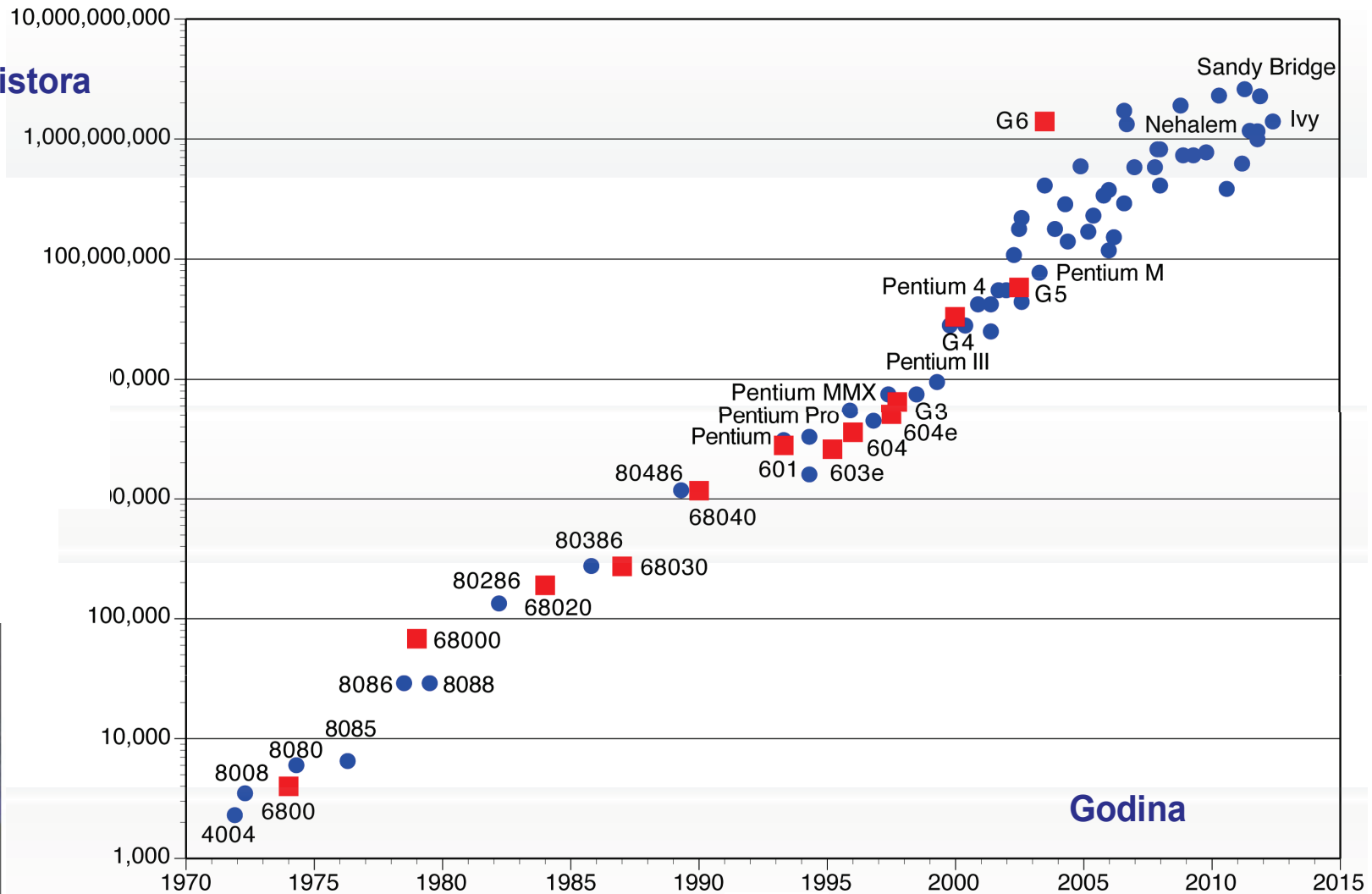


## Murov zakon:

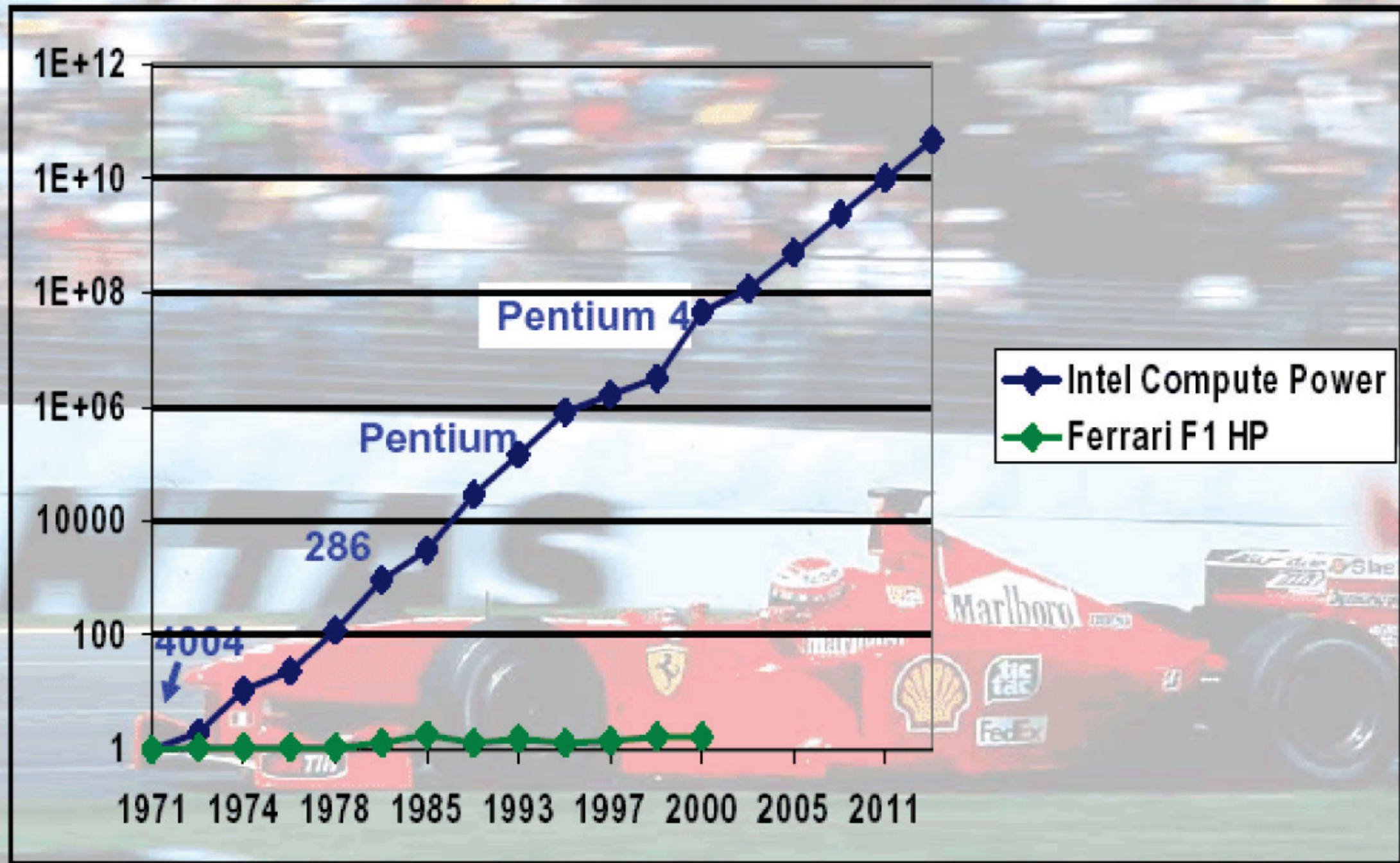
U proteklom periodu od preko 40 godina, tehnologija integrisanih kola napredovala je prema maksimi "manje, jeftinije, bolje", dosta dobro prateći u celom periodu poznati zakon *G. E. Moore-a*. Ovaj zakon kaže da broj elementarnih komponenata (tranzistora) u integrisanom kolu raste eksponencijalno dok se njihove minimalne dimenzije, takođe, eksponencijalno smanjuju.

Moore je predvideo: "Broj tranzistora na čipu se udvostručava svake 2 godine (geometrijska progresija)".

### Broj tranzistora u čipu



# IC technology vs Ferrari F1



# Trendovi u razvoju elektronike

- Smanjenje dimenzija tranzistora.
- Povećanje površine čipova.
- Smanjenje potrošnje elektronskih komponenti.
- Povećanje performansi elektronskih sistema.
- Nove tehnologije izrade tranzistora (**novi poluprovodnički materijali**, organske materije, molekularni elementi, optičke tehnologije, ...).
- Pronalazak novih elektronskih kola koja će nadoknaditi usporavanje tehnološkog napretka.
- Koncentrisanje proizvodnje integrisanih kola u mali broj centara, uz istovremeno širenje mreže centara za projektovanje.



