



Moore & more than Moore

Fürjes Péter

E-mail: furjes@mfa.kfki.hu, www.mems.hu

A SZILÍCIUM (silex)

THE ELEMENTS

B 5 10.81
Boron

C 6 12.011
Carbon

N 7 14.007
Nitrogen

Al 13 26.982
Aluminum

Si 14 28.085
Silicon

P 15 30.974
Phosphorus

Ga 31 69.723
Gallium

Ge 32 72.64
Germanium

As 33 74.922
Arsenic

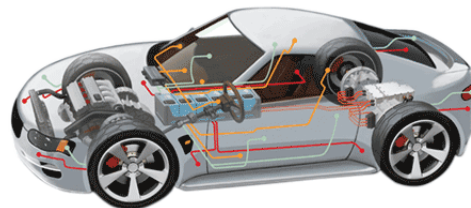
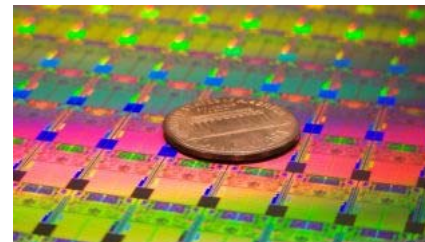
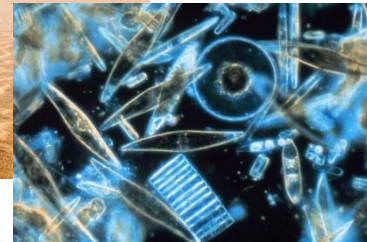
A SZILÍCIUM

Felfedező: Jons Berzelius
1823, Svédország

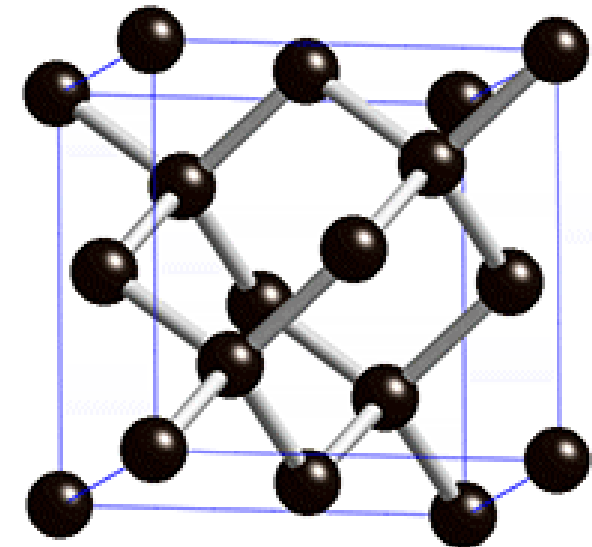
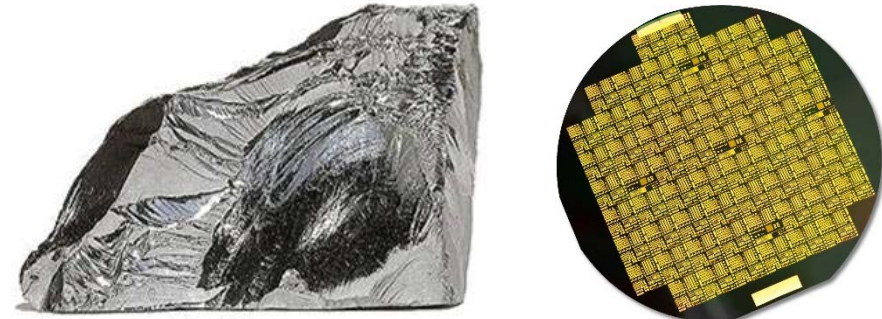
Természetes előfordulás:
gránit, kvarc, agyag, homok

2. leggyakoribb elem a Földön

Egyéb felhasználás...



A SZILÍCIUM – mint kémiai elem



Tulajdonság: szürke színű, fémesen csillogó, nagyon kemény anyag.

Rendszám: 14 ($1s^2 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^2$)

4. főcsoport / félfém

Rács: a gyémántéhoz hasonló

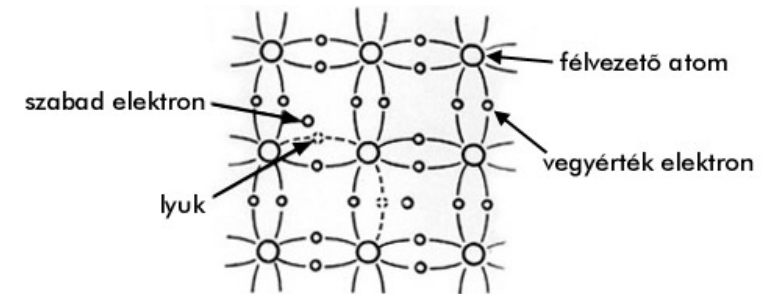
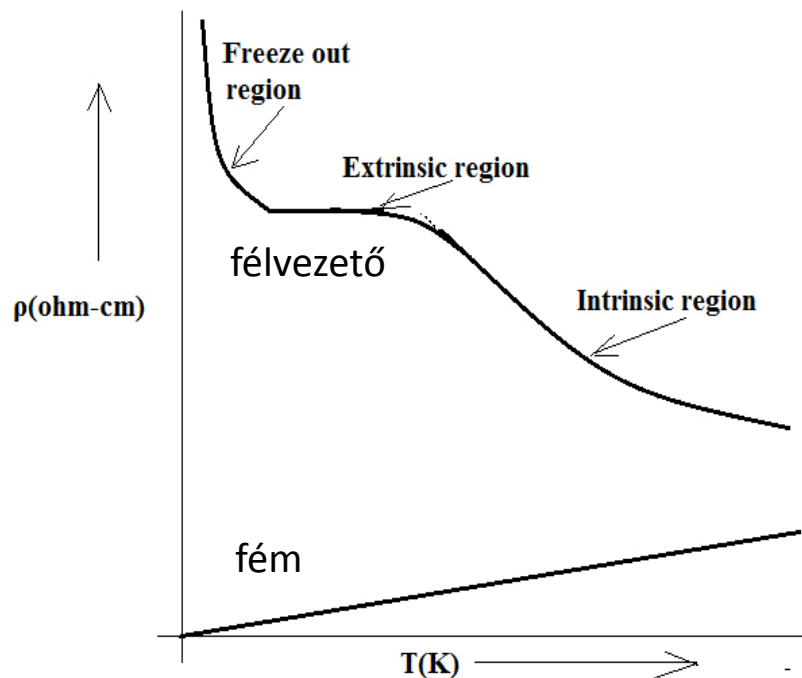
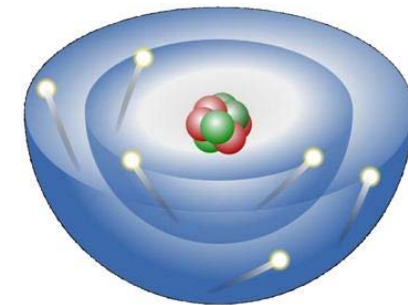
Elektromos tulajdonság: FÉLVEZETŐ

