



Procesorski sistemi v telekomunikacijah
Zgodovina računalnikov



(c) Arpad Bűrmen, 2010-2012

Kaj je računalnik?

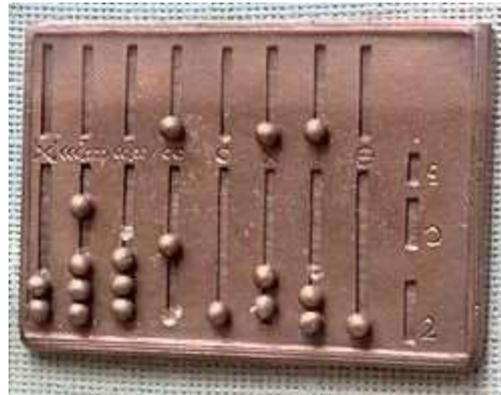
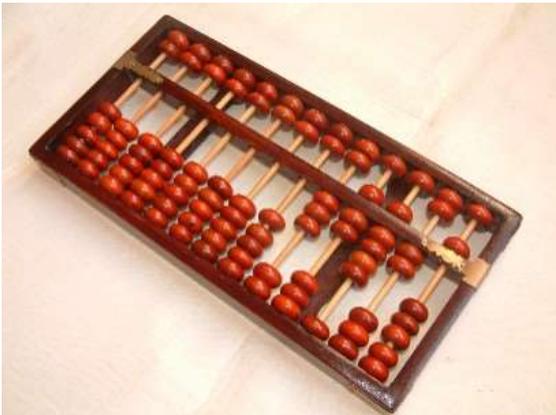
- ▶ Naprava, ki manipulira podatke v skladu z danimi navodili (programom).
- ▶ Mehanski računalniki
- ▶ Elektromehanski računalniki (releji)
- ▶ Elektronke
- ▶ Tranzistorji
- ▶ Integrirana vezja

- ▶ Teorija – Alan Turing, John von Neumann

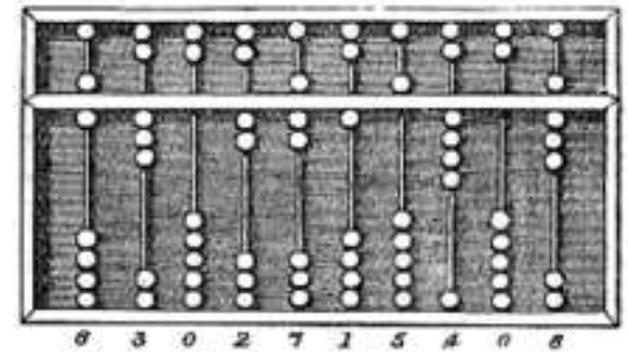
Mehanski računalniki

Abak

Bolj pripomočki za računanje kot pravi računalniki
Mezopotamija (-2700 .. -2300); Egipt, Perzija (-600); Grčija, Indija (-500),



Rim (-100)



Kitajska - *suàn pán* (-200)



Japonska – soroban (1600)



Maji (Mehika)



Inki (Peru)

Mehanski računalniki

Antikitski mehanizem

Zgrajen okrog -150 .. -100

Zobata kolesca

Po preciznosti izdelave primerljiv z urami iz 17. stoletja

Računal položaj sonca, lune in planetov



Mehanski računalniki

Pascalina

Seštevanje, odštevanje



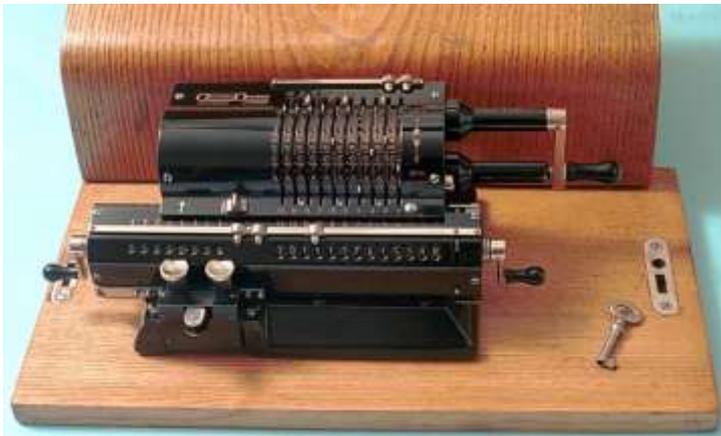
Blaise Pascal (1623-
1662)

... izumil leta 1642

Mehanski računalniki

Arithmometer

Seštevanje in odštevanje
Množenje in deljenje



Gottfried Wilhelm Leibniz
(1646-1716)

Leibnizov cilindar (1673)

Charles Xavier Thomas de
Colmar

(1785-1870)

Masovna proizvodnja 1851



Wilgodt Odhner (1845-1903)

Izboljšal, proizvodnja 1885

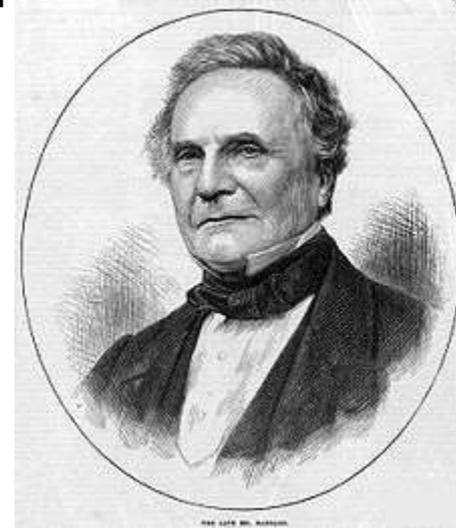
Mehanski računalniki

Diferenčni stroj

Tabeliranje polinomov
Ročni pogon



Johann Helfrich von Müller (1746-1830)
Ideja 1786

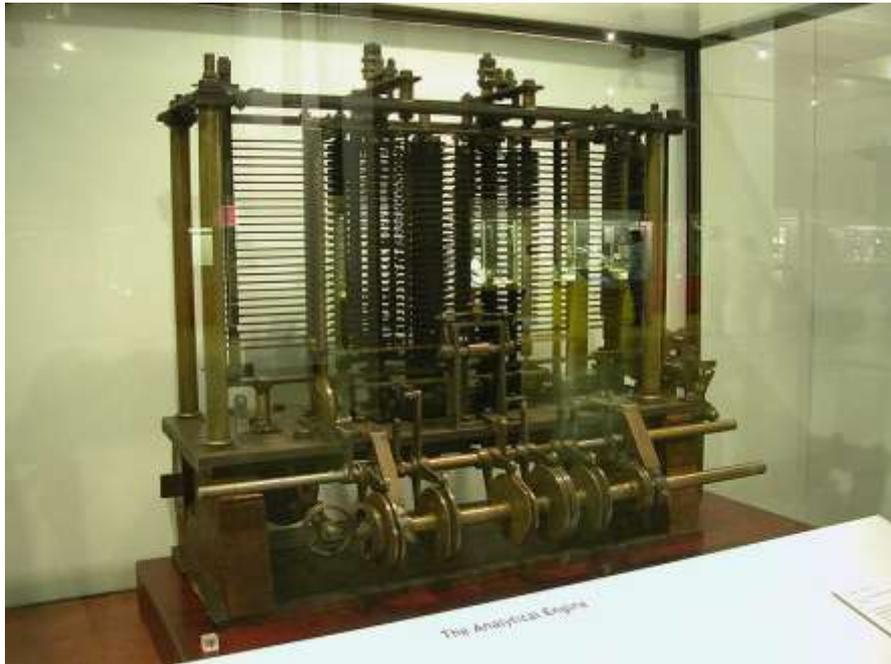


Charles Babbage (1791-1871)
Poskus izvedbe (1822) -
predrag
Per Georg Scheutz (1785-1873)
Izvedba (1855)