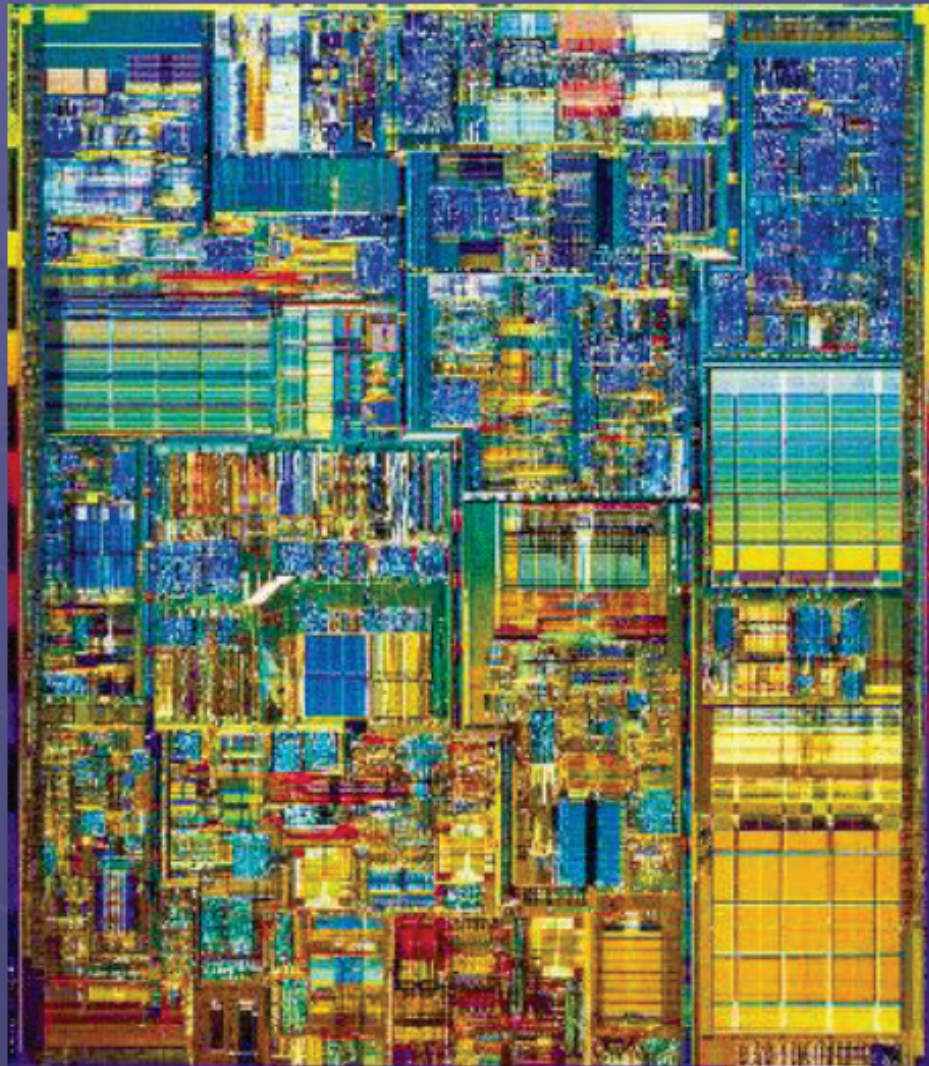
7-ma generacija Intel procesora

6 jezgara  
12 MB keš memorija  
3.7 GHz 95 W  
2011 kontakata

## Novi poluprovodnički materijali

GaAs – galijum arsenid  
SiC – silicijum karbid  
GaN – galijum nitrid

# Intel Pentium IV

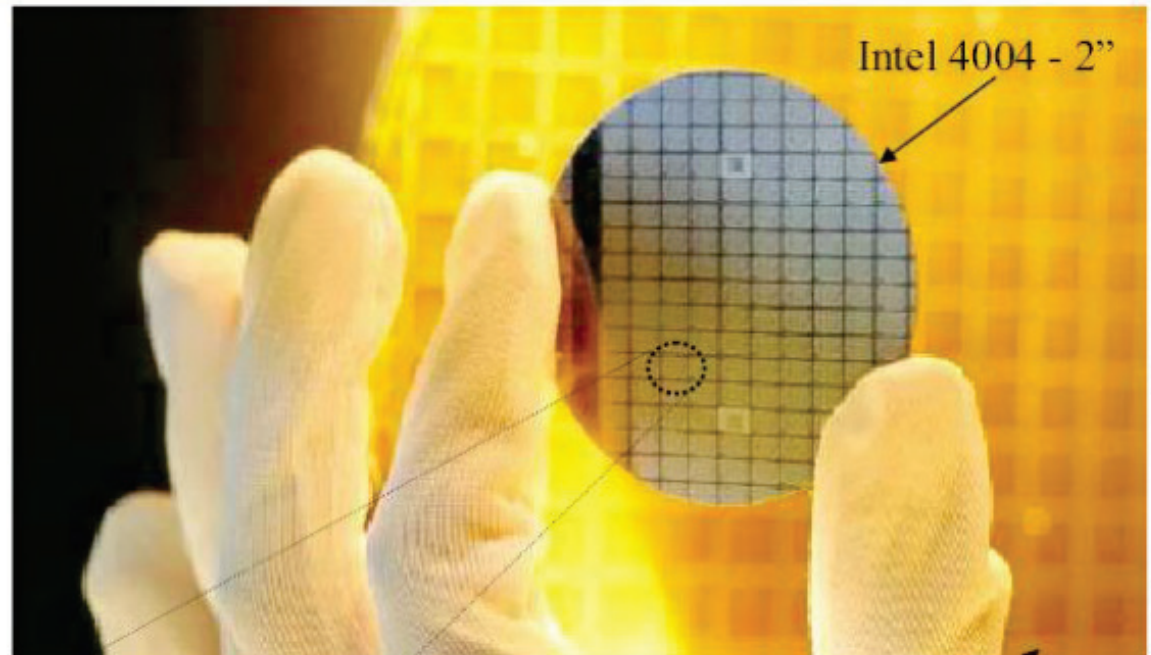


- lansiran **2001**
- 42 miliona komponenti
- 2 GHz brzina
- ima oko 2 km interkonekcija

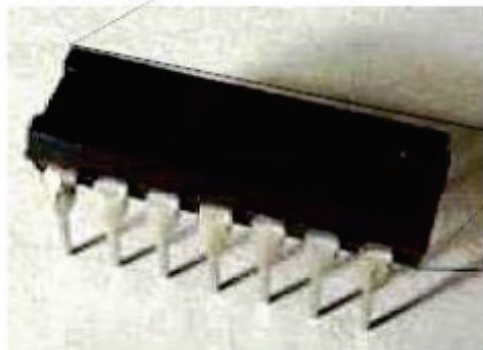
# IK – srce jednog računara

**integrated circuits**

heart of the computer



today's wafers-12''



packaged chip



modern pc

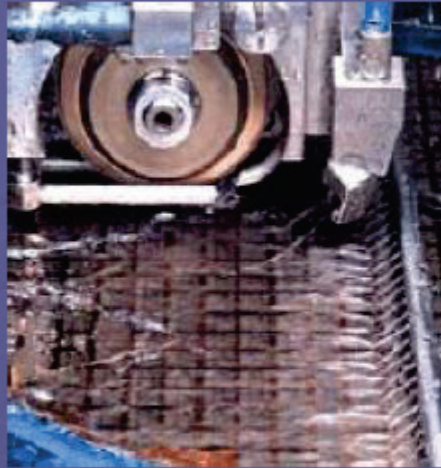
# Poslednjih desetak godina svedoci smo velikog i ubrzanog razvoja elektronike