A FÉLVEZETŐK

A félvezetők ellenállása: $10^{-9} - 10^3 \text{ } \Omega\text{cm}$

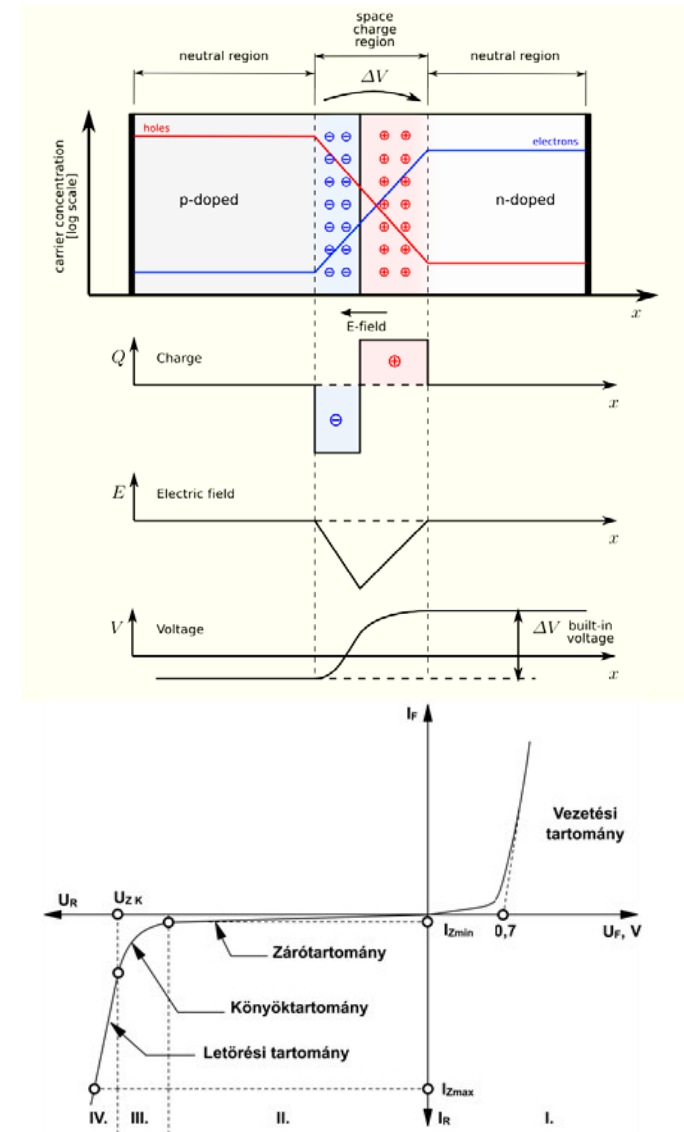
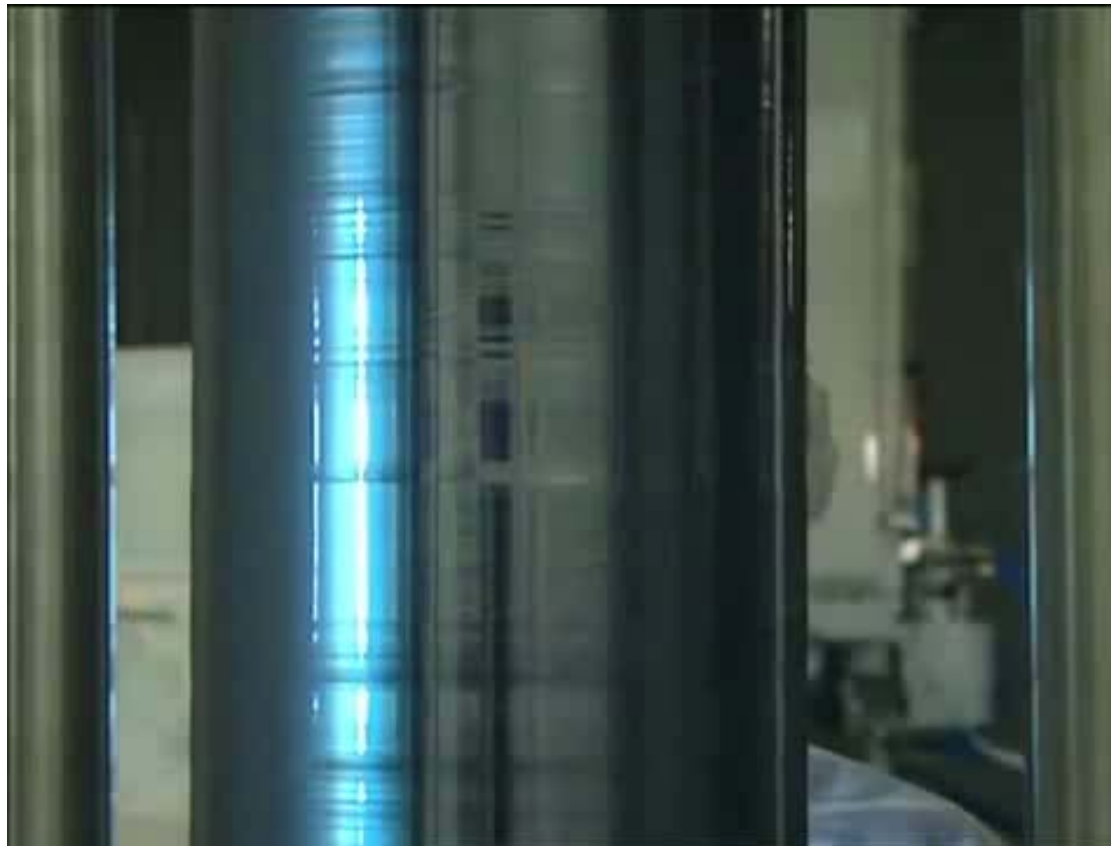
Hogyan változik a vezetők ellenállása a hőmérséklettel?

negatív hőmérsékleti együttható



A DIÓDA

Adalékolt félvezetők: n (elektron) és p (lyukvezető) típus



A TRANZISZTOR



The Nobel Prize in Physics 1956



William Bradford Shockley
Prize share: 1/3



John Bardeen
Prize share: 1/3



Walter Houser Brattain
Prize share: 1/3

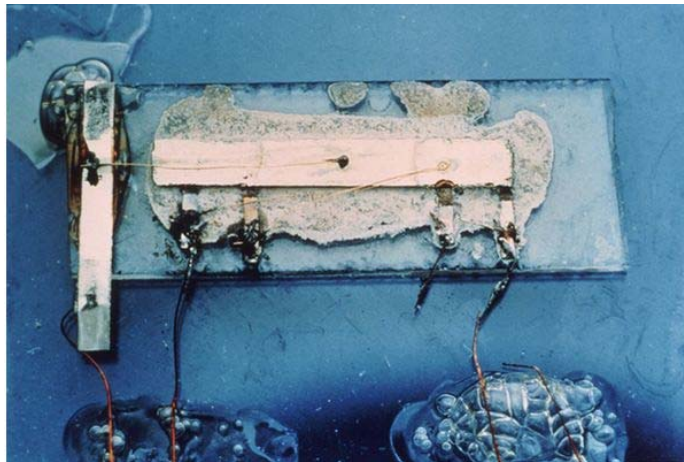
The Nobel Prize in Physics 1956 was awarded jointly to William Bradford Shockley, John Bardeen and Walter Houser Brattain *"for their researches on semiconductors and their discovery of the transistor effect"*.