Mehanski računalniki

Analitični stroj

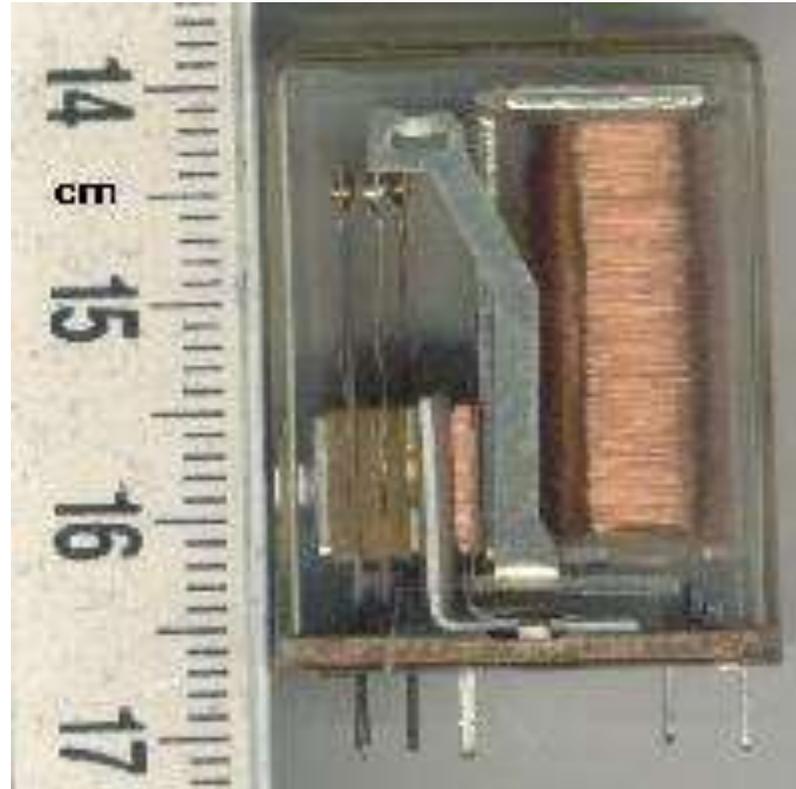
Univerzalen programabilen mehanski računalnik
Enakovreden Turingovemu stroju,
40 let pred Turingovim rojstvom.
Nikoli zgrajen



Charles Babbage (1791-1871)
Snoval ga je do smrti 1871.

As soon as an Analytical Engine exists, it will necessarily guide the future course of the science.

Električno krmiljeno mehansko stikalo Rele



Čas preklopa ... 1ms

Elektromehanski računalniki

Z3



Z3 (1941)
replika (1960)
Deutsches
Museum,
München



Konrad Zuse (1910-
1995)

Prvi delujoč programabilen računalnik
Elektromehanski (2000 relejev),
Teža in poraba: 1tona, 4kW
Dvojiški zapis - 22 bitov, zapis s plavajočo
vejico
Spomin: 64 x 22 bitov
Ura – 5.3Hz
Program na luknjanih karticah
Enakovreden Turingovemu stroju (dokazano
1998)

Sodelavec Helmut Schreyer,
1937, Zuseju:
-Zamenjajmo releje z
elektronkami.

Zuse:
- Schnapps-idee.

Elektromehanski računalniki

Harvard-IBM MARK I



MARK I (1944)

Elektromehanski,

765000 komponent, 3500 relejev, 4kW elektromotor, 4.5 tona (1900-1973)

Desetiški zapis – 23 desetiških mest, spomin 72 x 23 desetiških mest

Hitrost: 3 seštevanja na sekundo, 15.3s za eno deljenje

Program na luknjanih karticah – ločen program od podatkov (Harvardska arhitektura)

Zanka s pomočjo neskončnega traka

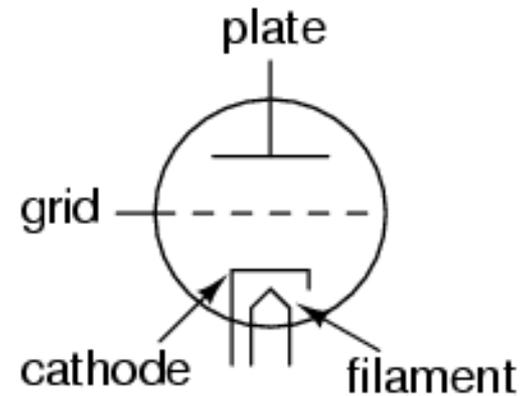
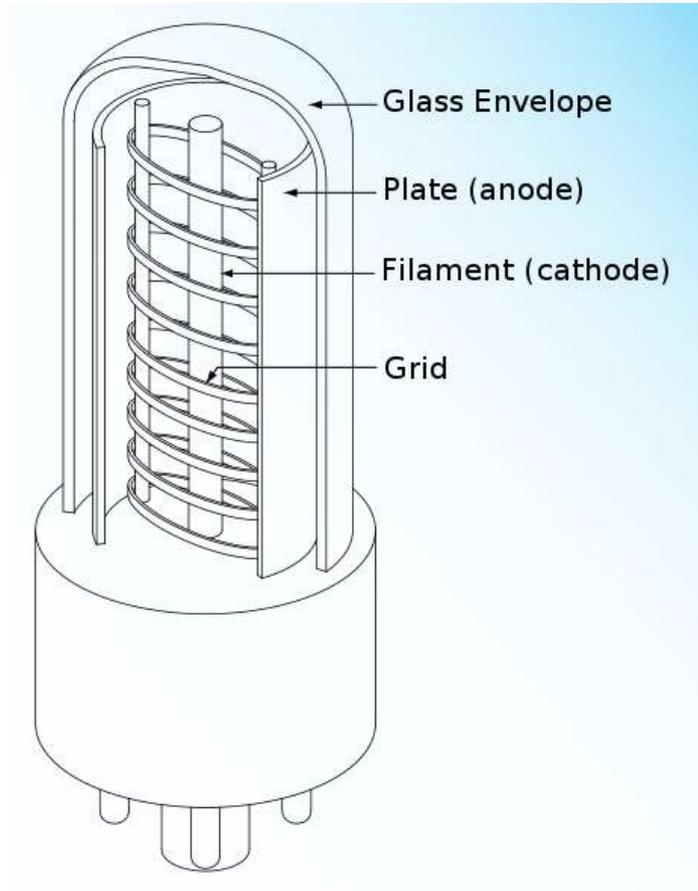
Ni bil enakovreden Turingovemu stroju – ni poznal pogojnih skokov

Howard Hathaway Aiken

Don't worry about people stealing your ideas. If your ideas are any good, you will have to ram them down people's throats.

