

The background of the slide is a light blue-grey color with a repeating pattern of white birds in flight, scattered across the entire area. The birds are shown in various stages of flight, with wings spread, creating a sense of movement and freedom.

# Od tranzistora do mikroprocesora

**Neformalni pregled**

*Ivo Penzar  
fg microtec, Zagreb*

Siječanj 2009.

# Pregled

- tranzistor  
integrirani krug (IC)  
mikroprocesor
- od kasnih 1940-tih  
do kasnih 1960-tih  
(do danas)
- Moorov zakon:  
opservacija (a posteriori)  
ili smjernice (a priori)
- zlatno doba Bellovih  
laboratorija  
(Bell Telephone Labs)
- 'Fairchildren' genealogija  
začeci Silicijske doline
- teorija 'singulariteta' kao  
poopćenje Moorovog  
zakona:  
utopija ili propast  
čovječanstva

# Tranzistor naš svagdašnji

- **transform, resistor**
- pojačivač signala  
preklopnik
- diskretni  
integrirani
- Intel (Nehalem)  
45 nm, 3.2 GHz, 8 core  
 $1.5 \times 10^9$  tranzistora
- ARM (Cambridge, UK)  
 $3 \times 10^9$  licenciranih  
procesora godišnje
- **Q:** 2002 godišnja proizvodnja tranzistora po stanovniku  
Zemlje: a) 6000    b) 60,000    c) 60 mil.    d)  $6 \times 10^9$

# American Telephone & Telegraph

- A. G. Bell 1879  
Bell Telephone Co.
- Bellovi patenti (do 1917)  
1913 otkupljuju patente za  
vakuumsku cijev  
WWI: AT&T vs. RCA patenti za  
radio vezu
- transkont. veza 1915  
transatl. radio veza 1927  
TAT-1 kablovska 1956  
Telstar-I satelit 1962
- ‘prirodni monopol’ od nac. interesa  
(kont. SAD bez Aljaske)  
“five/six nines” QoS
- Bell Labs (istraživanja)  
Western Electric (proizv. opreme)
- 1974 prihod iznosi 1.4%  
američkog BDP-a  
3x veći no General Motors  
100 mil. korisnika, 1 mil.  
zaposlenika
- 1982 anti-trust nagodba i raspad:  
“Ma Bell” (veze) i 7 “Baby Bells”  
(reg. operateri)
- 1996 deregulacija  
konkurencija: MCI, Sprint
- 2005 SBC Comm. (baby) kupuje  
AT&T Corp. i osniva AT&T Inc.

# Bell Laboratories

- osnovani 1925.  
Lucent Technologies 1995  
Bell Labs. ponovno 2007
- “R&D tax” 2% ukupnog prihoda  
ATT-a  
1974 tadašnjih 500 mil. \$
- 30,000 patenata
- 6 Nobelovih nagrada (fizika):  
1937 valna priroda materije  
1956 tranzistor  
1977 provodlj. nesavrš. kristala  
1978 kozmičko zračenje  
1997 hlađenje atoma laserom  
1998 kvantni Hallov efekt
- H. Nyquist (dvostruka frekv.  
uzorkovanja)  
C. Shannon (Math. Th. of Comm.,  
1948)
- tranzistor, laseri, solarne ćelije
- MOSFET, CCD  
DSL, PCM, DTMF  
TDMA, CDMA, OFDM, WaveLAN
- UNIX OS  
programski jezici C, C++  
BELLMAC 32 (1980)
- Statistical Process Control  
metodologija, začeci za Six Sigma

# Izum tranzistora

- prvi patenti (bez praktičnih rezultata):  
E. Lilienfeld, Kanada 1925  
O. Heil, Njemačka 1934
- **Bell Labs:**  
J. Bardeen, W. Brattain, XII 1947, germanijski kontaktni tranzistor  
W. Shockley et al., I 1948, germanijski spojni tranzistor  
C. Fuller, G. Pearson, 1953, difuzijski proces (prve solarne ćelije)  
M. Tannenbaum, III 1954, silicijski spojni tranzistor (J. of Applied Phy, 1955)
- **Texas Instruments:**  
G. Teal (iz Bell Labs), W. Adcock, V 1954, silicijski spojni tranzistor  
*komercijalna proizvodnja*
- **Nobelova nagrada 1958**  
Bardeen, Brattain, Shockley
- TI, Fairchild Semiconductors, Motorola i ostali: tranzistori i integrirani krugovi za am. vojsku, avijaciju, NASA-u
- AT&T / Bell Labs frustracija: prva dig. tel. centrala tek 1971, J. Morton (potpredsj.): “**Large Scale Idiots**”



Bell Labs, 1950.