Helyettesíti az elektroncsövet.

Funkciók:

kapcsoló / erősítő / feszültségstabilizálás

AZ ELSŐ INTEGRÁLT ÁRAMKÖR



- A tranzisztor megoldás az elektroncső problémáira (pl. fogyasztás, megbízhatatlanság).
- Az integrált áramkör megoldja a diszkrét elemek kapcsolásának problémáit (helytakarékoság).

The Nobel Prize in Physics 2000



Zhores I. Alferov
Prize share: 1/4



Herbert Kroemer
Prize share: 1/4



Jack S. Kilby
Prize share: 1/2

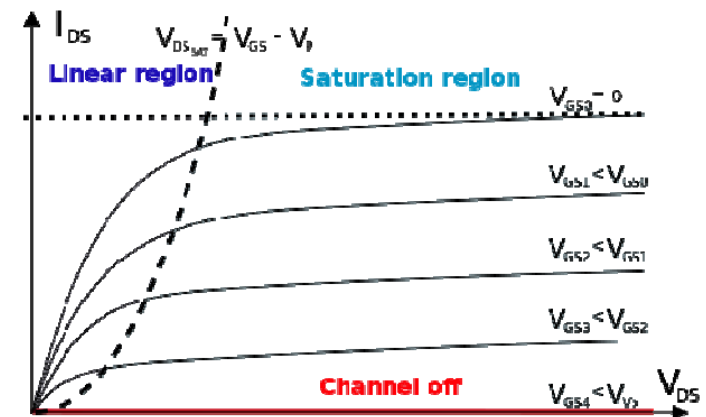
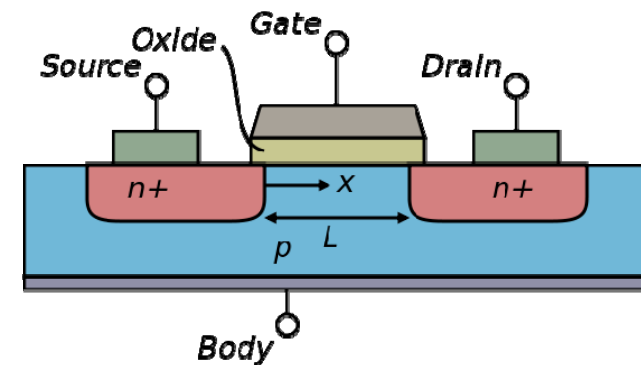
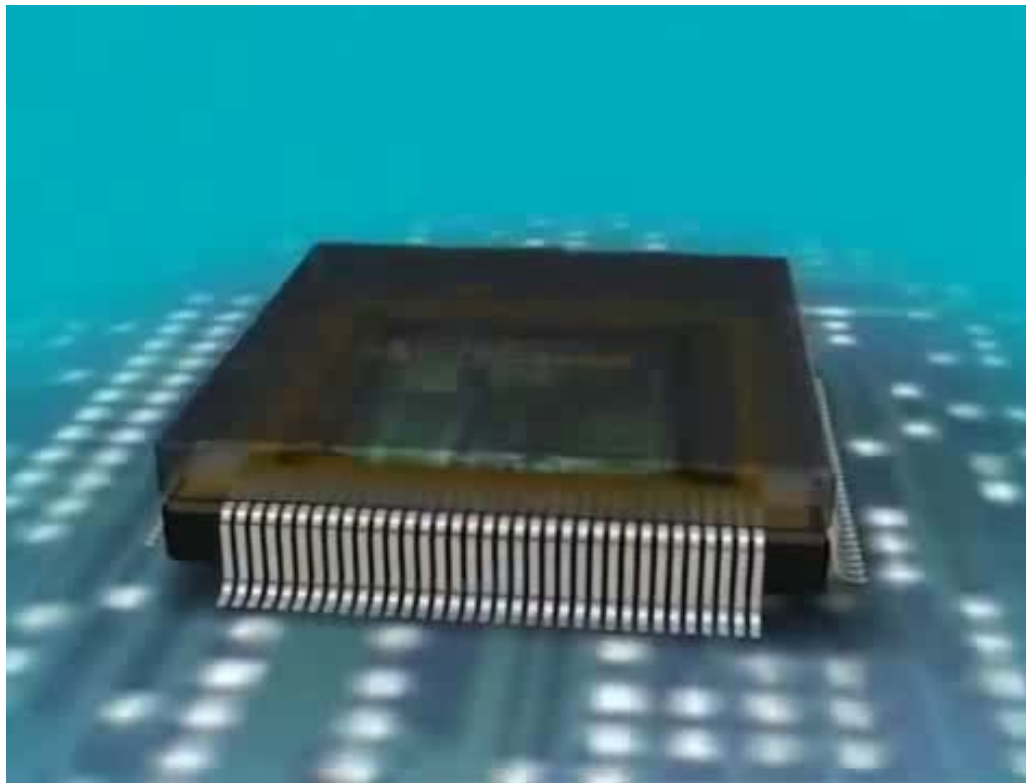
The Nobel Prize in Physics 2000 was awarded "*for basic work on information and communication technology*" with one half jointly to Zhores I. Alferov and Herbert Kroemer "*for developing semiconductor heterostructures used in high-speed- and optoelectronics*" and the other half to Jack S. Kilby "*for his part in the invention of the integrated circuit*".

Photos: Copyright © The Nobel Foundation

TÉRVEZÉRELT TRANZISZTOR (FET)

A CPU és a memória alapegysége

Funkciók: erősítés (analóg jelek), kapcsoló





AZ ELSŐ SZÁMÍTÓGÉP

Neumann János (1903-1957)



Kidolgozta az elektronikus számítógépek logikai elrendezését a kettes számrendszert alapján.

Alapelemei: memória, programtárolás, utasítás rendszer

A SZÁMÍTÁSI KAPACITÁS FEJLŐDÉSE

1 The accelerating pace of change ...



2 ...and exponential growth in computing power ...

Computer technology, shown here climbing dramatically by powers of 10, is now progressing more each hour than it did in its entire first 90 years

COMPUTER RANKINGS

By calculations per second per \$1,000



Analytical engine
Never fully built, Charles Babbage's invention was designed to solve computational and logical problems



Colossus
The electronic computer, with 1,500 vacuum tubes, helped the British crack German codes during WW II



UNIVAC I
The first commercially marketed computer, used to tabulate the U.S. Census, occupied 943 cu. ft.