Električno krmiljeno elektronsko stikalo

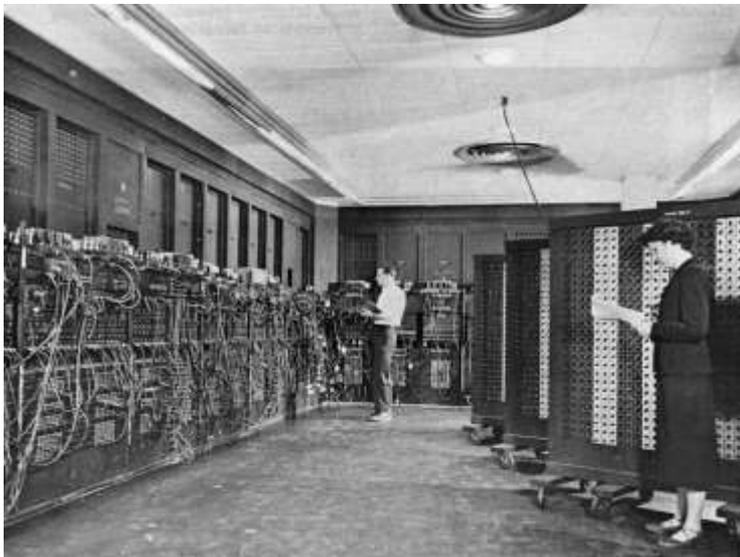
Elektronke



Čas preklopa ... 1 μ s

Elektronski računalniki

ENIAC



Univerza v Pennsylvaniji
John William Mauchly
John Adam Presper Eckert Jr.
... in drugi

Naročnik: vojska
Namen: izračun tabel za topništvo

Prva uporaba: izračuni za razvoj vodikove bombe.

ENIAC - Electronic Numerical Integrator And Computer (1946)

17468 elektronk, 1500 relejev, 5 milijonov spajkanih spojev

Velikost, teža in poraba: 63m², 30 ton, 150kW,

Do 2 dni delovanja med okvarama

Zapis: dvojiški zapis desetiških števil (BCD)

Spomin: 20 x 10 desetiških mest

Ura: 100kHz, 20 pulzov za en cikel (1 branje + 1 seštevanje + 1 shranjevanje)

Program in rezultati na luknjanih karticah

Elektronski računalniki

EDVAC



Univerza v Pennsylvaniji
John William Mauchly, John Adam Presper Eckert Jr., ...

Svetovalec: John von Neumann
First Draft of a Report on the EDVAC (1945)

Program in podatki v istem pomnilniku.

EDVAC - Electronic Discrete Variable Automatic Computer (1949)

6000 elektronk

Velikost, teža in poraba: 45.5m², 7.9 ton, 56kW

Zapis: dvojiški zapis

Spomin: 1000 x 44 bitov

Hitrost: 0.86ms / seštevanje (1.16kHz)

John von Neumann

Matematik po izobrazbi

Deloval na univerzi Princeton (NJ)

Prispevki

logika in teorija množic,
kvantna mehanika,
ekonomija in teorija iger,
računalništvo

Sodeloval pri razvoju vodikove bombe

Generiranje naključnih števil

Metoda Monte-Carlo

First Draft of a Report on the EDVAC (1945) –

program in podatki v istem pomnilniku
von Neumannovo ozko grlo

Algoritem za sortiranje – merge sort

Koncept celičnega avtomata

Univerzalni konstruktor – stroj, ki podvaja samega sebe



John von
Neumann
(1903-1957)

Alan Mathison Turing

Matematik

Med 2. svetovno vojno delal na razbijanju nemških šifer (Enigma)

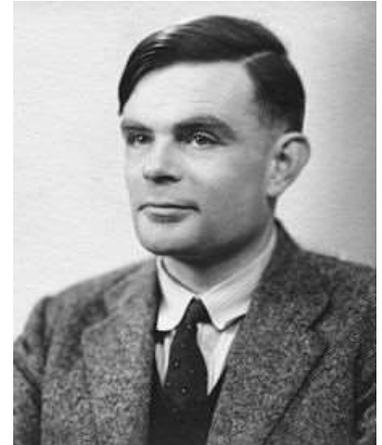
Turingov stroj – teoretičen model sodobnega računalnika

Turingov test – test, ki pokaže ali je stroj inteligenten
uporaba danes – npr. CAPTCHA test

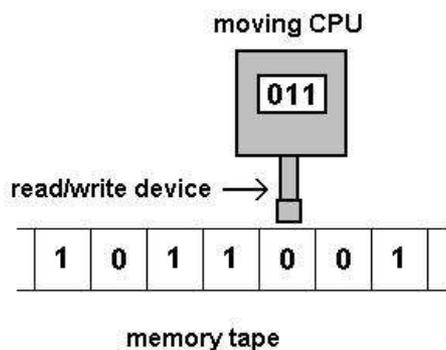
ACE – Automatic Computing Engine (1945) –

Načrt za prvi računalnik (še pred von Neumannom),
ki hrani program in podatke v istem pomnilniku.

Prva izvedba (1950) -1MHz – tedaj najhitrejši računalnik.



Alan M. Turing
(1912-1954)



Turingov stroj (1937) – miselni eksperiment
neskončni trak (pomnilnik)
procesor (avtomat)
bralno-pisalna glava

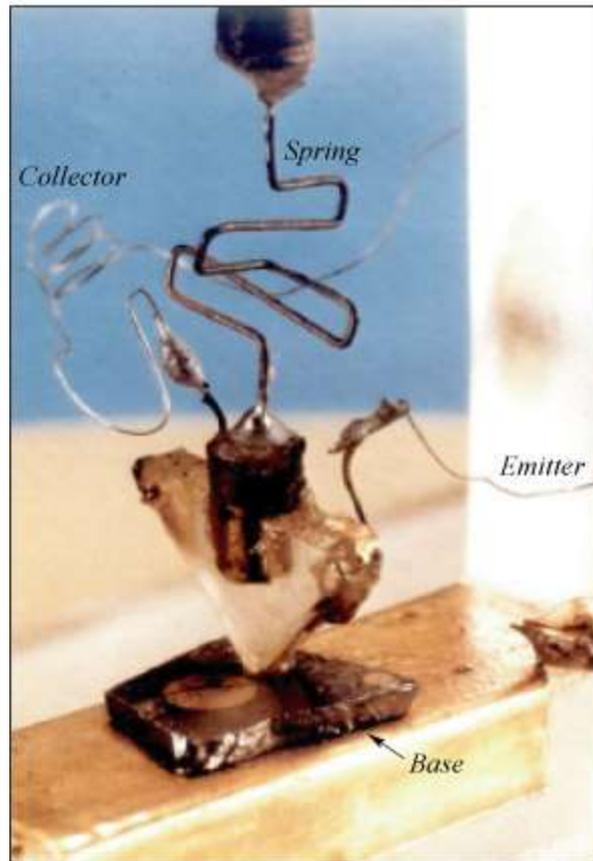
Dokazal, da je tak stroj sposoben izračunati vse kar je
izračunljivo.

Stroji enakovredni Turingovemu stroju – vsi današnji
računalniki.

