

DIGITÁLIS TECHNIKA

Dr. Oniga István

A tananyag elkészítését az EFOP-3.4.3-16-2016-00021 számú projekt támogatta.
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Adminisztratív információk

- **Tárgy:** Digitális technika
- **Oktató:** Dr. Oniga István (oniga.istvan@inf.unideb.hu)
- **Kurzuskód:** INBMM0209E
- **Félév:** 2
- **Típus:** Előadás/Gyakorlat
- **Óraszám/hét:** 2E + 2 Gy
- **Kredit:** 6
- **Státusz:** Normál
- **Előfeltételek:** Elektronika
- **Számonkérés módja:** vizsga: írásbeli

Az előadás célja

- A hallgatók alapos és széleskörű, tudást szerezhhetnek az alapvető digitális/logikai építőelemek felépítésével, működésével, azok összefüggéseivel kapcsolatban

Tárgyleírás:

- Logikai alapkapcsolások,
- Boole-algebra, logikai függvények előállítás, kapcsolástechnikai megvalósítás,
- Áramköri családok jellemzése és típusválaszték.
- Kombinációs logikai hálózatok (dekódolók, multiplexerek, összeadók, komparátorok),
- Szekvenciális logikai hálózatok (tárolók, számlálók, regiszterek).

Jegyzet, tankönyv, felhasználható irodalom

- Dr. Oniga István: Előadási fóliák, segédanyagok:
http://irh.inf.unideb.hu/user/onigai/DT/digitalis_technika.html
- Dr. Arató Péter Logikai rendszerek tervezése (BME tankönyvkiadó)
- Dr. Göllei Attila, Dr. Holczinger Tibor, Dr. Vörösházi Zsolt - Digitális technika I
- Dr. Göllei Attila, Dr. Holczinger Tibor, Dr. Vörösházi Zsolt - Digitális technika II
- Dr. Szittyá Ottó: Digitális és analóg technika informatikusoknak, Budapest, 2000
- Zalotay Péter: DIGITÁLIS TECHNIKA <http://www.kobakbt.hu/jegyzet/DigitHW.pdf>
- Vörösházi Zsolt: Digitális Áramkörök,
<http://virt.uni-pannon.hu/index.php/oktatas/tantargyak/225-digitalis-aramkoeroek>

Digitális példatár [Link](#)

Online Karnaugh módszer <http://www.32x8.com/>

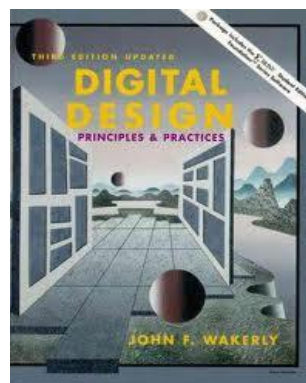
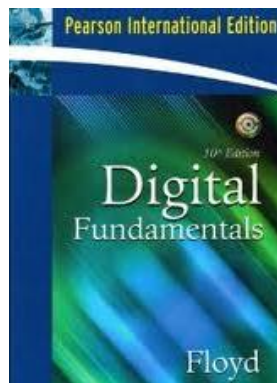
Digitális áramkör szimulátor: Digital works <https://www.mecanique.co.uk/software/digital-works.zip>

Digital Electronics Tutorial <http://www.asic-world.com/digital/tutorial.html>

Digital Logic <http://www.play-hookey.com/digital/>

Angol nyelvű irodalom

- Thomas L. Floyd, **Digital Fundamentals**, Pearson Prentice Hall, 2009
- John F. Wakerly, **Digital Design**, Prentice Hall, 2001.
- M. Morris Mano, Charles R. Kime, **Logic and Computer Design Fundamentals** - edition 2, Prentice Hall, 1997.
- Richard E. Haskell, Darrin M. Hanna, **Introduction to Digital Design using Digilent FPGA Boards - Block Diagram/Verilog Examples**, LBE Books, 2009.



A Digitális technika (Számítástechnika) története

Őskor

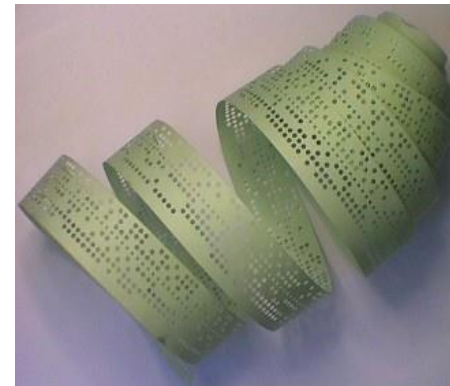
1642. B. Pascal – Számoló gép (+,-).



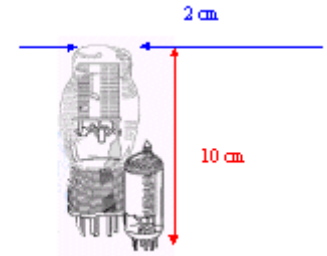
1694. von Leibniz: kettes számrendszeren alapult. A négy alpműveletet és a gyökvonást végezte.