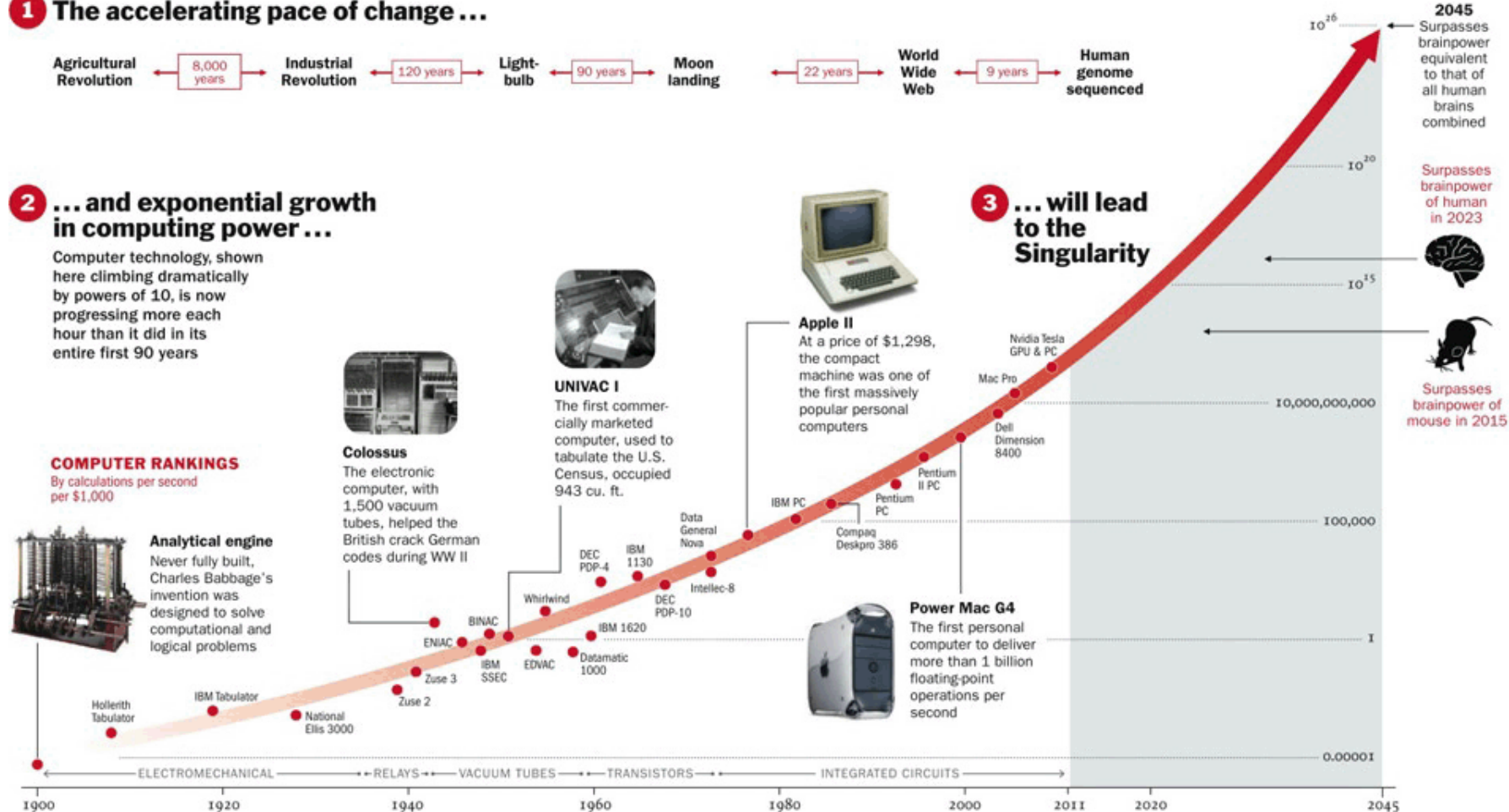


Apple II
At a price of \$1,298, the compact machine was one of the first massively popular personal computers



Power Mac G4
The first personal computer to deliver more than 1 billion floating-point operations per second

3 ... will lead to the Singularity

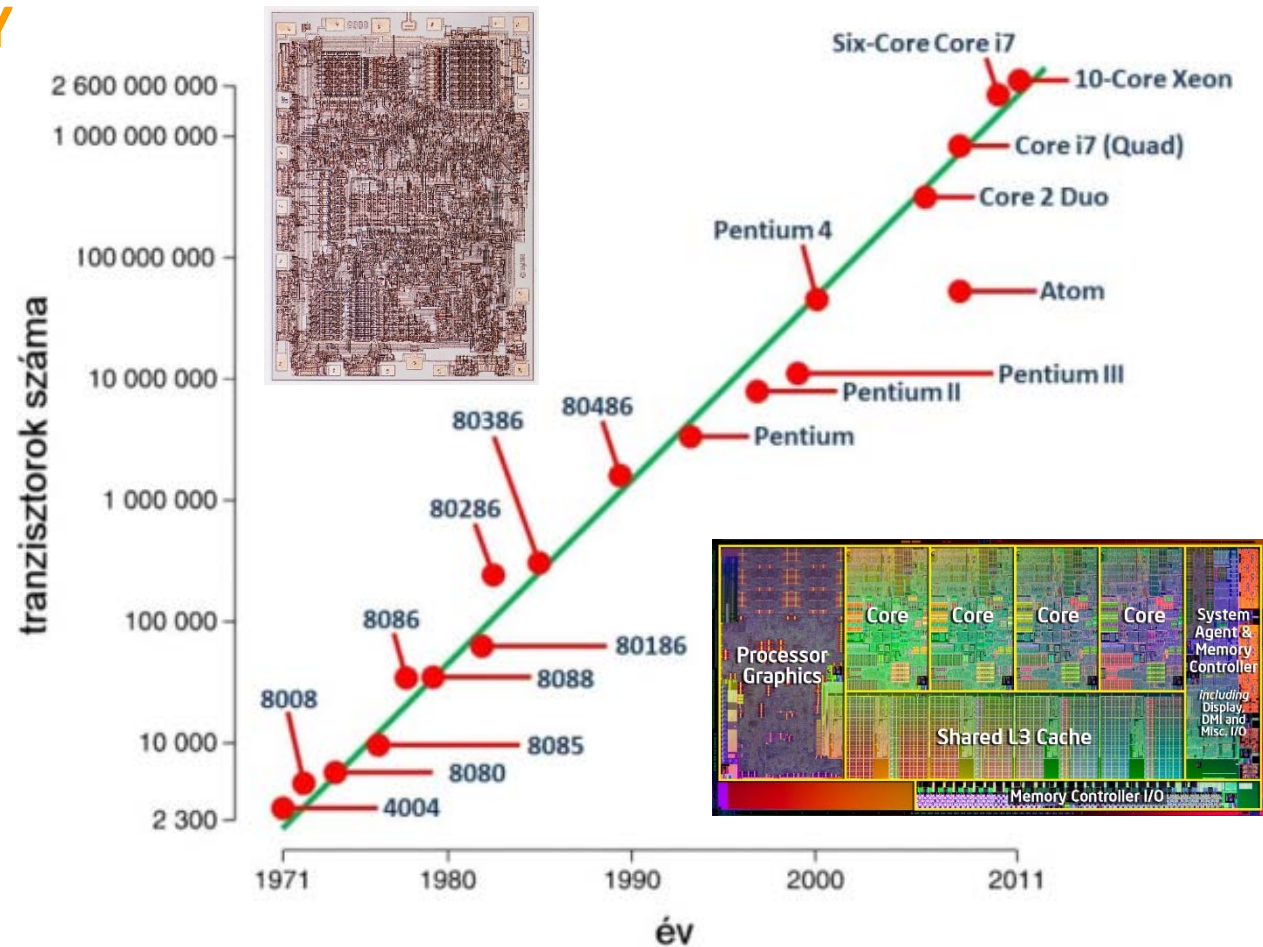


HÁNY TRANZISZTOR FÉR EL EGY CHIPEN?