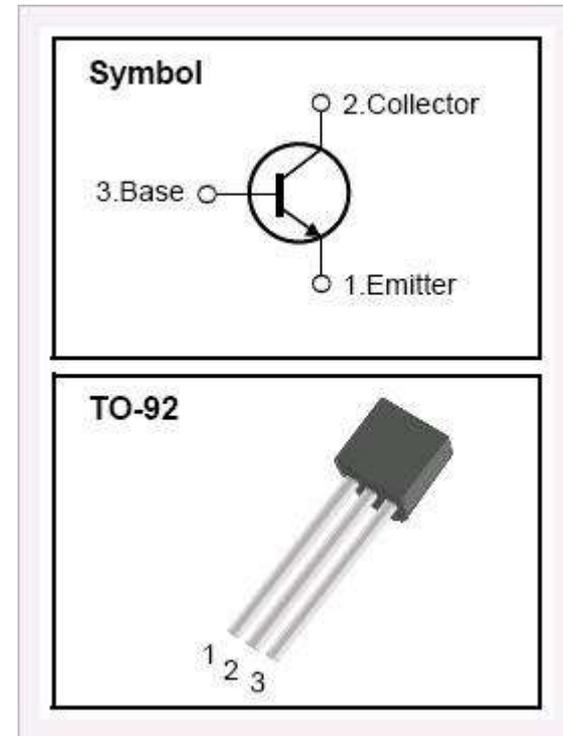
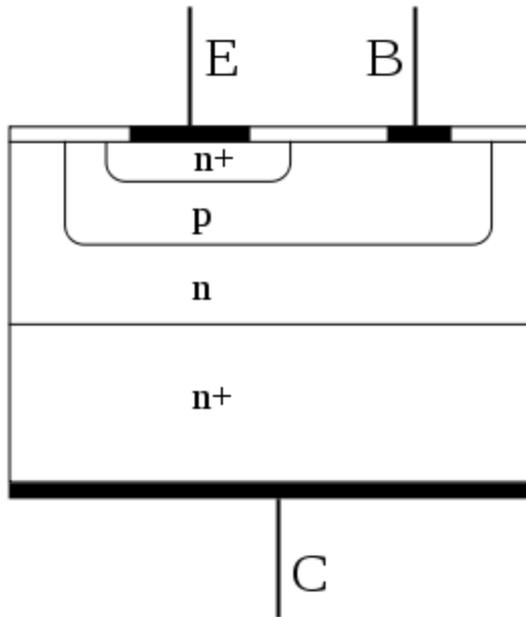
(če zanemarimo zahtevo po neskončnem pomnilniku)

Bipolarni tranzistor (kontaktni)

The first point contact transistor
William Shockley, John Bardeen, and Walter Brattain
Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey (1947)



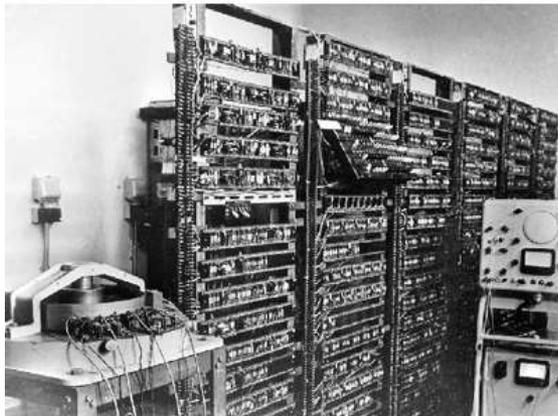
Bipolarni tranzistor (spojni)



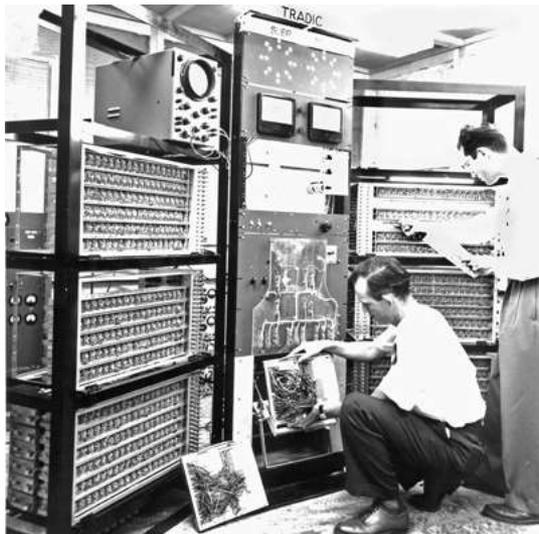
Shockley predstavil koncept 1948.
Težavna izdelava. Prvi izdelan leta 1951.
Bolj zanesljiv od kontaktne tranzistorja.

Računalniki z diskretnimi tranzistorji

Do 1960 tranzistorji popolnoma izpodrinejo elektronke v računalnikih.



Manchester University (1953)
Manchester TC (transistorized computer)
48-biten
92 kontaktnih tranzistorjev, 550 diod



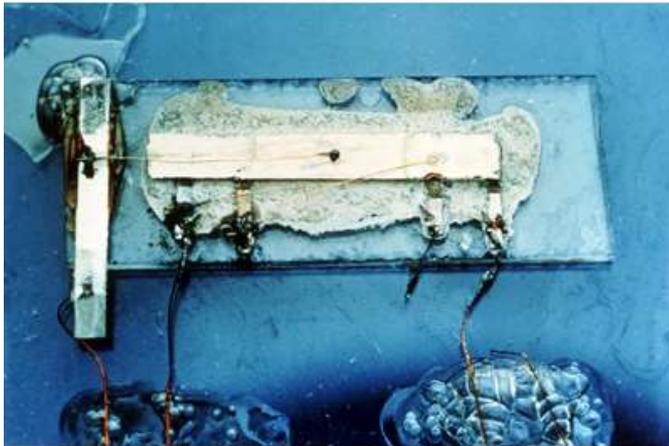
Bell Labs (1954) za U.S.A.F.
TRADIC (TRANSistor Digital Computer)
700 kontaktnih tranzistorjev, 10000 diod
Deloval pri 1MHz, trošil samo 100W

Lažja različica (Flyable TRADIC)
uporabljena v letalih C-131
za navigacijo in nadzor bombardiranja.

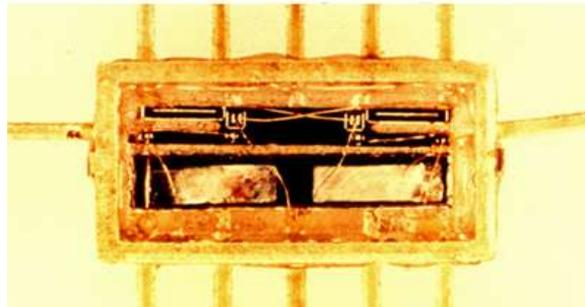
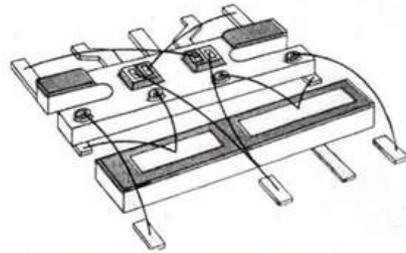
Integrirana vezja – vse iz polprevodnika

Problem: kako izdelati veliko tranzistorjev in jih hkrati še povezati med seboj.

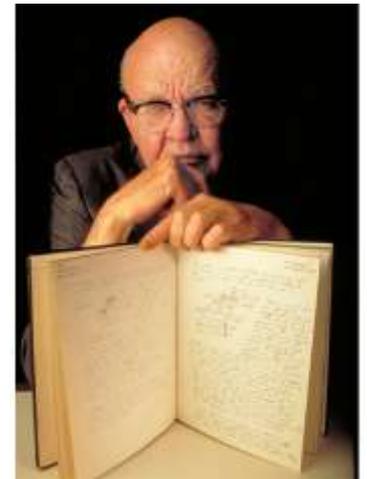
Jack Kilby, Texas Instruments (1958) demonstrira prvo integrirano vezje kjer so vse komponente iz polprevodniškega materiala.



Prvo multi-chip vezje –
oscilator.