TI, 1954.

# Bardeen, Shockley

- John Bardeen (1908-1991)  
PhD mat. fiz. Princeton 1936
- Bell Labs (1945-1951)  
Urbana-Champaign (1951-1975)
- prvi fizičar s dvije Nobelove nagrade: 1956 (tranzistor), 1972 (super-provodljivost -> tomografija, magn. rez.)
- 1988 Sovj. akademija znanosti: zlatna medalja  
1990 Life mag., 100 najzn. Amerikanaca u XX st.
- William Shockley (1910-1989)  
PhD fiz. MIT 1936
- VI 1945, za Pentagon: “za pobjedu trebat će pobiti 5-10 mil. Japanaca, uz 400-800 tisuća am. žrtava”
- Bell Labs (1945-1955)  
Shockley Semiconductor Lab. (1955-1961)  
Stanford (1961-1977)
- 1951 čl. Am. akademije znanosti (41 g.)
- 1970-te: eugeničar

# ‘Osmorica izdajnika’



- J. Blank  
V. Grinich  
J. Hoerni  
E. Kleiner  
J. Last  
G. Moore  
R. Noyce  
S. Roberts

- 1955-1957, rade za Shockley Semiconductor Lab., Mountain View, CA
- 1957 osnivaju Fairchild Semiconductor, San Jose, CA  
tranzistori (Apollo), izumljuju integr. krugove (uz Texas Instruments)  
1966 prvi iza TI, ispred Motorole; 12 tisuća zaposlenika
- ‘Fairchildren’ kompanije: Intel, AMD, Kleiner-Perkins, itd.

# Noyce, Moore

- Robert Noyce (1927-1990)  
PhD fiz. MIT 1952
- Gordon Moore (1929-)  
PhD kem. fiz. Caltech 1954
- 1957 suosnivaju Fairchild Semiconductors,  
1968 suosnivaju Intel
- Noyce vodi Fairchild Semiconductors (uspon i pad)
- Moore vodi Intel, kasnije A. Grove - 'zlatne' godine
- J. Kilby (TI): Nobelova nagrada za suotkriće (iz 1958) integriranog kruga 2000 (Noyce više nije živ)
- Noyce: 'gradonačelnik Silicijske doline'
- Moore, IV 1965, El. Mag., 'Moorov zakon': "gustoća tranzistora u integr. krugu uz koju je cijena po tranz. minimalna, udvostručuje se svake [dvije] godine"

# Mikroprocesori ( $\mu$ P)

- **CPU** (aritmetika + logika) kao integrirani krug (na jednom chipu)
- 4-bitni:  
TI TMS 1000, IX 1971  
Intel 4004, XI 1971
- 8-bitni:  
Intel 8008, 1972  
Motorola 6800, 1974  
Zilog Z80 (Sinclair ZX-81), 1976  
RCA 1802 (Voyager, Viking, Galileo)
- 32 bitni:  
Motorola 68000 (Apple Lisa, Macintosh)), 1979  
AT&T BELLMAC-32A, 1980
- Intel x86 (PC)  
8086 (8), 80286 (16), 80386, 486,  
Pentium (32), IA-64 (64)
- **RISC**: MIPS, ARM, PowerPC
- **multicore** dizajn (više procesora zajedno, dijele pristup na sabirnicu, cache)
- **DSP** (digitalni signalni procesor) grafički proc., obrada zvuka  
Texas Instruments
- **mikrokontroler ( $\mu$ C)**:  
CPU + memorija + I/O na chipu  
npr. ARM 7, 9, 11  
**embedded** primjene:  
mob. tel., MP3 ili DVD player,  
GPS, perilica, (wireless) router itd.  
**posebno real-time**:  
life-support med. oprema, ABS i  
sl, fly-by-wire sustavi itd.

# Literatura

- IEEE Spectrum mag.  
<http://www.spectrum.ieee.org/>
- Wikipedia  
<http://www.wikipedia.org/>
- Nobelprize.org  
[http://nobelprize.org/educational\\_games/physics/transistor/function/index.html](http://nobelprize.org/educational_games/physics/transistor/function/index.html)
- About.com: Inventors  
<http://inventors.about.com/library/inventors/blmicroprocessor.htm>
- Intel (on-line muzej)  
<http://www.intel.com/museum/onlineexhibits.htm>