A MOORE TÖRVÉNY



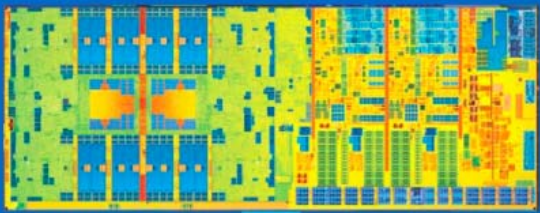
Gordon Moore (1965)



INTEL CORE i7

5th Gen Intel Core Processor
Intel® Core™ i7-5600U Processor with Intel® HD Graphics 5500 with Intel® HD Graphics 4400¹

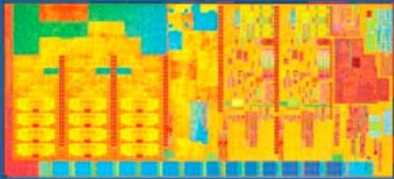
4th Gen Intel® Core™ Processor
0.96B transistors, 131mm²



35% more transistors



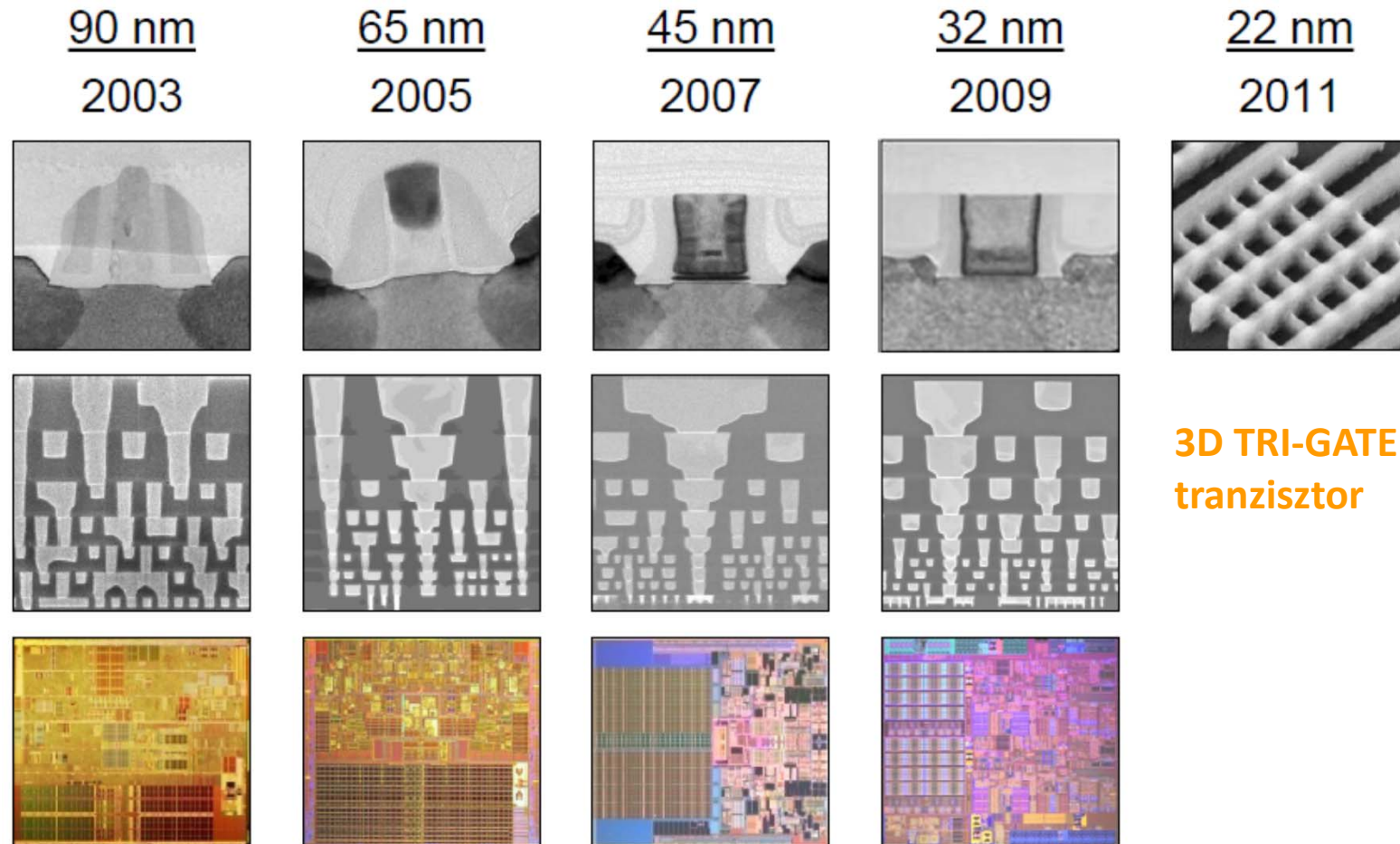
37% smaller die size



5th Gen Intel® Core™ Processor
1.3B transistors, 82mm²



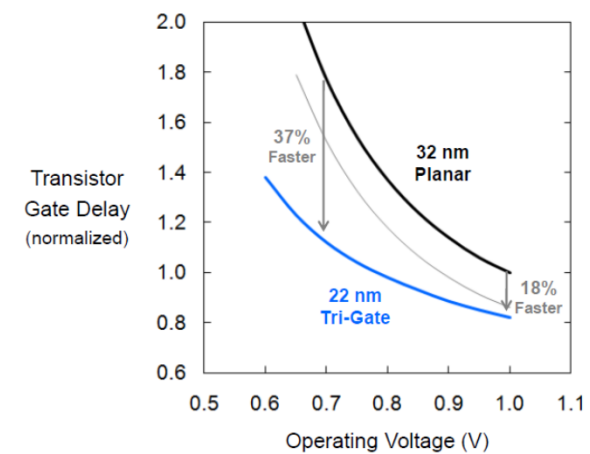
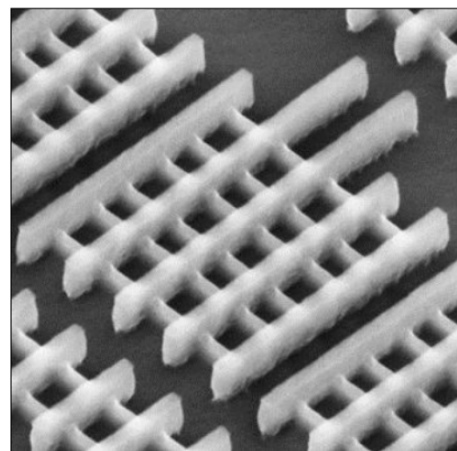
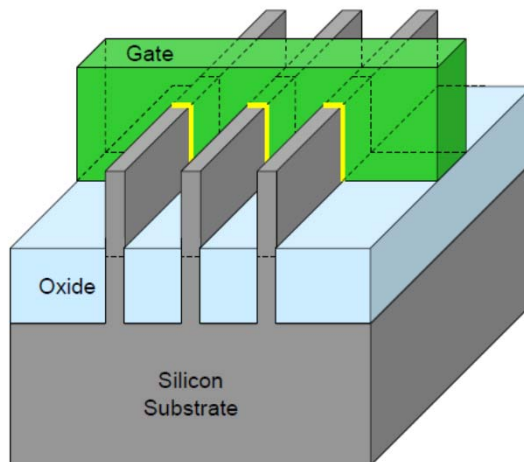
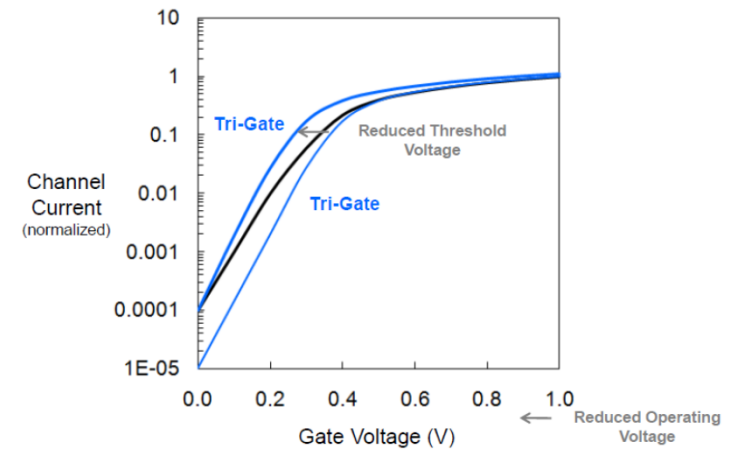
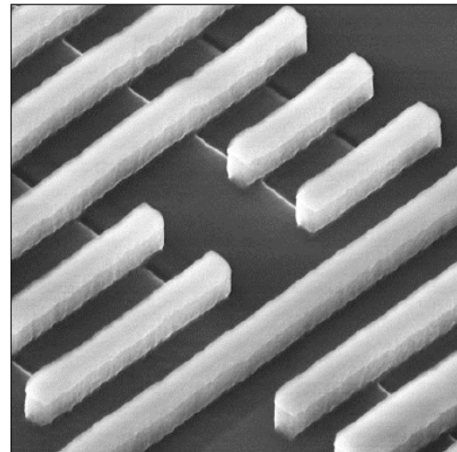
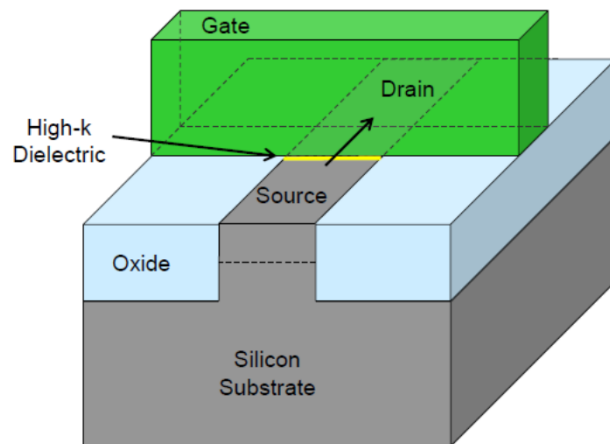
INTEL 2003 - 2011



TECHNOLÓGIA: a homoktól a processzorig



PLANÁR vs. 3D TRANZISZTOR



TECHNOLÓGIA: a homoktól a processzorig (3D TRI-GATE MOS)



INFRASTRUKTÚRA – MIKRO / NANO – INTEL FAB



MORE THAN MOORE

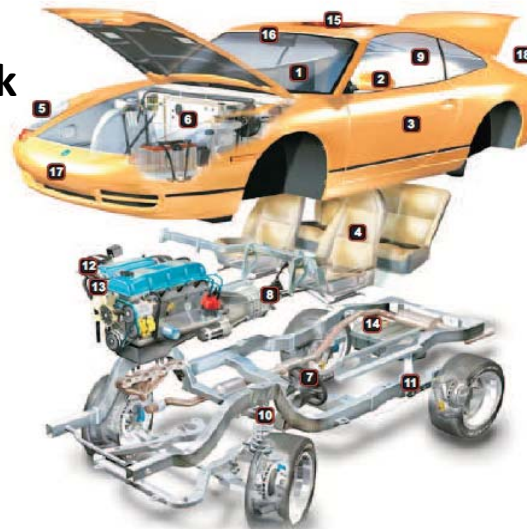
MEMS: az érzékelők forradalma

MEMS: SI SZENZOROK

mikro-elektromechanikai rendszerek

Példa: autóiipari alkalmazás

- Motor / sebességváltó diagnosztika és kontrol
- Élet- és közlekedésbiztonság
- Komfort