- Sve počinje od komada monokristalnog silicijuma visoke čistoće sa jednim atomom nečistoća na svakih deset miliona atoma silicijuma

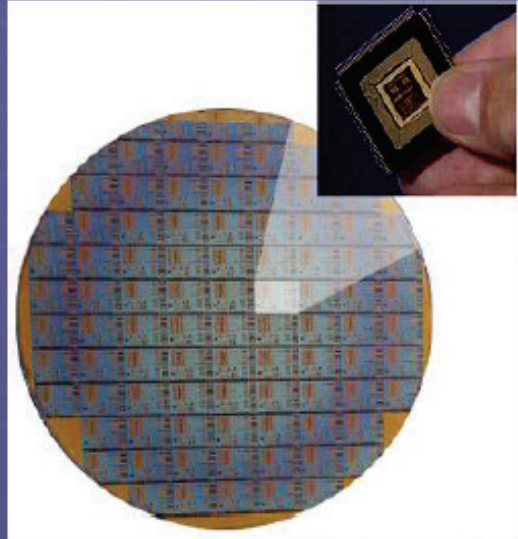


# Od monokristala do *wafer*-a

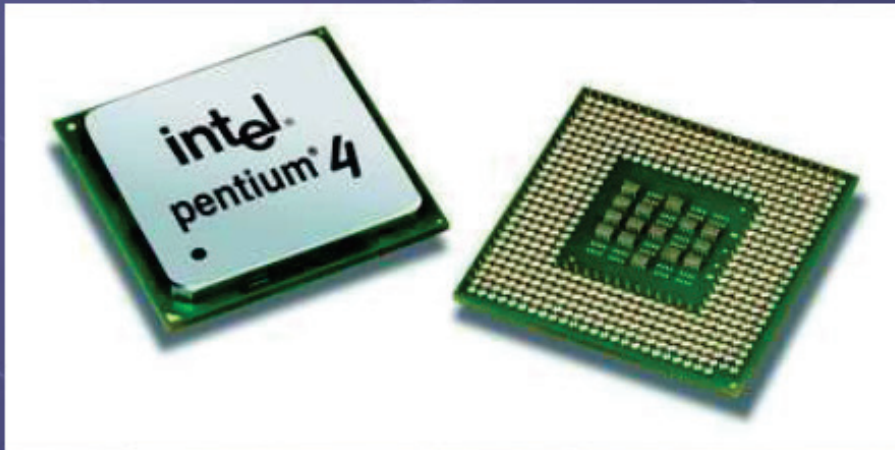


- Sečenjem monokristala dobijaju se pločice (*wafer*-i) debljine od 250  $\mu\text{m}$  do 1 mm
- Prečnik wafer-a od 7,6 cm do 30 cm
- Na ovim pločama, tokom procesa fabrikacije, prave se uporedo stotine, pa i hiljade integrisanih kola, koja se posle sečenjem odvajaju

