

Uvod u elektroniku i digitalne sisteme  
19E041UED

# ISTORIJAT, OBLASTI I PRIMENA ELEKTRONIKE

## Cilj predavanja

Upoznavanje sa istorijatom razvoja elektronike, oblastima koje se izučavaju u okviru elektronike i primenom elektronike.

# Istorija 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 – Faradej 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 – Kruks, Braun, Rentgen.
- **1897** – Tompson otkriva **elektron** i određuje njegovu **masu** (Nobelova nagrada za fiziku 1907).
- **1906** – Miliken određuje **naelektrisanje** elektrona (Nobelova nagrada za fiziku 1923) – **počinje era elektronike**.

---

**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 (Fleming).
- 1906 – pronalazak triode (Li de Forest). Ona je omogućila pojačanje signala i razvoj radio tehnike i drugih oblika bežičnih komunikacija.
- 1914 – prva elektronska cev sa više kontrolnih elektroda, tetroda (Šotki).

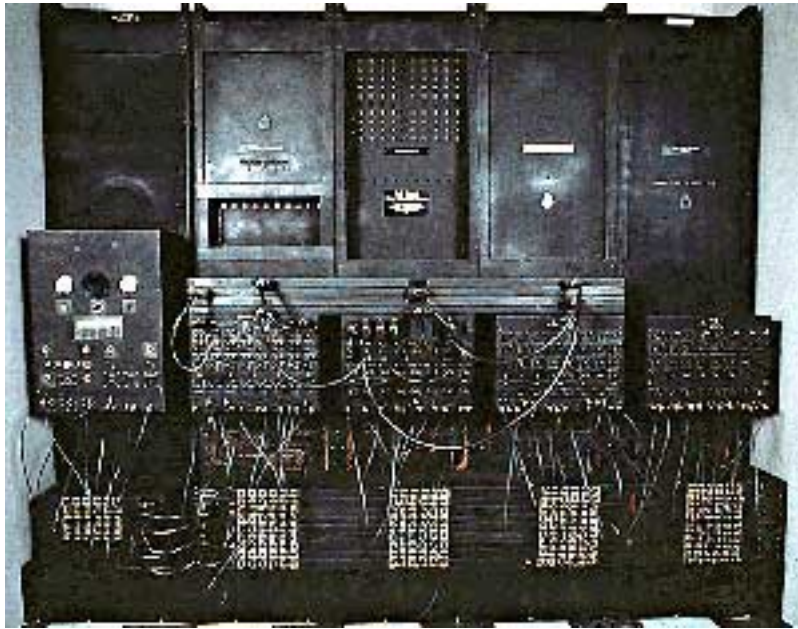
Elektronske cevi su se masovno koristile do sredine šezdesetih godina. Kao zastarela tehnologija skoro sasvim su izbačene iz upotrebe a zamenile su ih poluprovodničke elektronske komponente.

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

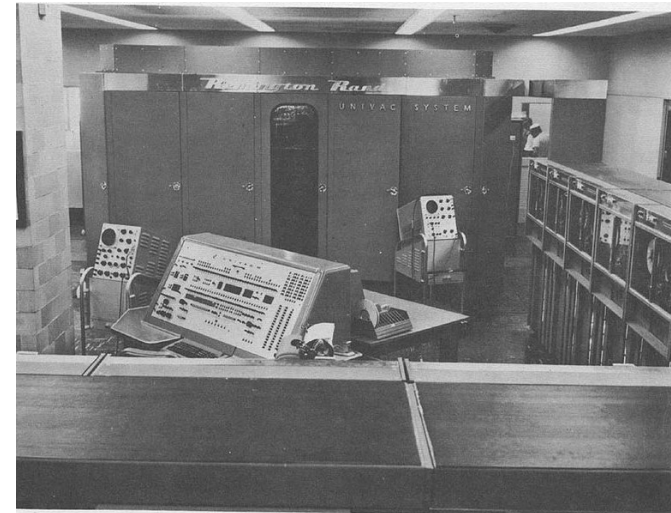
# Elektronske cevi u računarima



1947. razvijen je prvi elektronski računar ENIAC  
(17000 elektronskih cevi,  $5 \cdot 10^6$  ručno  
napravljenih spojeva)