- 1 - Headlamp levelling control / Interior Lighting controls / Infotainment controls / Instrument panel dimming controls / Traction control / HVAC controls / Airbag enable-disable / Tachograph mode switch / Navigation system function select
- 2.- Mirror memory
- 3.- Door position sensor
- 4.- Seat:
 - Seat heating control
 - Recliner position sensor
 - Head restraint position sensor
 - Lumbar position sensor
 - Seat memory position sensor (linear & rotary)
- 5.- Headlamp levelling sensor / Adaptive frontlighting
- 6.- HVAC air flap position sensor
- 7.- Windshield wiper delay control / Steering angle position sensor
- 8.- Gear select position sensor
- 9.- Window position sensor
- 10.- Pedal position sensor
- 11.- Suspension & chassis height
- 12.- Throttle position / air-intake valve
- 13.- Swirl system / EGR
- 14.- Liquid level sensor
- 15.- Power sunroof control / Convertible hood control
- 16.- Rear-view mirror actuator feedback sensor
- 17.- Anti-collision radar
- 18.- Anti-pinch sensor / Aided parking



GUESS WHO?

Steve Jobs
APPLE



Apple II (1977):



Lisa (1983):



Macintosh (1984):



NeXT (1989):



iMac (1998):



iPod (2001):



iPhone (2007):



iPad (2010):

SZEDJÜK SZÉT VIRTUÁLIS IPHONE-UNKAT!