# Kućište, električni kontakti i provera



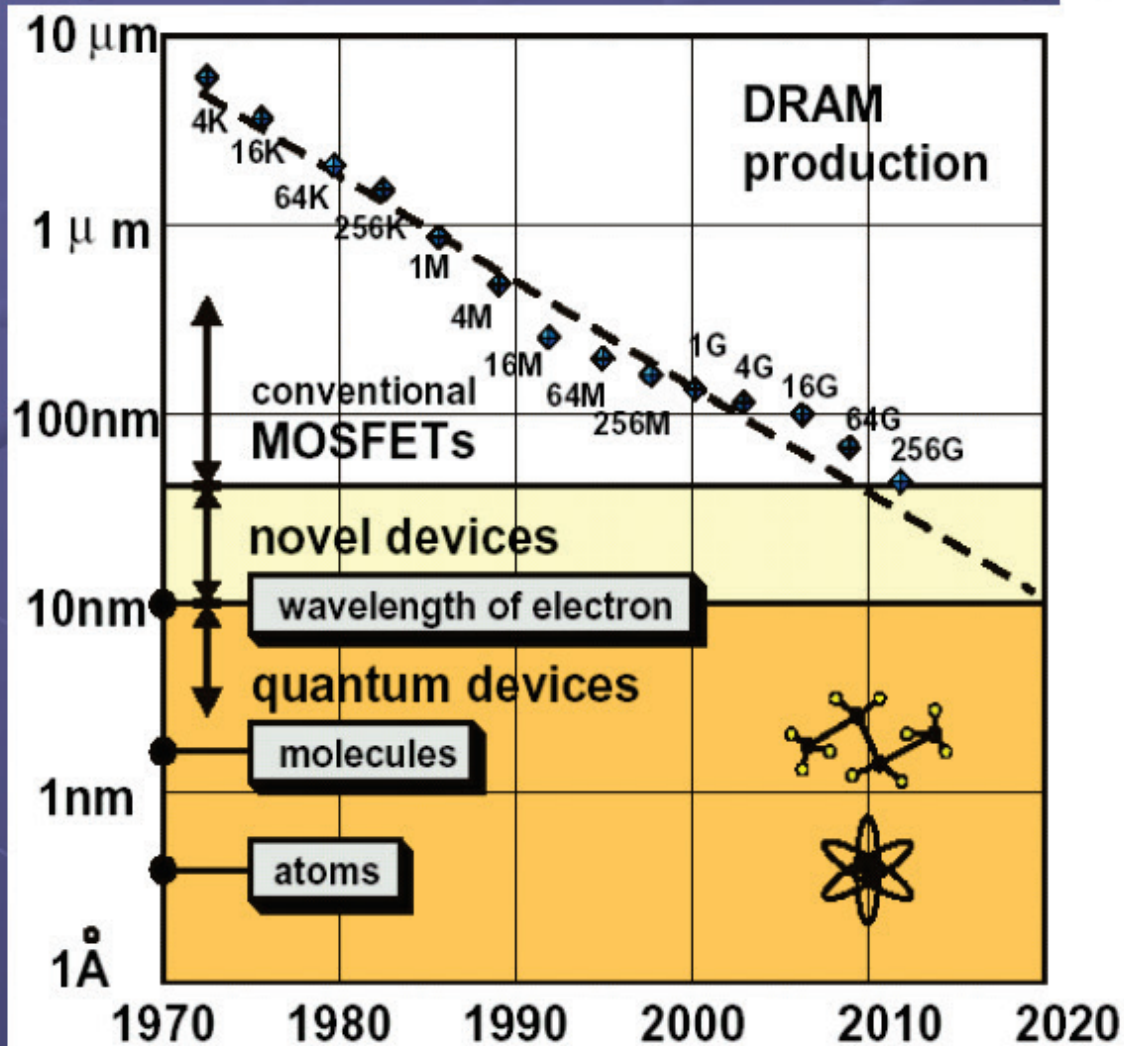
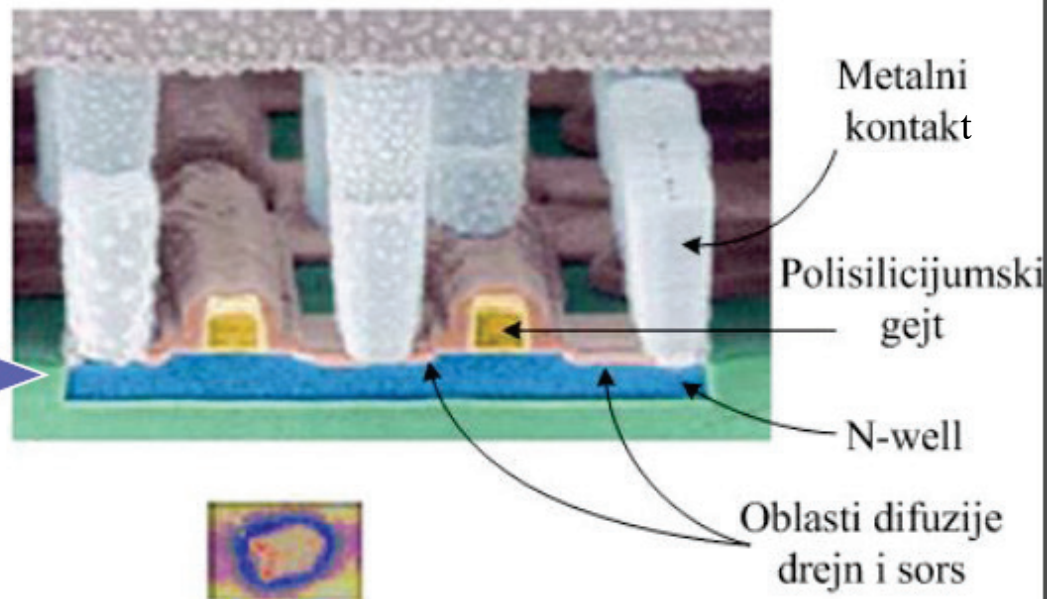
- Nakon proizvodnje i sečenja sledi postavljenje čipa u odgovarajuće plastično kućište i izvođenje električnih kontakata
- Posle zatvaranja plastičnog kućišta kolo se podvrgava električnoj proveri nakon čega je spremno za korišćenje