Prvo komercialno int. v.
flip-flop, tip 502.
TI, 1960, \$450/kos.

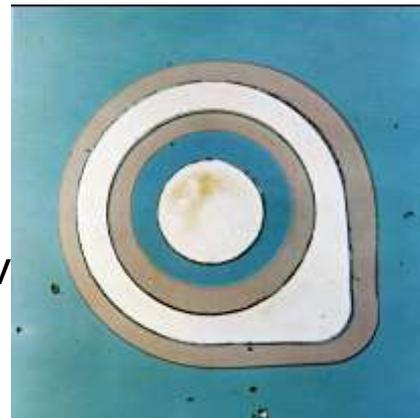


Planarna tehnologija

Jean Hoerni, Fairchild (1959) – planarna tehnologija izdelave tranzistorjev in integriranih vezij – vse se izdelava na eni strani polprevodniške rezine.



2N1613 - prvi komercialni tranzistor v planarni tehnologiji (Fairchild 1960)



Monolitna vezja

Robert Noyce, Fairchild (1959) – vložen patent za monolitno integrirano vezje

April 25, 1961

R. N. NOYCE

2,981,877

SEMICONDUCTOR DEVICE-AND-LEAD STRUCTURE

Filed July 30, 1959

3 Sheets-Sheet 2

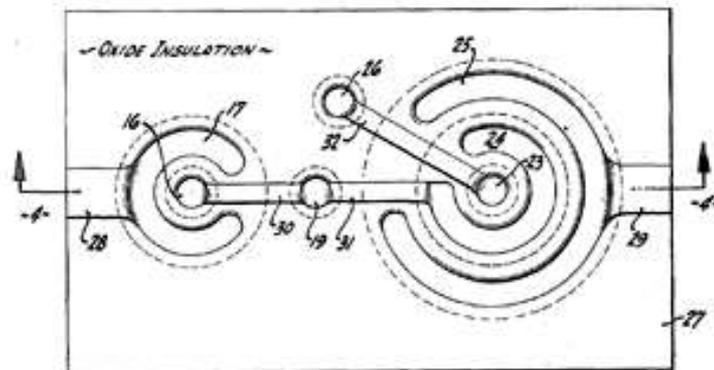


FIG-3

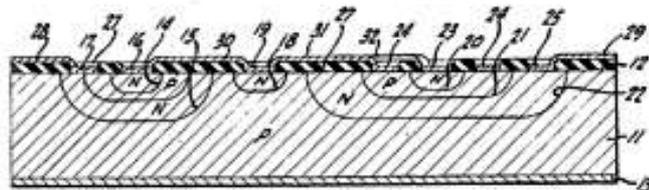
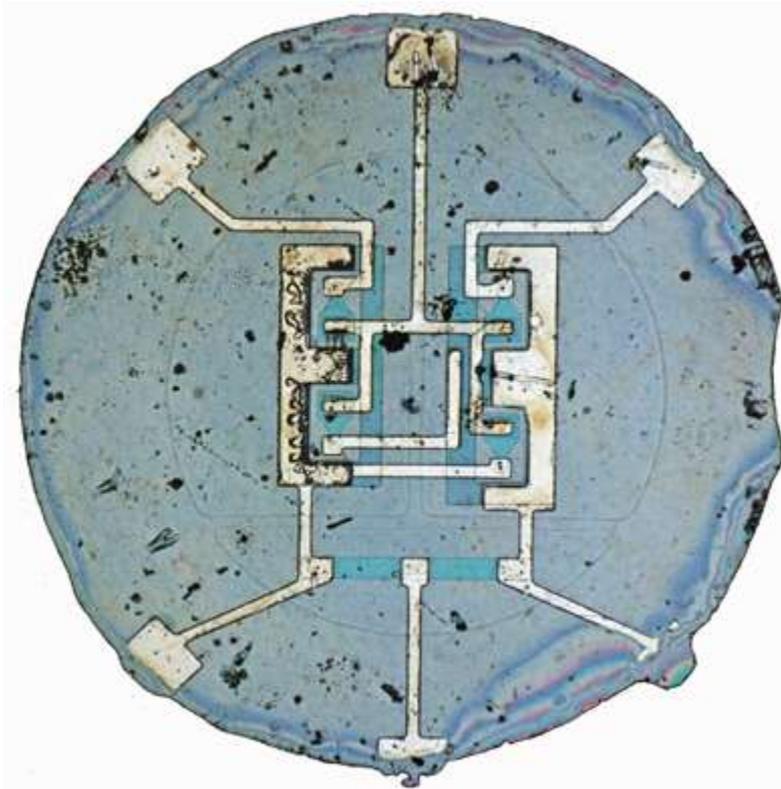


FIG-4



Integrirana vezja v planarni tehnologiji

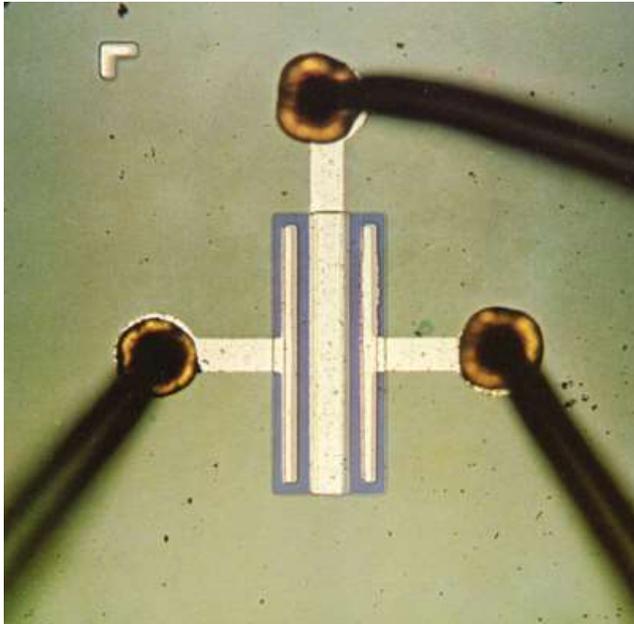
Jay Last, Fairchild (1960) – razvito prvo integrirano vezje v planarni tehnologiji,



Prvo planarno integrirano vezje – flip-flop, tip "F".