2007 IPHONE

- Gyorsulásmérő
- Proximity
- Környezeti világítás

2008/09 IPHONE 3

- Magnetométer
- Gyorsulásmérő
- Proximity
- Környezeti világítás

2010/11 IPHONE 4

- Giroszkóp
- MEMS mikrofon
- RGB / Proximity COMBO
- Magnetométer
- Gyorsulásmérő
- Proximity
- Környezeti világítás

2012/13 IPHONE 5

Szenzor Hub:

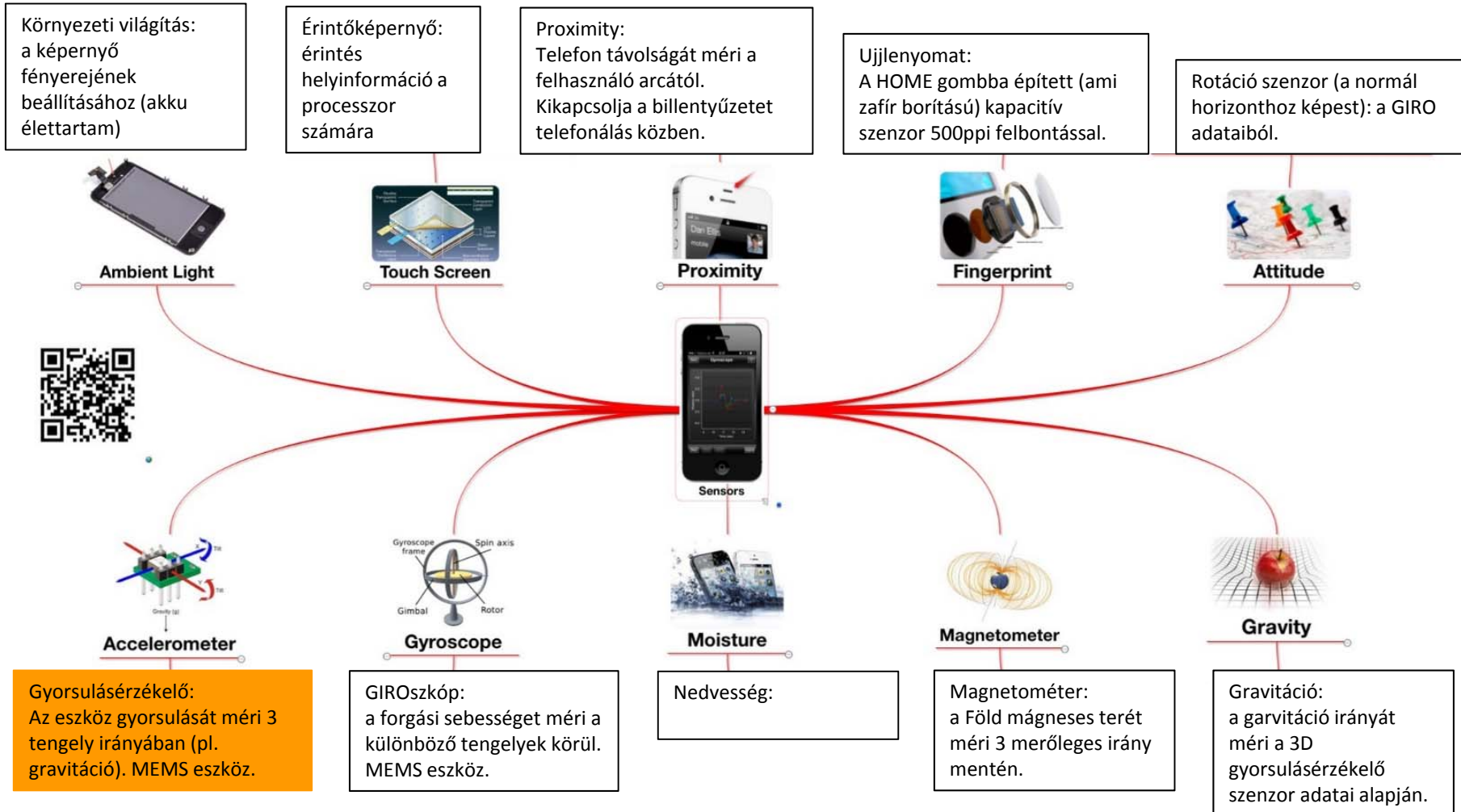
- Ujjlenyomat
- Giroszkóp
- Magnetométer
- MEMS Mikrofon
- Gyorsulásmérő
- Proximity / RGB
- Környezeti világítás

2014 IPHONE 6

Szenzor Hub:

- Nyomás
- „6” tengelyű gyorsulásmérő
- Ujjlenyomat
- Giroszkóp
- Magnetométer
- MEMS Mikrofon
- Gyorsulásmérő (diszkrét)
- Proximity / RGB
- Környezeti világítás

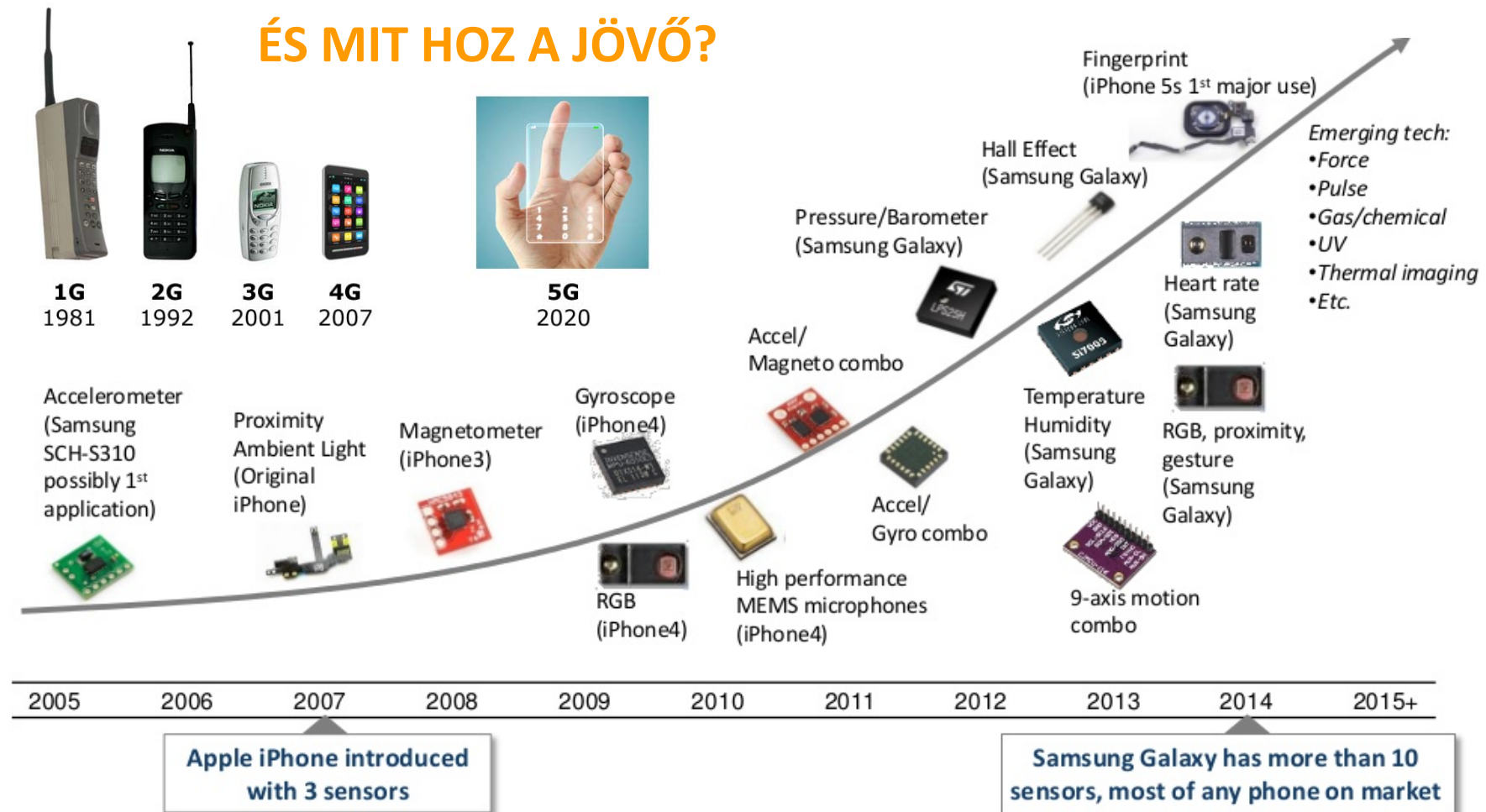
SZENZOROK AZ IPHONE-BAN



A JÖVŐ



ÉS MIT HOZ A JÖVŐ?