# Elektronika - danas

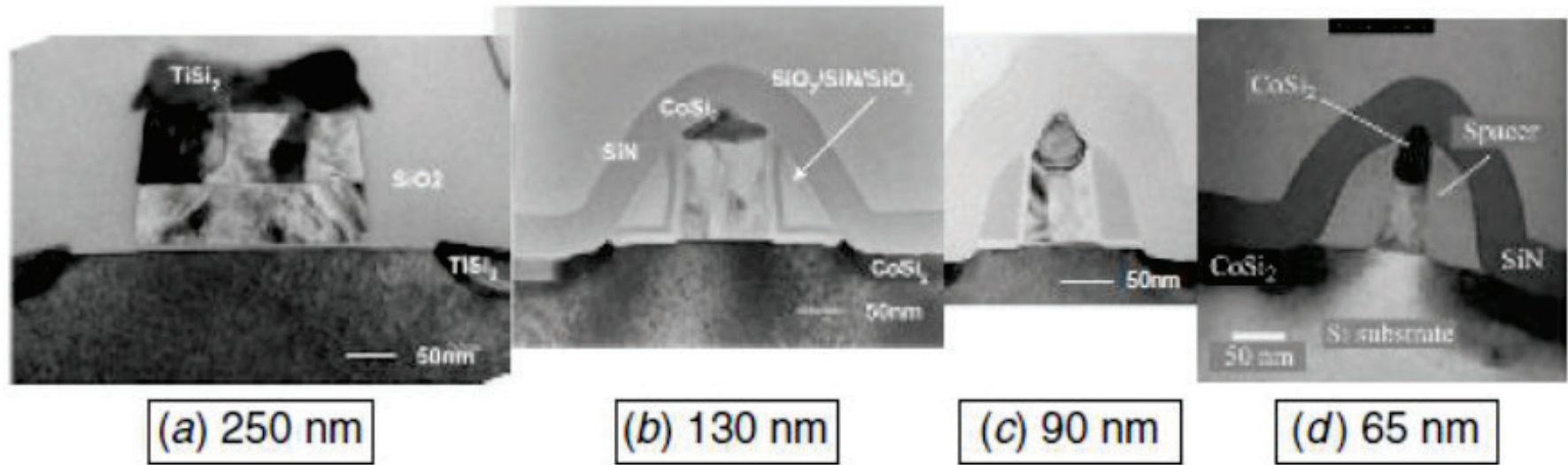
- dva MOSFET-a načinjena u 180 nm tehnologiji (dužina kanala  $\lambda \cong 90$  nm)



- MOSFET u 130nm tehnologiji



# Elektronika - danas



# Elektronika budućnosti - nanoelektronika

Nanotehnologija – ključna  
reč 21. veka



# Povod za razmatranje



Ako zadate ključnu reč  
“*nanotechnology*” rezultat je preko  
23.900.000 pronađenih tema