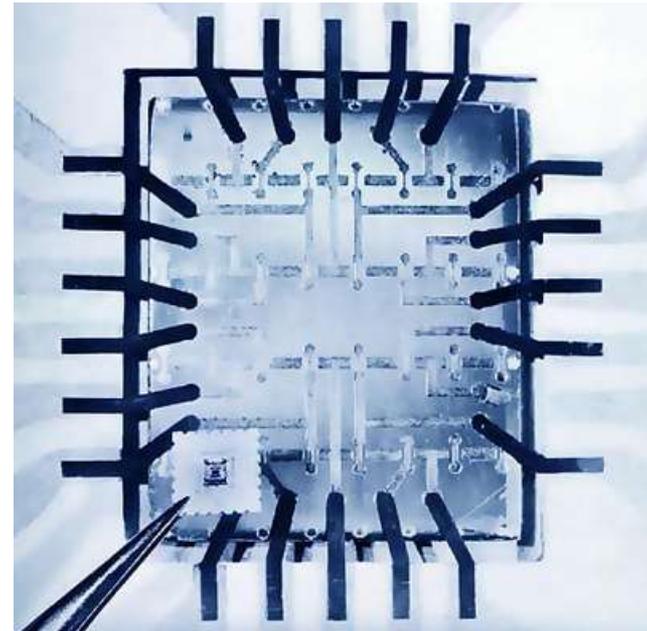
MOS tranzistor

John Atalla, Dawon Kahng, Bell Labs(1959) – prvi MOS tranzistor



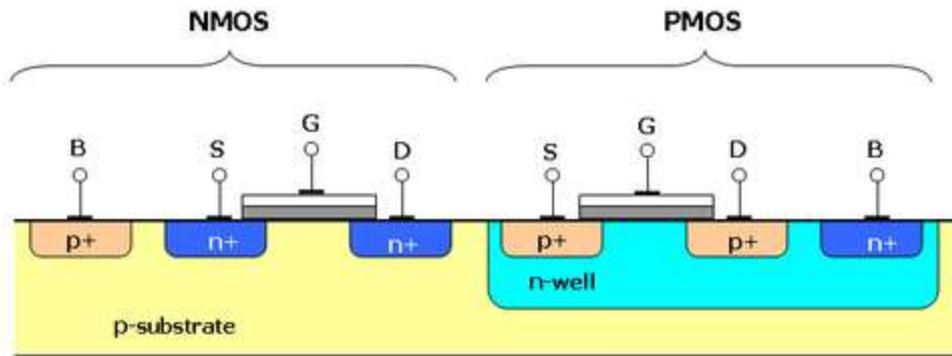
Preprosta izdelava
Manjša poraba,
Uporaben za integrirana vezja
Veliko težav na začetku (počasen)

Prvo eksperimentalno MOS
integrirano vezje – RCA (1962),
16 tranzistorjev



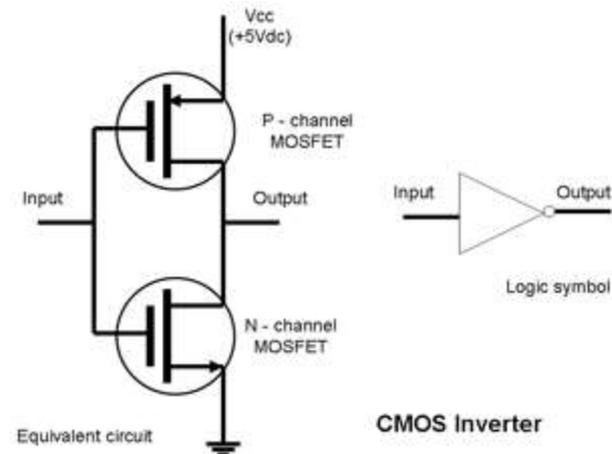
Integrirana vezja - CMOS

C. T. Sah, Frank Wanlass, Fairchild (1963) – ideja CMOS logičnih vezij



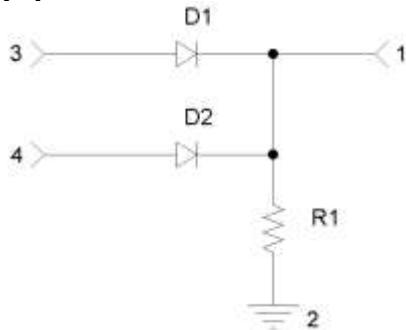
V mirovanju ne porablja energije,
tok teče le ob preklopih.

Večina logičnih vezij (tudi mikroprocesorjev) je danes izvedenih v tehnologiji CMOS.



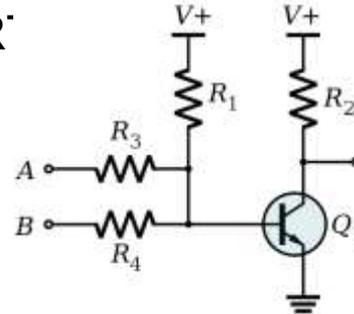
Družine logičnih vezij (1)

Diodna logika (Diode Logic, DL)



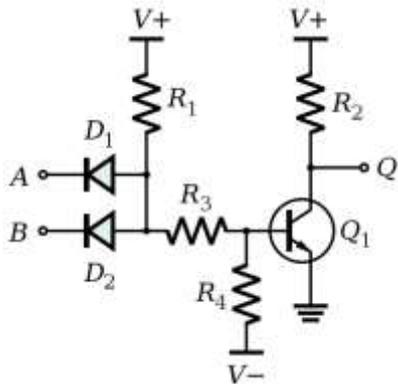
OR vrata

Uporovno-tranzistorska logika (Resistor-Transistor Logic, RTL)



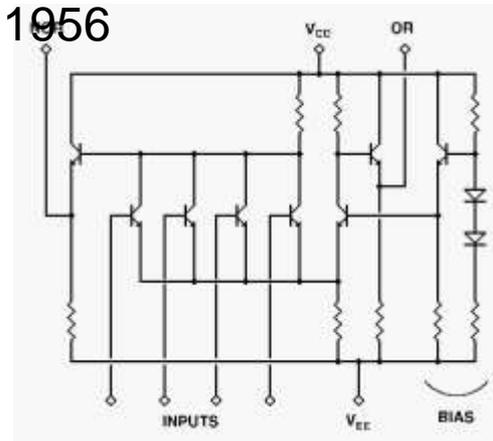
NOR vrata

Diodno-tranzistorska logika (Diode-Transistor Logic, DTL)



NAND vrata

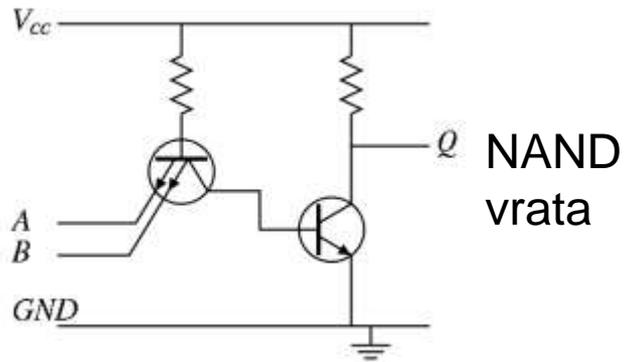
Emitorsko-sklopljena logika (Emitter-Coupled Logic, ECL) - 1956



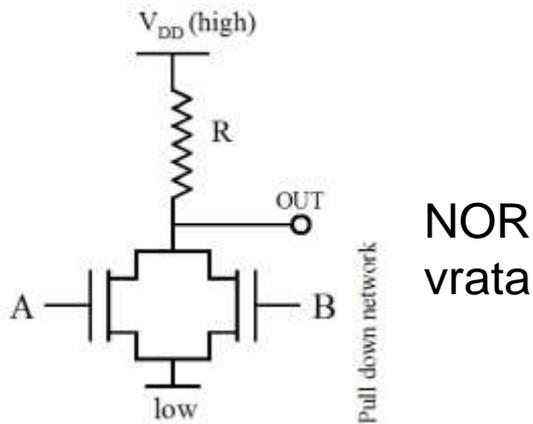
4-vhodna NOR/NAND vrata

Družine logičnih vezij (2)