1823. *Charles Babbage* bemutatta a világ első speciális célú, mechanikus működtetésű (lyukkártya) digitális számológépének modelljét.



Első generáció



- **1904** : John Fleming feltalálta az elektroncsövet.
- **1945** : Neumann János A számítógép felépítésének és működésének elvei (Neumann Architektúra).
- **1937 - 1945**. Elektromechanikus számológépek alkotóelemei - elektromágneses relék: Mark I 1943. Az adatokat és utasítá-sokat lyukszalagról vitték fel a gépre. 16,5 m hosszú, 35 tonna tömegű, 3 művelet/másodperc (1.ábra).

1946 : ENIAC - elektroncsöves külső vezérlésű - az első teljesen elektronikus - számítógép 30 Tonna / 72 m². A gépet 16 fajta 18000 elektroncső, 70 ezer ellenállás, 7200 kristálydióda, 10 ezer kondenzátor, 4100 relé felhasználásával építették. A gép teljesítményfelvétele: 140 kW-os. Elhelyezéséhez egy 30 méternél hosszabb teremre volt szükség. 350 x /s 5000 + /s (2.ábra).

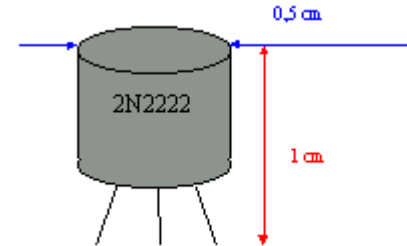


Második generáció

1947 A tranzisztort 1947-ben fedezte fel a Bell Laboratóriumban *John Bardeen*, *Walter Houser Brattan* és *William Shockley*, akik ezért 1956-ban Nobel-díjat kaptak.

1965 : IBM-1400 típus – 15000 eladott példány

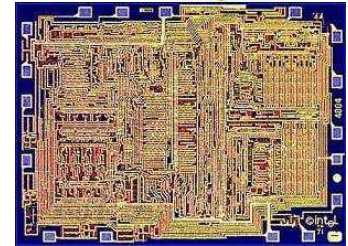
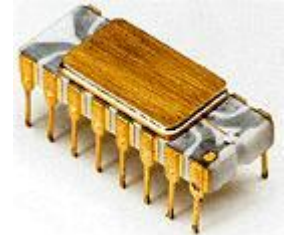
1965 : Mini számítógép PDP 8 1MHz, 790 W, 1m² . Adatmemória 4096.



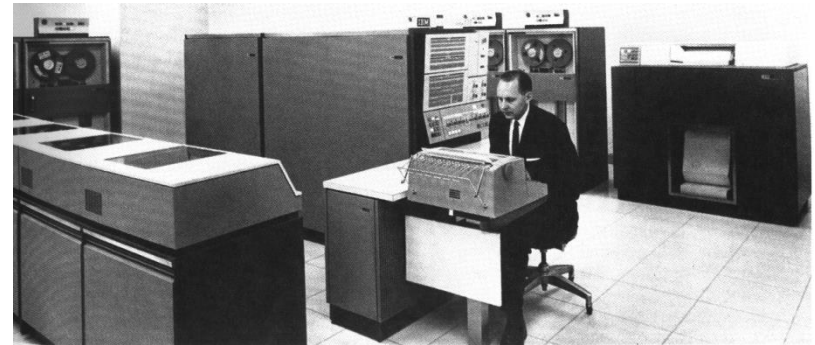
Harmadik generáció

. 1961 Integrált áramkör (IC)

- Fairchild Semiconductor és Texas Instruments.
- Műveleti sebességük elérte az 1 millió művelet/másodperc értéket.
- További magas szintű programnyelvek jelentek meg.
- Létrejöttek az első operációs rendszerek, a multiprogramozás és az időosztásos technika.



1965 : Az IBM-360 típusú számítógépe



1965 : Moore törvénye: az IC-k komplexitása $\times 2 / 1,5$ (2) év

Negyedik generáció

1971 : INTEL be jelentette a *mikroprocesszor* megalkotását, **i4004** (45 utasítás, 60000 utasítás/s, 108 KHz frekvencia, 2300 tranzisztor, 200USD).