Nanotehnologija je na putu da  
postane PRVO tržište vrednosti  
trilion dolara



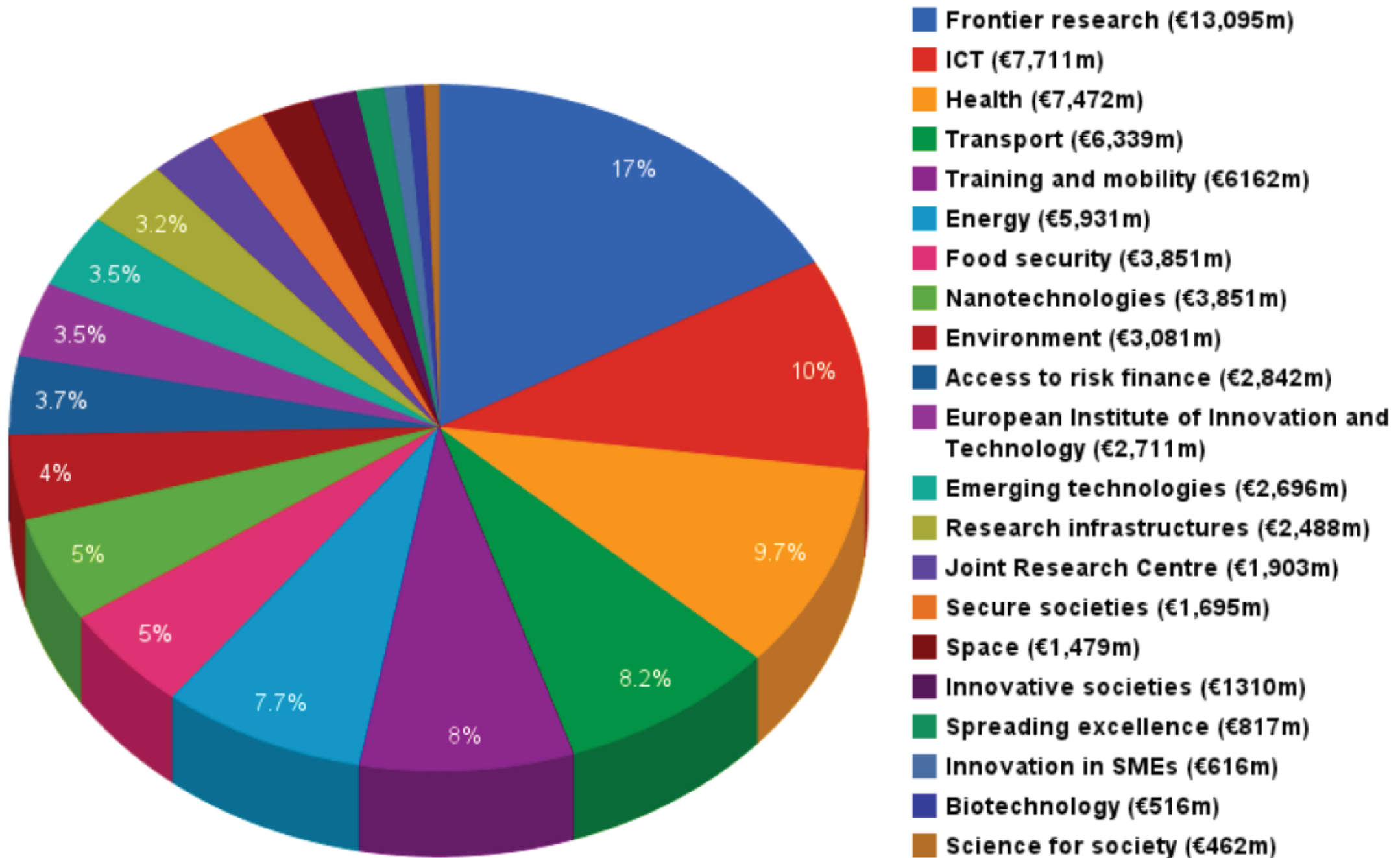
ZnO čestice  
nanodimenzija

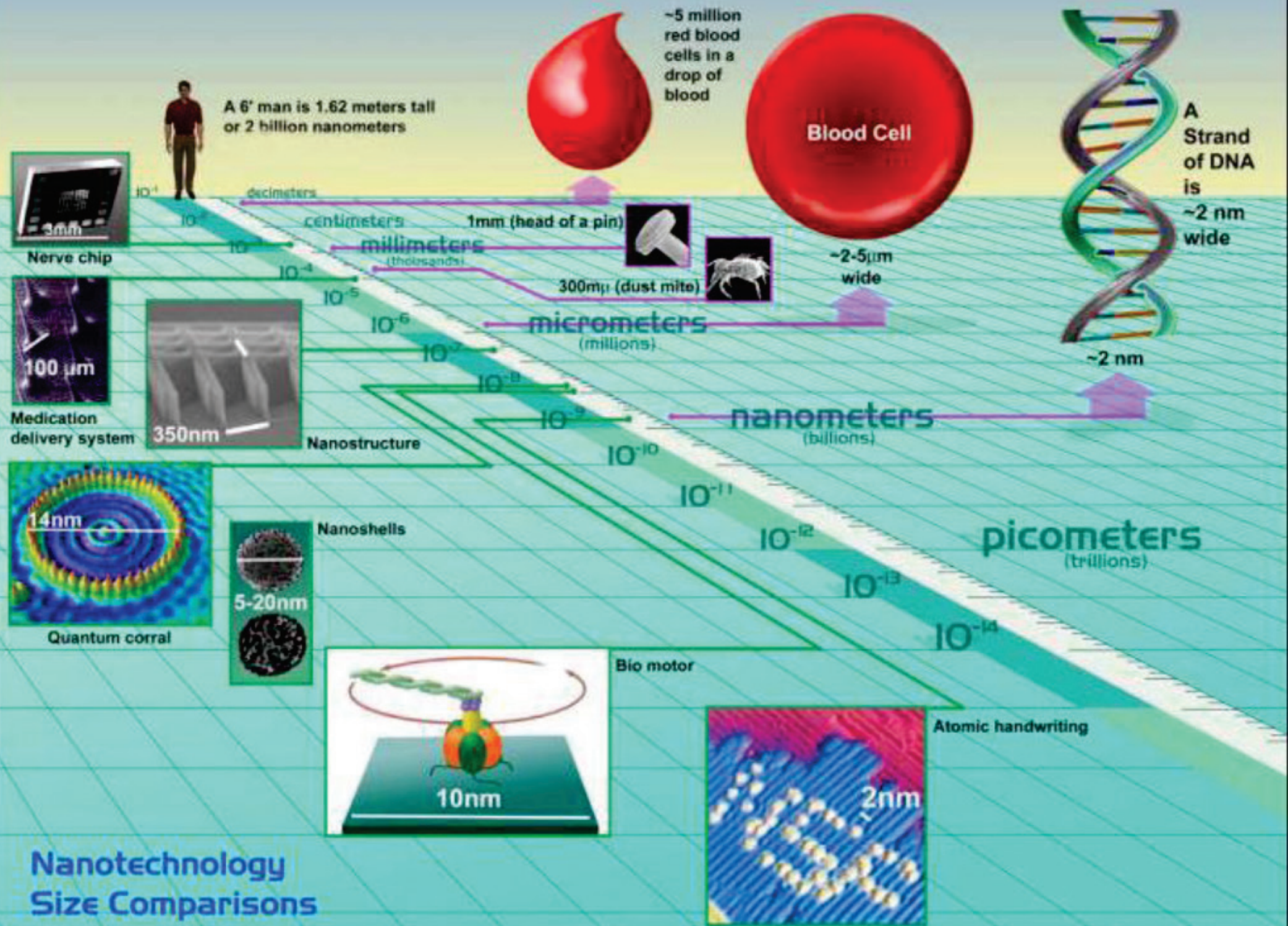
“Velike” ZnO  
čestice



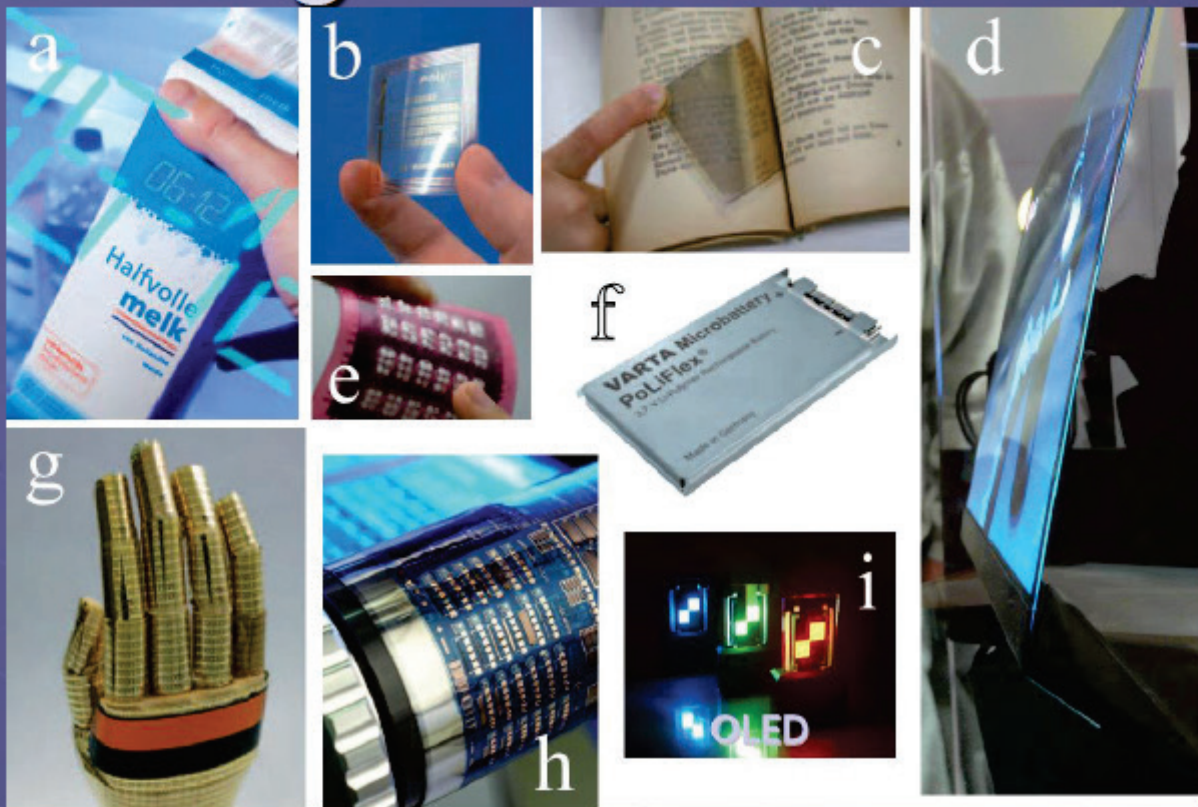
Nanotehnologija utiče na većinu  
aspekata svakodnevnog života kao što  
su: sigurnost, medicina, zaštita životne  
sredine, elektronika, skladištenje  
energije, farmaceutski sektor, ...

# Horizon 2020





# Organska/fleksibilna elektronika



# Oblasti elektronike

## Fizička elektronika:

- Proučavanje fizičkih pojava pri kretanju elektrona u elektrotehničkim materijalima
- Konstrukcija novih elektronskih komponenata
- Modelovanje postojećih elektronskih komponenata
- Simulacija rada elektronskih komponenata i sistema

## Analogna elektronika:

- Analiza rada analognih elektronskih kola
- Projektovanje analognih elektronskih kola

## Digitalna elektronika:

- Analiza rada digitalnih elektronskih kola
- Projektovanje digitalnih elektronskih kola

## Računarska elektronika:

- Projektovanje elektronskih kola za računare i računarske periferije
- Projektovanje elektronskih kola za računarske mreže