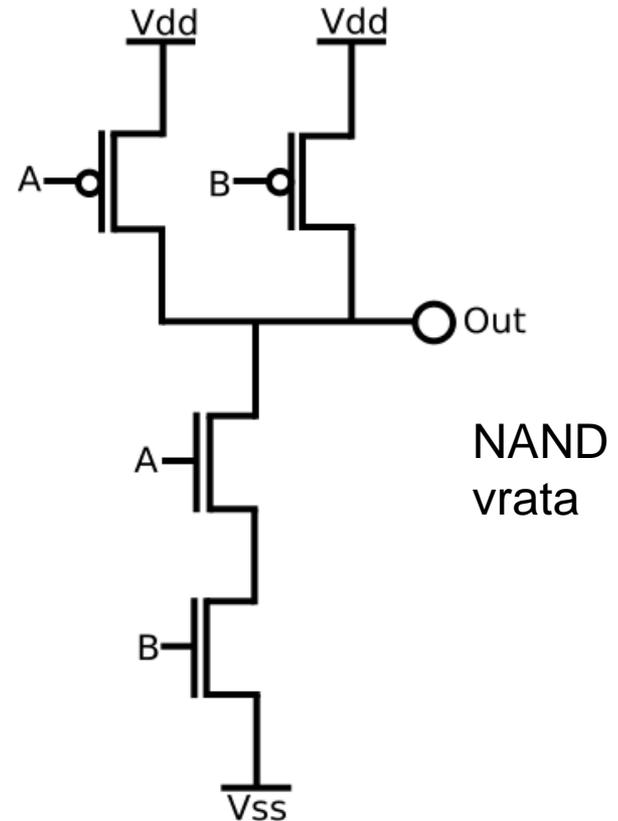
Tranzistorsko-tranzistorska logika (TTL) - 1961



PMOS/NMOS logika



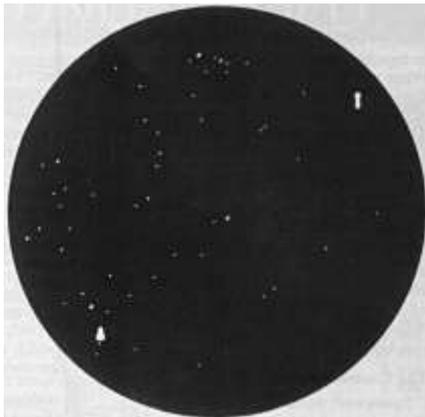
CMOS logika - 1963



Digital Equipment Corporation PDP-1



1960
540kg, 18-biten
Spomin na osnovi feritnih jeder (5 μ s)
4096 x 18 bitov spomina
Ura: 200kHz, 100000 operacij/s
Luknjan trak za shranjevanje
Tipkovnica in tiskalnik

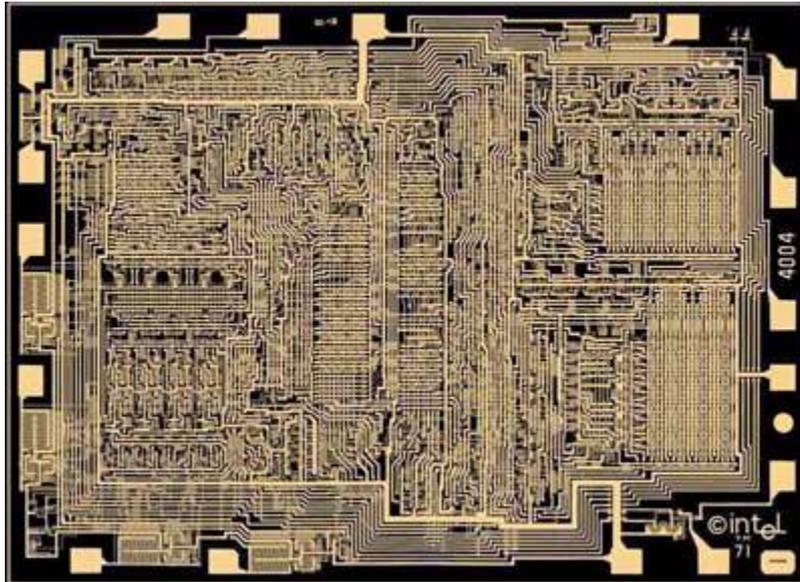


Prva računalniška
igra –
Spacewar

PDP-1 - procesor



Prvi mikroprocesor – Intel 4004



Intel, 1971

Vse komponente procesorja v enem vezju

4-biten, 2300 tranzistorjev

Najvišja frekvenca ure: 740kHz

Hitrost: 92000 ukazov/s

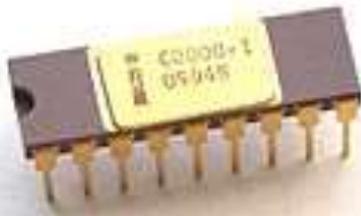


8-bitni mikroprocesorji

Intel 8008, 1972

\$179

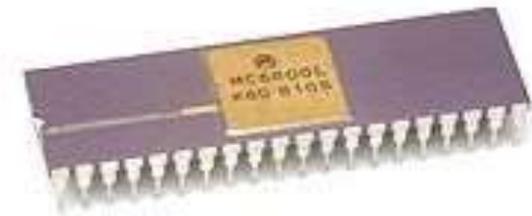
do 0.8MHz



Motorola 6800, 1974

\$179

1MHz-2MHz



MOS Technology 6502, 1975

\$25

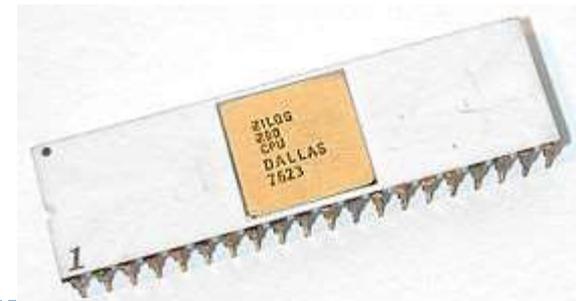
1MHz-2MHz



Zilog Z80, 1976

Cena?? << od Intel 8080

2.5MHz-8MHz



Hišni računalniki (8-bitni)



Apple IIe, 1977



Commodore 64,
1982



Atari 800XL, 1979



Sinclair ZX spectrum 48k, 1982

32-bitni računalniki za množice

Motorola 68000 (1979) – družina m68k



Atari ST - 1985

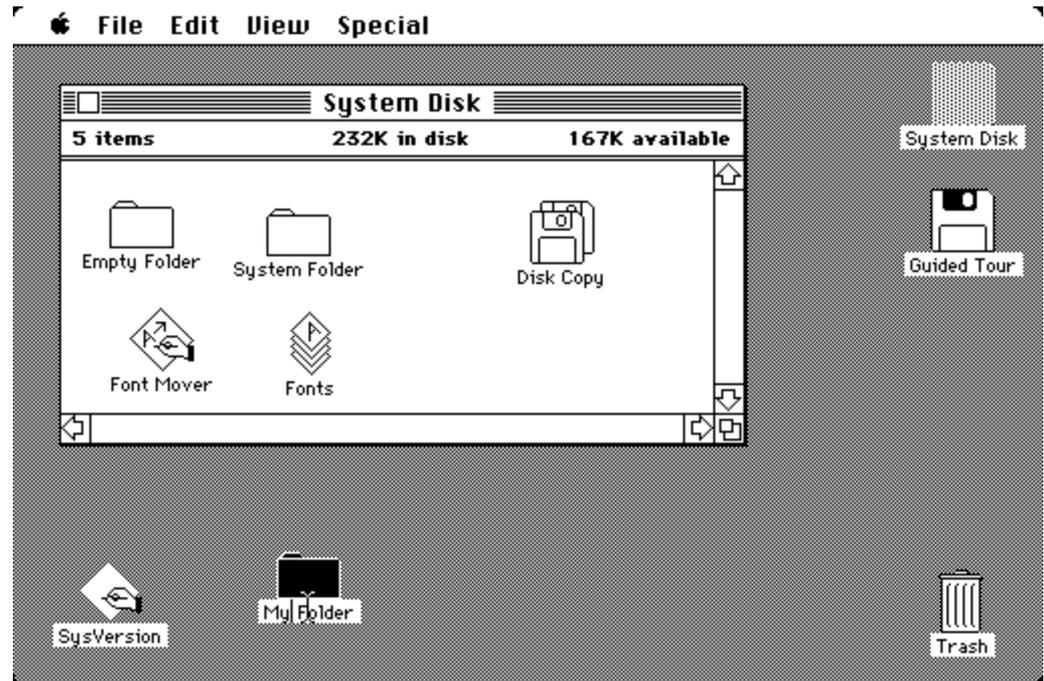


Amiga 1000 - 1985

Apple Inc.