1971 : Intel 8008 jelzésű egység

1978 : Intel **8086** 330 000 utasítás/s,

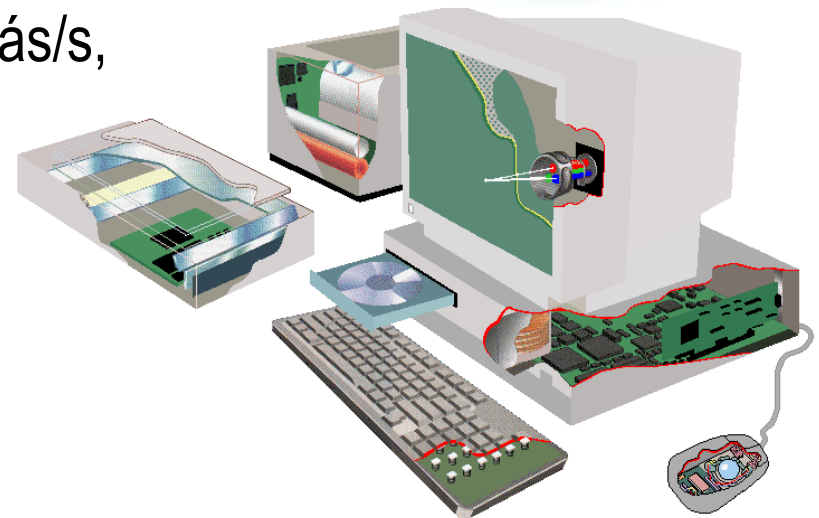
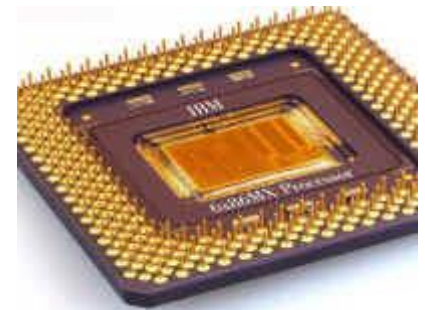
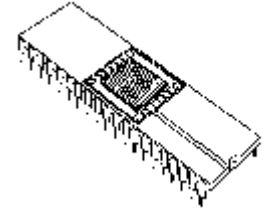
1981 : IBM PC - MS-DOS (Bill Gates).