- Projektovanje elektronskih kola za mikroprocesorske sisteme
- Razvoj sistemskog softvera za kontrolu rada mikroprocesorskih sistema
- Razvoj aplikativnog softvera za PC računare i mobilne platforme



## **Elektronika VLSI integrisanih kola:**

- Projektovanje digitalnih VLSI kola
- Projektovanje analognih VLSI kola
- Razvoj računarskih alata za analizu, projektovanje i simulaciju integrisanih kola

## **Energetska i industrijska elektronika:**

- Projektovanje elektronskih kola za konverziju energije
- Projektovanje kola za upravljanje energetske pretvaračima
- Projektovanje elektronskih kola za primenu u električnim pogonima velike snage (industrija, saobraćaj, itd.)

## **Telekomunikaciona elektronika:**

- Projektovanje elektronskih kola za primenu u telekomunikacijama (radio, televizija, fiksna i mobilna telefonija, itd.)
- Razvoj komunikacionih protokola

## **Visokofrekvencijska elektronika:**

- Projektovanje elektronskih kola za rad na visokim frekvencijama (radio i mikrotalasni opsezi)
- Optoelektronska kola i sistemi

## **Elektronska instrumentacija i merenja:**

- Projektovanje elektronskih instrumenata, pametnih senzora i mernih sistema
- Razvoj mernih metoda i interfejsnih kola