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

1968 - Otvoren računski centar na ETF, prvi na  
ovim prostorima, glavni računar IBM 1130



1951 – prvi komercijalni elektronski  
računar (UNIVAC)



IBM 1130

# 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 komercijalna proizvodnja germanijumskih poluprovodničkih dioda,
- **1947-48 – pronalazak dva tipa tranzistora** (Belove laboratorije, SAD)
  - Tačkasti tranzistor (Bratin i Bardin)
  - Slojni tranzistor (Šokli)Sva trojica istraživača su dobila Nobelovu nagradu za fiziku 1956.

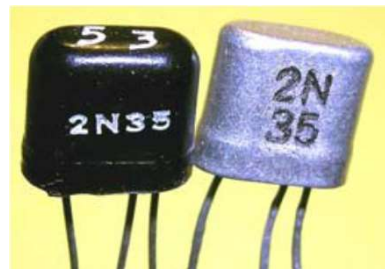
Prvi tranzistori i diode su pravljene od **germanijuma**, ali se kasnije prešlo na izradu od **silicijuma** zbog boljih temperaturnih osobina i jeftinije proizvodnje.



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



Prva komercijalna germanijumska dioda (Sylvania 1N34)

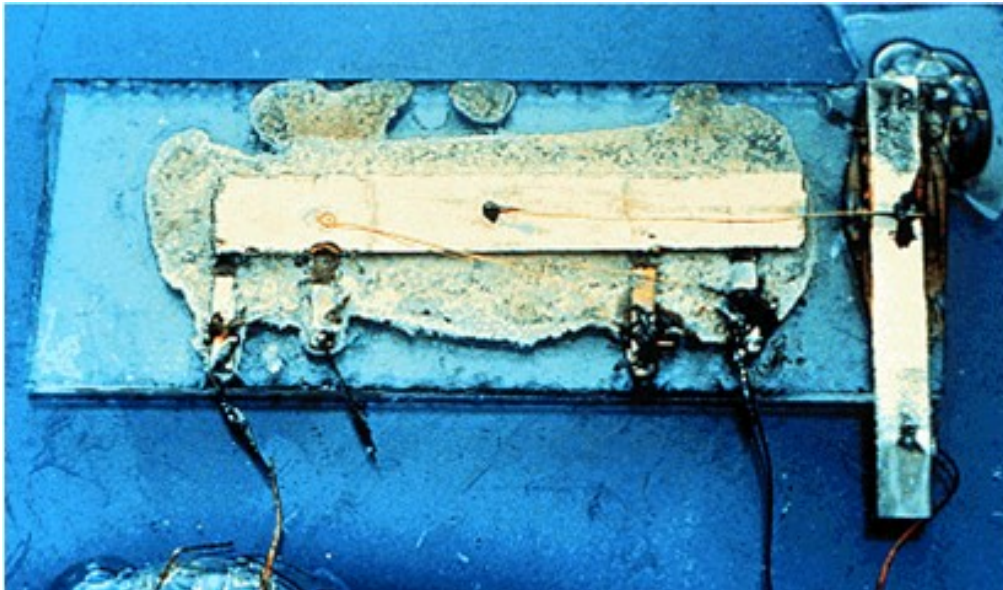


Izgled prvih komercijalno raspoloživih germanijumskih tranzistora



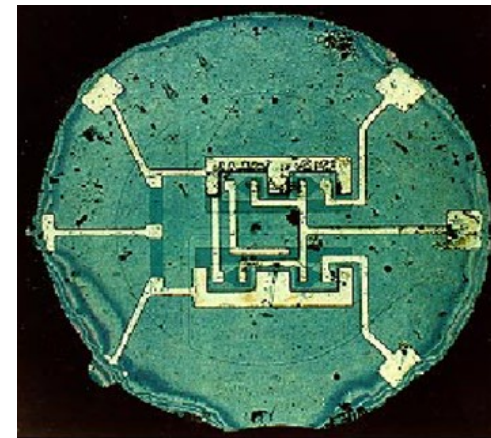