1985 : Intel 80386, 1 millió de utasítás/s,
200.000 tranzisztor

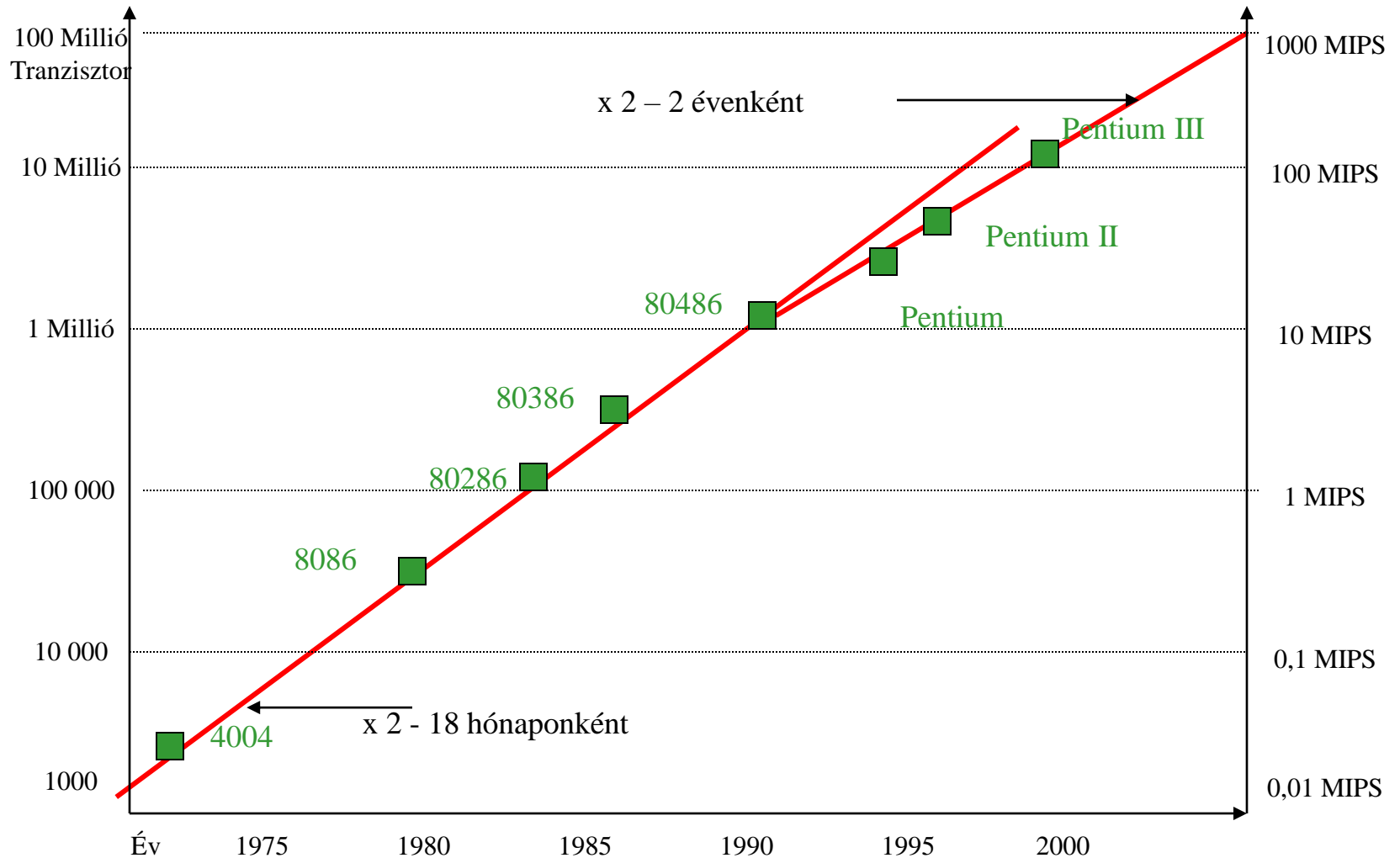
1986 : Első párhuzamos gépek

1990 : Multimédia számítógépek

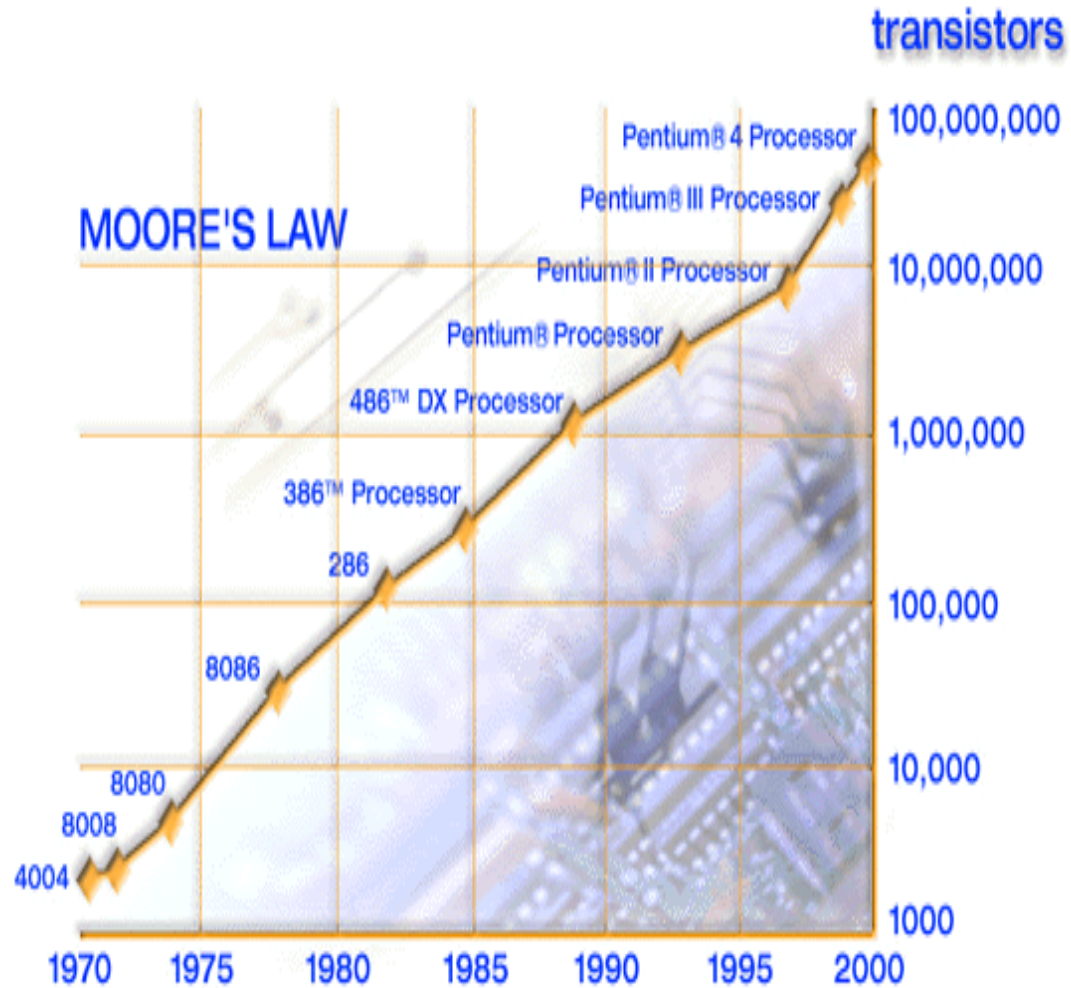
2000 : Intel Pentium IV



MOORE törvénye



	Year	Transistors
4004		2.250
8008		2.500
8080		5.000
8086		29.000
286		120.000
386™ processor	1985	275.000
486™ DX processor	1989	1.180.000
Pentium® processor	1993	3.100.000
Pentium II processor	1997	7.500.000
Pentium III processor	1999	24.000.000
Pentium 4 processor	2000	42.000.000