- Projektovanje računarski baziranih mernih sistema i virtuelne instrumentacije

## **Digitalna obrada signala i slike**

- Razvoj algoritama za digitalnu obradu signala i slike
- Projektovanje sistema za digitalnu obradu signala i slike

## **Elektronika široke potrošnje:**

- Projektovanje elektronskih uređaja za domaćinstvo (radio, TV, kućni muzički i video sistemi, telefonski aparati, elektronika za kontrolu bele tehnike, kontrola osvetljenja, merenje električne energije, igračke, itd...)
- Projektovanje elektronskih sistema za korišćenje u saobraćaju

## **Biomedicinska elektronika**

- Projektovanje elektronskih sistema za akviziciju i analizu biomedicinskih signala i podataka
- Projektovanje elektronskih uređaja za medicinsku terapiju
- Projektovanje elektronskih uređaja za rehabilitaciju

# Primene elektronike

Teško je zamisliti neku ljudsku delatnost u kojoj danas elektronika nije našla primenu.

- Telekomunikacije (radio, telefonija, televizija)
- Računari
- Industrija i poljoprivreda (sistemi merenja i upravljanja u raznim industrijskim granama, automatizacija proizvodnje)
- Saobraćaj i avijacija
- Medicina
- Vojna primena
- Zabava (audio i video sistemi)