# Integrisana kola Mikroprocesori

1958 - napravljena prva integrisana kola (više dioda, tranzistora i otpornika na pločici od poluprovodničkog materijala) u laboratorijama firmi *Texas Instruments* (Dž. Kilbi) i *Fairchild Instruments* (R. Nojs).



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

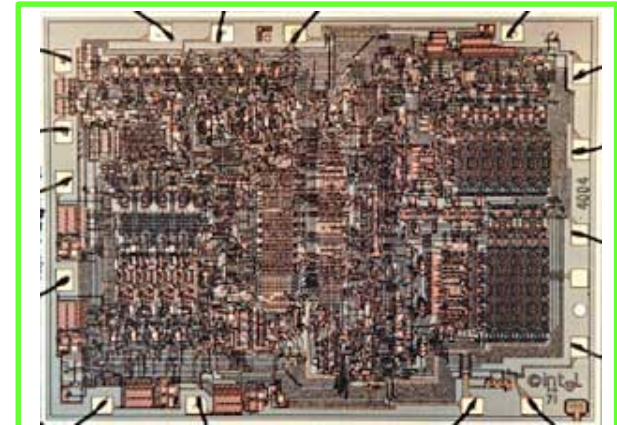
1961 - prvo komercijalno integrisano kolo (*Fairchild Instruments*)



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

# Razvoj integrisanih kola

- **1963** - prvi silicijumski MOS tranzistor – osnova savremenih integrisanih kola
- 1965 – prvi kalkulator sa MOS tranzistorima
- 1967 – prva poluprovodnička memorija (64 bita)
- **1968** – prvi integrisani operacioni pojačavač.
- 1970 – prva dinamička memorijska ćelija (IBM).
- **1971** – prvi 4-bitni mikroprocesor (Intel 4004).
- 1972 – prvi 8-bitni mikroprocesor (Intel 8008, 3300 tranzistora, takt 0.5 MHz).
- 1974 – 8-bitni mikroprocesor (Intel 8080).
- 1976 – prvi mikrokontroler u automobilu (GeneralMotors)
- 1978 – prvi 16-bitni mikroprocesor (Intel 8086).
- **1981** – prvi IBM PC XT
- 1984 – prva 1 Mb memorija.
- 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).



1971 – prvi integrisani 4-bitni mikroprocesor (Intel 4004, 2300 tranzistora).