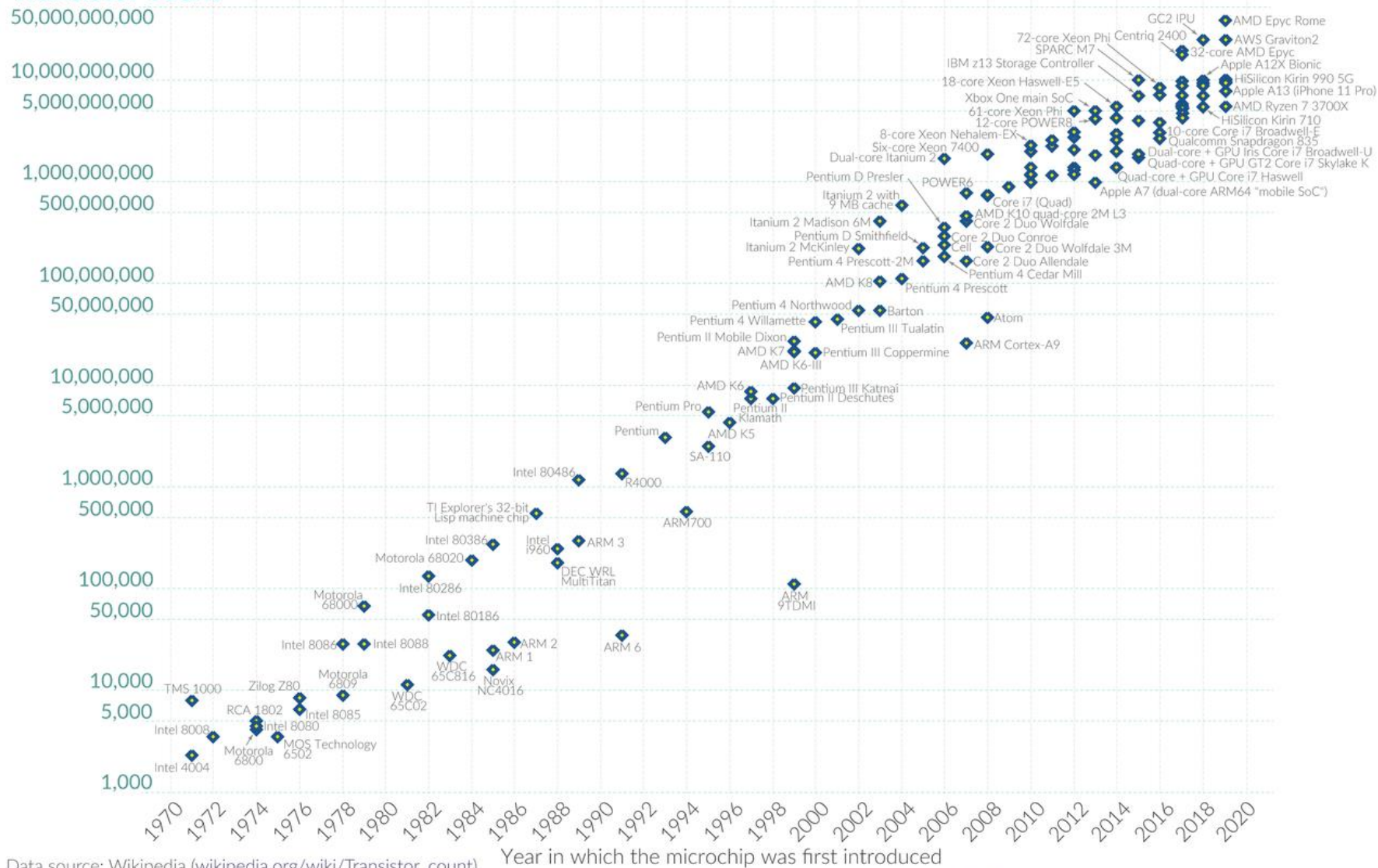


Intel processzorok összehasonlítás

Moore's Law: The number of transistors on microchips doubles every two years

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.

Transistor count



Data source: Wikipedia (wikipedia.org/wiki/Transistor_count)

OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

Proceszory

Qualcomm Snapdragon 865 (octa-core 64/32-bit ARM64 "mobile SoC", SIMD, caches)	10,300,000,000 ^[123]	2020	Qualcomm	7 nm	83.54 mm ² ^[124]
Apple A12X Bionic (octa-core 64/32-bit ARM64 "mobile SoC", SIMD, caches)	10,000,000,000 ^[125]	2018	Apple	7 nm	122 mm ²
Fujitsu A64FX (64/32-bit, SIMD, caches)	8,786,000,000 ^[126]	2018 ^[127]	Fujitsu	7 nm	?
Tegra Xavier SoC (64/32-bit)	9,000,000,000 ^[128]	2018	Nvidia	12 nm	350 mm ²
AMD Ryzen 7 3700X (64-bit, SIMD, caches, I/O die)	5,990,000,000 ^{[129][d]}	2019	AMD	7 & 12 nm (TSMC)	199 (74+125) mm ²
HiSilicon Kirin 990 4G	8,000,000,000 ^[130]	2019	Huawei	7 nm	90.00 mm ²
Apple A13 (hexa-core 64-bit ARM64 "mobile SoC", SIMD, caches)	8,500,000,000 ^{[131][132]}	2019	Apple	7 nm	98.48 mm ²
AMD Ryzen 9 3900X (64-bit, SIMD, caches, I/O die)	9,890,000,000 ^{[133][134]}	2019	AMD	7 & 12 nm (TSMC)	273 mm ²
HiSilicon Kirin 990 5G	10,300,000,000 ^[135]	2019	Huawei	7 nm	113.31 mm ²
AWS Graviton2 (64-bit, 64-core ARM-based, SIMD, caches) ^{[136][137]}	30,000,000,000	2019	Amazon	7 nm	?
AMD Epyc Rome (64-bit, SIMD, caches)	39,540,000,000 ^{[133][134]}	2019	AMD	7 & 12 nm (TSMC)	1008 mm ²
TI Jacinto TDA4VM (ARM A72, DSP, SRAM)	3,500,000,000 ^[138]	2020	Texas Instruments	16 nm	
Apple A14 Bionic (hexa-core 64-bit ARM64 "mobile SoC", SIMD, caches)	11,800,000,000 ^[139]	2020	Apple	5 nm	88 mm ²
Apple M1 (octa-core 64-bit ARM64 SoC, SIMD, caches)	16,000,000,000 ^[140]	2020	Apple	5 nm	119 mm ²
HiSilicon Kirin 9000	15,300,000,000 ^{[141][142]}	2020	Huawei	5 nm	114 mm ²
Apple A15	15,000,000,000 ^{[143][144]}	2021	Apple	5 nm	107.68 mm ²
AMD Ryzen 7 5800H (64-bit, SIMD, caches, I/O and GPU)	10,700,000,000 ^[145]	2021	AMD	7 nm	180 mm ²
Apple M1 Pro (10-core, 64-bit)	33,700,000,000 ^[3]	2021	Apple	5 nm	245mm ² ^[146]
Apple M1 Max (10-core, 64-bit)	57,000,000,000 ^{[2][3]}	2021	Apple	5 nm	432mm ² ^[146]
Intel Xeon Sapphire Rapids (56-core)	N/A	2022	Intel	"Intel 7" (previously 10 nm)	~1600mm ² ^[147]

GPU

Durango 2 (Xbox One S)	5,000,000,000	2016	AMD	TSMC	16 nm	240 mm ²
Neo (PlayStation 4 Pro)	5,700,000,000	2016	AMD	TSMC	16 nm	325 mm ²
Polaris 10 "Ellesmere"	5,700,000,000	2016	AMD	Samsung, GlobalFoundries	14 nm	232 mm ²
GP104 Pascal	7,200,000,000	2016	Nvidia	TSMC	16 nm	314 mm ²
GP100 Pascal	15,300,000,000	2016	Nvidia	TSMC, Samsung	16 nm	610 mm ²
GP108 Pascal	1,850,000,000	2017	Nvidia	Samsung	14 nm	74 mm ²
Polaris 12 "Lexa"	2,200,000,000	2017	AMD	Samsung, GlobalFoundries	14 nm	101 mm ²
GP107 Pascal	3,300,000,000	2017	Nvidia	Samsung	14 nm	132 mm ²
Scorpio (Xbox One X)	6,600,000,000	2017	AMD	TSMC	16 nm	367 mm ²
GP102 Pascal	11,800,000,000	2017	Nvidia	TSMC, Samsung	16 nm	471 mm ²
Vega 10	12,500,000,000	2017	AMD	Samsung, GlobalFoundries	14 nm	484 mm ²
GV100 Volta	21,100,000,000	2017	Nvidia	TSMC	12 nm	815 mm ²
TU106 Turing	10,800,000,000	2018	Nvidia	TSMC	12 nm	445 mm ²
Vega 20	13,230,000,000	2018	AMD	TSMC	7 nm	331 mm ²
TU104 Turing	13,600,000,000	2018	Nvidia	TSMC	12 nm	545 mm ²
TU102 Turing	18,600,000,000	2018	Nvidia	TSMC	12 nm	754 mm ²
TU117 Turing	4,700,000,000	2019	Nvidia	TSMC	12 nm	200 mm ²
TU116 Turing	6,600,000,000	2019	Nvidia	TSMC	12 nm	284 mm ²
Navi 14	6,400,000,000	2019	AMD	TSMC	7 nm	158 mm ²
Navi 10	10,300,000,000	2019	AMD	TSMC	7 nm	251 mm ²
GA100 Ampere	54,000,000,000	2020	Nvidia	TSMC	7 nm	826 mm ²
GA102 Ampere	28,000,000,000	2020	Nvidia	Samsung	8 nm	628 mm ²
GA104 Ampere	17,400,000,000	2020	Nvidia	Samsung	8 nm	392 mm ²
MI250X Aldebaran	59,000,000,000	2021	AMD	TSMC	6 nm	N/A