Sources: This little motion sensor went to the market..., Sonja Thompson, IT News Digest, March 22, 2007; Willie D. Jones, IEEE Spectrum, A Compass in Every Smartphone, January 29, 2010; Consumers boost MEMS combo sensors, Electronic Product Design and Test, March 19, 2014; Samsung Turns up the Pressure on Competition with Pressure Sensor in Galaxy S4, IHS, March 20, 2013; Behind the sixth sense of smartphones: the Snapdragon processor sensor engine, Qualcomm, April 24, 2014; MEMS for Cell Phones & Tablets, Yole Developpement, May 2012; Fairchild, Emergence of a \$Trillion MEMS Sensor Market, SensorCon, 2012; MEMS Microphone Market Tops 2 Billion Units, Mobile Dev Design, March 4, 2013

ÚJ MEMS ESZKÖZÖK A TELEFONOKBAN (2018)

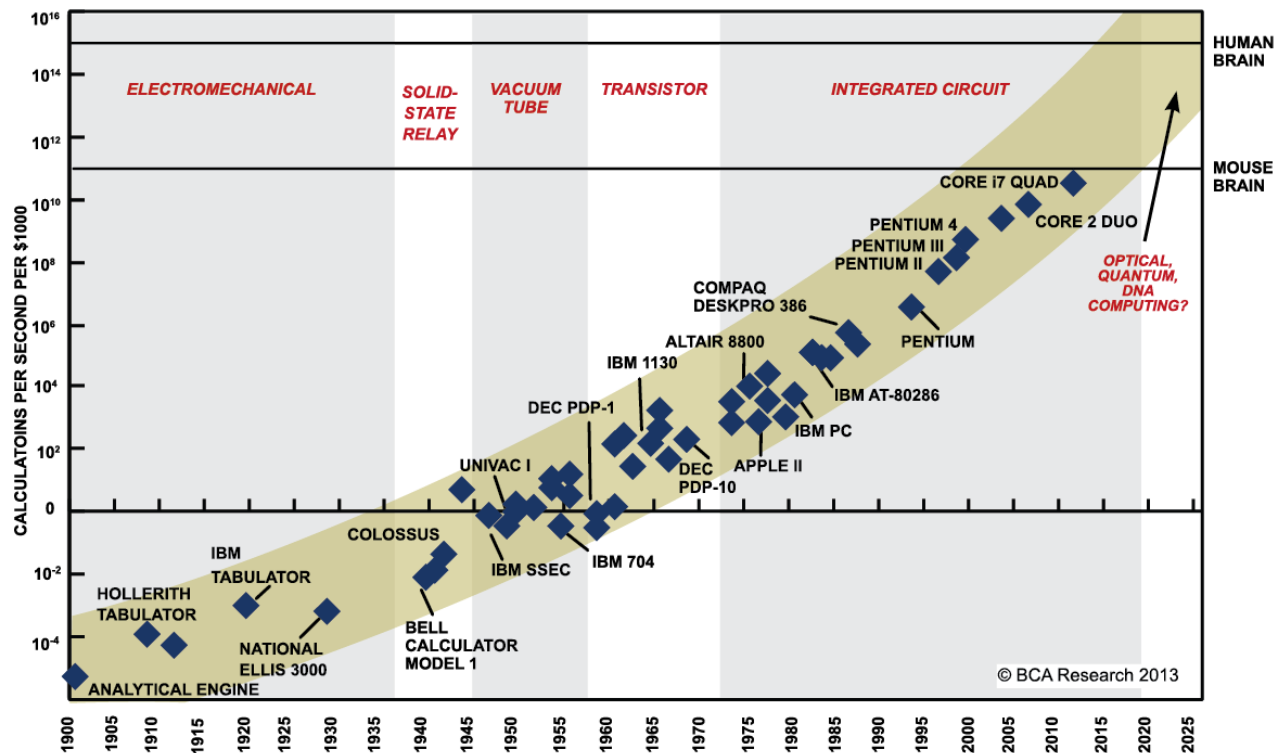
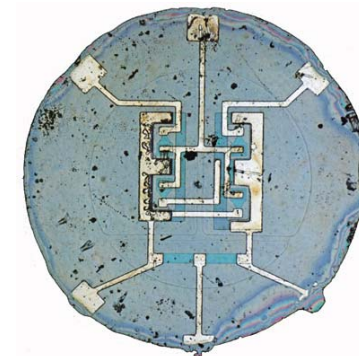
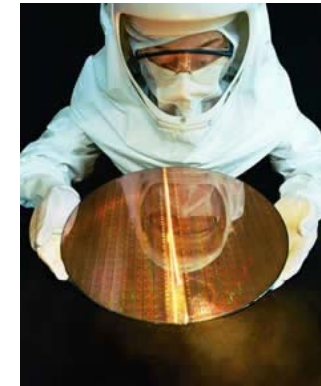
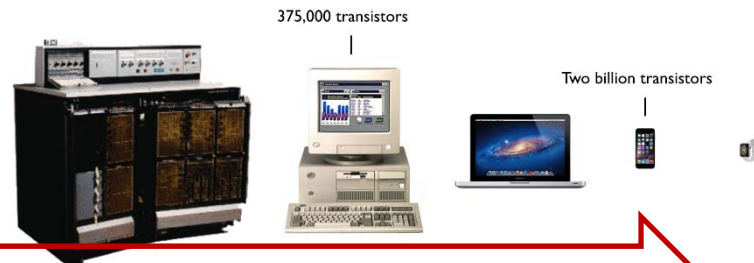


UV szenzor?
LIDAR?
Ultrahang?
Sugárzás szenzor?

- 9 tengelyű COMBO gyorsulásmérő / GIRO
- Nyomásmérő
- Nedvességérzékelő
- Hőmérő
- Még több mikrofon
- Szilícium oszcillátor az órához
- Antenna switch
- Gáz / biokémiai szenzor
- Autó fókus (kamera)
- MEMS tükrök (PicoProjektor)
- Mikro hangszóró
- Érintőképernyő
- Infravörös szenzor?
- Ultrahang?
- LIDAR
- Vélemények?

MOORE TÖRVÉNY

2025 - ig



SOURCE: RAY KURZWEIL, "THE SINGULARITY IS NEAR: WHEN HUMANS TRANSCEND BIOLOGY", P.67, THE VIKING PRESS, 2006. DATAPOINTS BETWEEN 2000 AND 2012 REPRESENT BCA ESTIMATES.



MORE THAN MOORE

2015 -