Macintosh – 1984
Motorola 68000



Operacijski sistemi

IBM – Mainframe računalniki – OS/360 – (60. leta 20. stoletja)

CP/M – za 8-bitne računalnike z Intel 8080 oziroma Zilog Z80 – 1973/74

MS DOS – za Intel 8088 (8086 z 8-bitnim vodilom) - 1981

Apple – Mac OS – za Macintosh – 1984 – grafični vmesnik in miška

Microsoft Windows – verzija 1.0 (1985)

Microsoft Windows NT – 3.1 (1993) – “zaresen” 32-biten OS

UNIX – 1969 (AT&T) – prenosljiv (napisan v jeziku C), večopravilen, večuporabniški

Minix – 1987 – podoben UNIX-u, za IBM PC in IBM PC/AT

Linux jedro – operacijski sistem (1991); GNU projekt – programska oprema (1983)

PSION PDA naprave: EPOC16 za 8086 (1989), EPOC32 za ARM (1997)

Preimenuje se v SYMBIAN (1998) – OS v mobilnih telefonih.

Družina Intel x86 in osebni računalniki



Intel 8086, 1979
20k tranzistorjev, NMOS
16-biten, 5MHz-10MHz



Intel 80286, 1982
134k tranzistorjev, AMD CMOS
16-biten, 6MHz-25MHz



Intel 80386, 1985
275k tranzistorjev, CMOS
32-biten, 12MHz-40MHz



Intel i486, 1989
>1M tranzistorjev, CMOS
32-biten, 16MHz-100MHz

- Pentium, Pentium MMX (1993)
- Pentium Pro (1995)
- Pentium 4 (2000)
- Pentium 4 Prescott – 64-biten (2004)
- Core2 (2006)
- Core i3, i5, i7 (2008)
- Atom – majhna poraba (2008)

Družina ARM

Majhna poraba, preprost (RISC) – ARM2: 30k tranzistorjev (Motorola 68000: 70k)
Se ne napihuje po velikosti – npr. ARM6 ima le 35k tranzistorjev
Od 2007 uporablja 97% mobilnih telefonov vsaj 1 procesor ARM
Licenčna prodaja (\$0.11/procesor) ... veliko proizvajalcev
Že ARM2 je bil 32-biten (naslovi so bili zgoj 26-bitni)

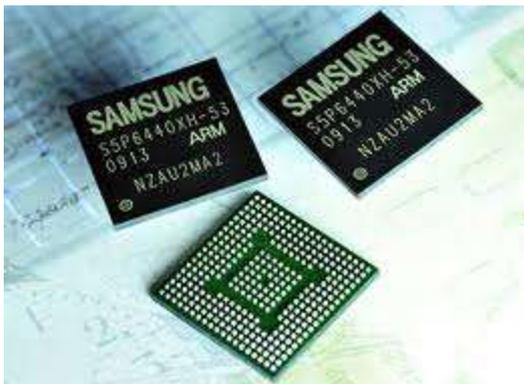
ARM1 (1985)

ARM2 (1986) – prvi zaresen izdelek

...

ARM7TDMI (1994) – to jedro je v sistemu Š-ARM

ARM9, ARM11, Cortex (A8, A9, M4 M3 M0, M1)



iPhone4
Cortex A8



Mikrokontrolerji

V enem vezju integrirani
mikroprocesor
pomnilnik
vhodno/izhodne enote

Za uporabo v vgrajenih (embedded) aplikacijah.

Leta 2006 - 55% vseh prodanih mikroprocesorjev/mikrokontrolerjev je 8-bitnih.



PIC18F8720

Freescale 68HC11, Coldfire

Zilog eZ8, eZ80

Intel 8051

Družina ARM

Družina Atmel AVR

Družina PIC

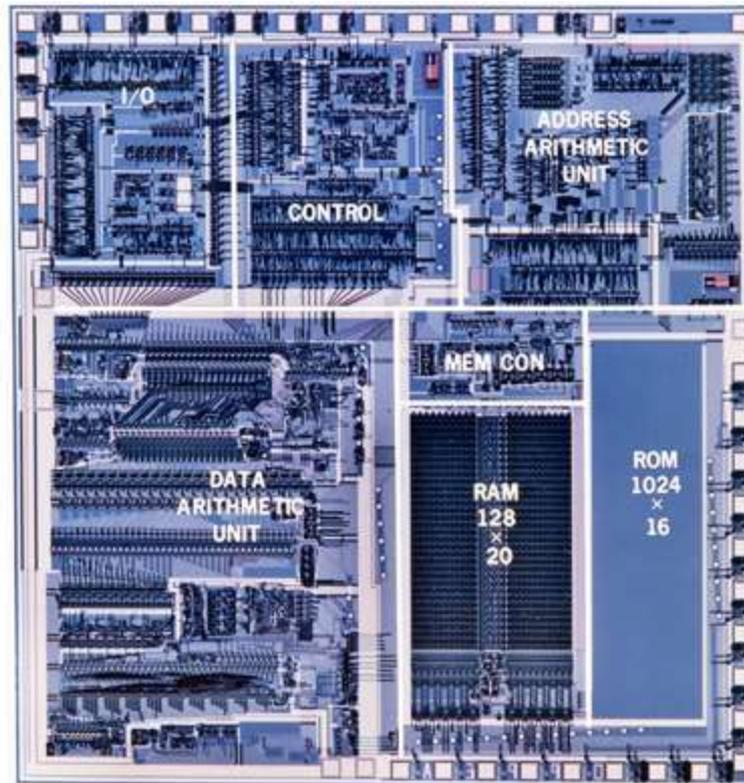
...

Signalni in komunikacijski procesorji

Ozko specializirani mikroprocesorji.

Podsklopi za pohitritev določenih operacij.

Pogosto je faktor tudi nizka poraba energije.



Bell Labs DSP-1 (1979)

Programiranje

```
$A000: 00011011
$A001: 11011101
$A002: 11101111
$A003: 00111111
```

strojni
jezik

```
loop    CMP Ri, Rj          ; set condition "NE" if (i != j),
                                ; "GT" if (i > j),
                                ; or "LT" if (i < j)
                                SUBGT Ri, Ri, Rj      ; if "GT" (greater than), i = i-j;
                                SUBLT Rj, Rj, Ri      ; if "LT" (less than), j = j-i;
                                BNE loop              ; if "NE" (not equal), then loop
```

zbirni jezik
(assemble
r)

```
bool do_cycle = false;
do {
    do_cycle = i != j;
    if (i > j)
        i -= j;
    else
        j -= i;
} while (do_cycle)
```

program v jeziku
C