FPGA

FPGA	MOS transistor count	Date of introduction	Designer	Manufacturer	MOS process	Area
Virtex	70,000,000	1997	Xilinx			
Virtex-E	200,000,000	1998	Xilinx			
Virtex-II	350,000,000	2000	Xilinx		130 nm	
Virtex-II PRO	430,000,000	2002	Xilinx			
Virtex-4	1,000,000,000	2004	Xilinx		90 nm	
Virtex-5	1,100,000,000	2006	Xilinx	TSMC	65 nm	
Stratix IV	2,500,000,000	2008	Altera	TSMC	40 nm	
Stratix V	3,800,000,000	2011	Altera	TSMC	28 nm	
Arria 10	5,300,000,000	2014	Altera	TSMC	20 nm	
Virtex-7 2000T	6,800,000,000	2011	Xilinx	TSMC	28 nm	
Stratix 10 SX 2800	17,000,000,000	TBD	Intel	Intel	14 nm	560 mm ²
Virtex-Ultrascale VU440	20,000,000,000	Q1 2015	Xilinx	TSMC	20 nm	
Virtex-Ultrascale+ VU19P	35,000,000,000	2020	Xilinx	TSMC	16 nm	900 mm ² [e]
Versal VC1902	37,000,000,000	2H 2019	Xilinx	TSMC	7 nm	
Stratix 10 GX 10M	43,300,000,000	Q4 2019	Intel	Intel	14 nm	1400 mm ² [e]
Versal VP1802	92,000,000,000	2021 ^[f]	Xilinx	TSMC	7 nm	?

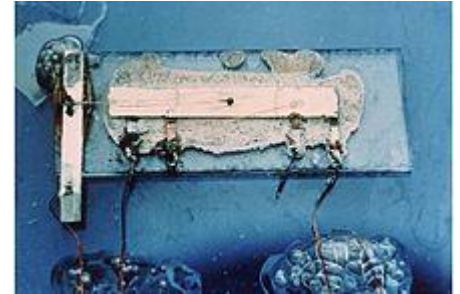
FPGA

Year	Component	Name	Number of MOSFETs (in billions)
2021	microprocessor (commercial)	M1 Max	57
2020	DLP	Colossus Mk2 GC200	59.4
2020	GPU	Alderbaran MI250X	59
2019	any IC chip	Samsung's V-NAND chip	2000
2020	any IC chip	Wafer Scale Engine 2	2600

https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count

IC technológiák

- Az első integrált áramkört Jack Kilby, a Texas Instruments mérnöke készítette 1958-ban.
- Az integrált áramkör tipikus alkatrésze a tranzisztor.
- Tipikus technológiai lépések a rétegleválasztás, fotolitográfia, maratás, a diffúzió és az ionimplantáció.



- 10 μm – 1971
- 6 μm – 1974
- 3 μm – 1977
- 1.5 μm – 1981
- 1 μm – 1984
- 800 nm – 1987
- 600 nm – 1990
- 350 nm – 1993
- 250 nm – 1996
- 180 nm – 1999
- 130 nm – 2001
- 90 nm – 2003
- 65 nm – 2005
- 45 nm – 2007
- 32 nm – 2009
- 22 nm – 2012
- 14 nm – 2014
- 10 nm – 2016
- 7 nm – 2018
- 5 nm – 2020
- 3 nm – 2022
- Future
- 2 nm ~ 2024

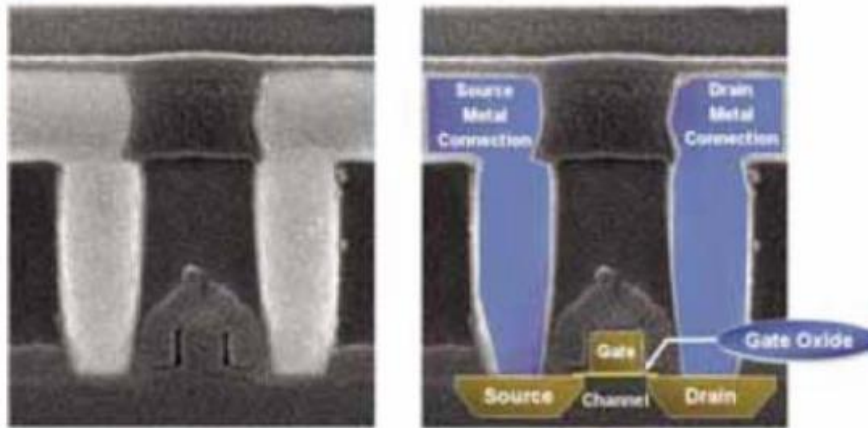
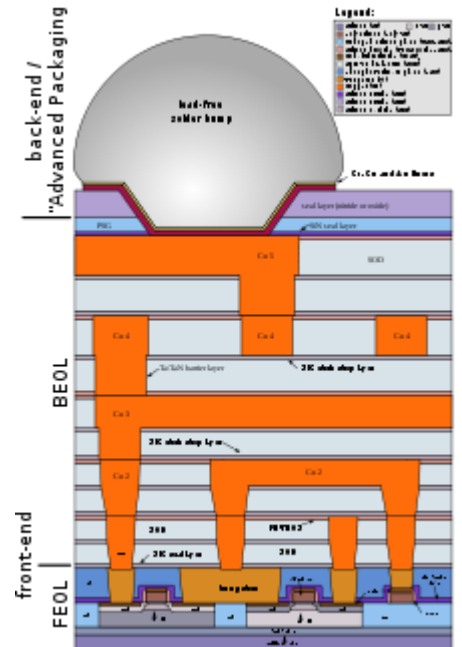