**Program (softver) postaje komponenta elektronskog uređaja/sistema**



**Prvi komercijalni mobilni telefon (1983, Motorola DynaTAC , \$4000)**

# Stepen integracije

Stepen integracije se odnosi na broj tranzistora u jednom integrisanom kolu

---

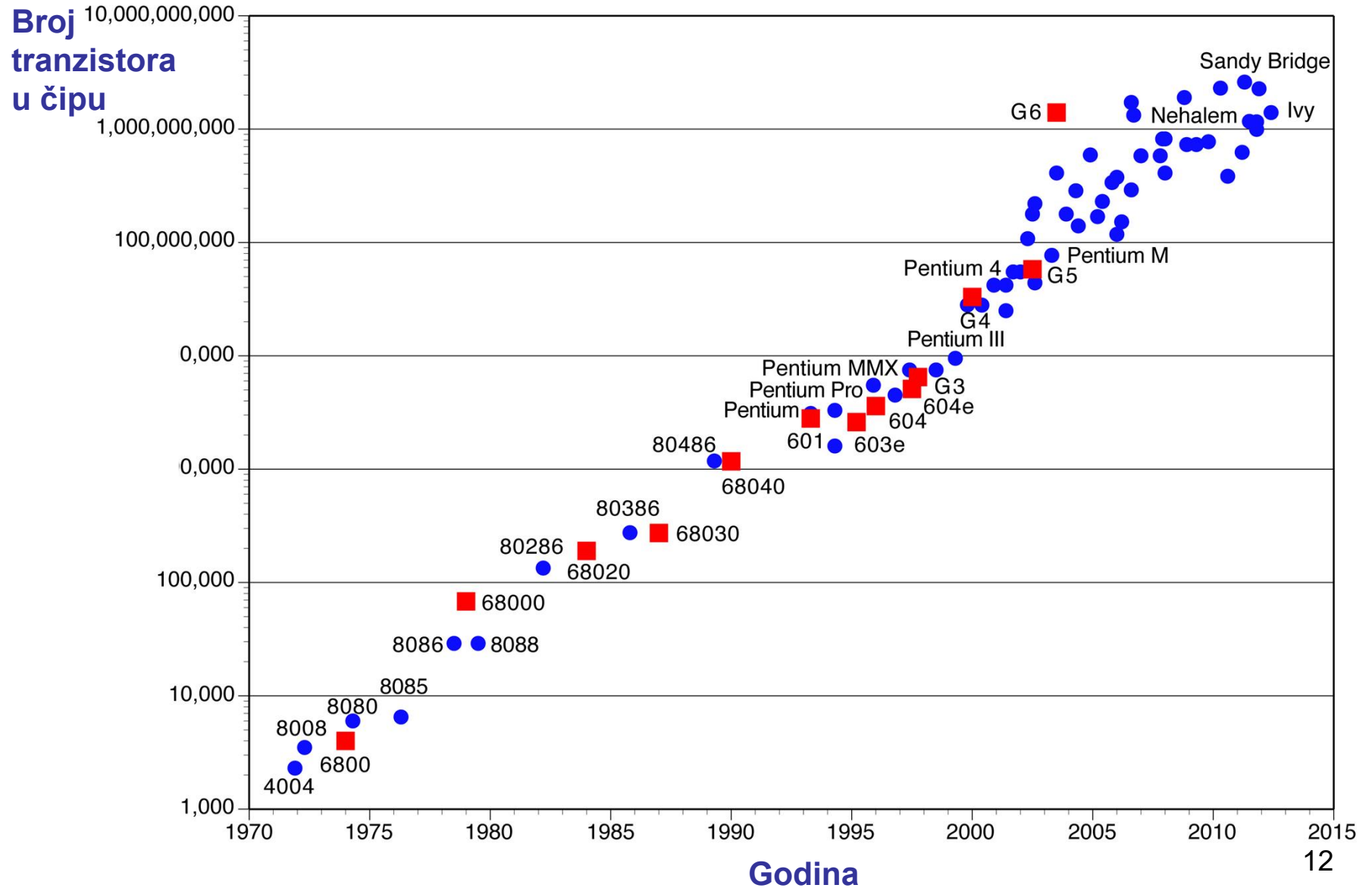
Godina	Stepen integracije	Broj komponenata
1950	Diskretne komponente	1 - 2
1960	SSI – Mali stepen integracije	$< 10^2$
1966	MSI - Srednji stepen integracije	$10^2 - 10^3$
1969	LSI - Visoki stepen integracije	$10^3 - 10^4$
1975	VLSI – Vrlo visoki stepen integracije	$10^4 - 10^9$
1990	ULSI – Ultra visoki 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

# Murov zakon:

Broj tranzistora na čipu se udvostručava svake 2 godine (geometrijska progresija)



# 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 kontakta

## Novi poluprovodnički materijali

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

# 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)