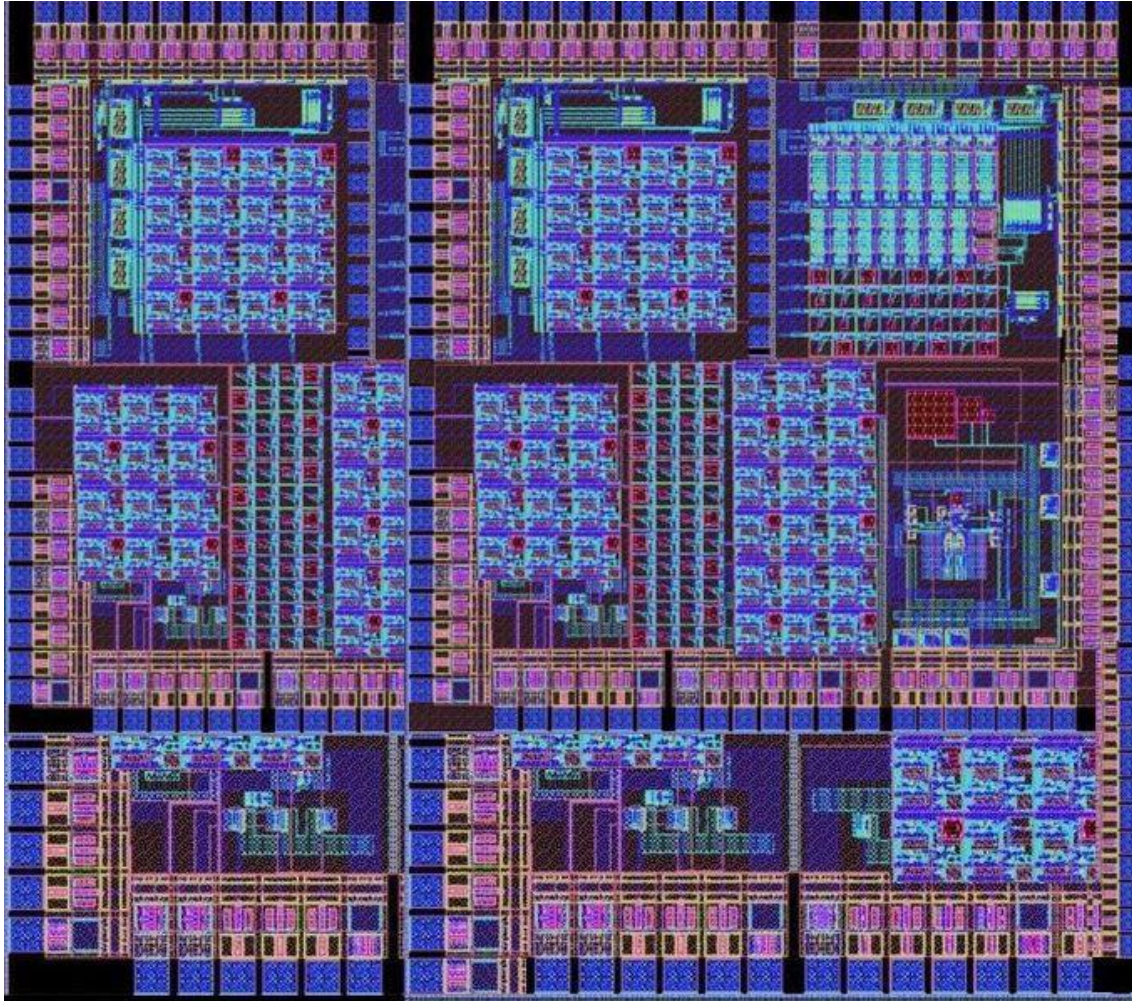
Figure 3a, 3b – Middle oxide thickness Virtex-4 transistor used in triple-oxide process and with highlighted portions of the transistors

[22nm-technology-how-transistors-are-made-](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_semiconductor_scale_examples)

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_semiconductor_scale_examples



Integrált áramkör nagyított belső képe



Integrált áramkörök

- **SSI** (Small-Scale Integration): kisebb integráltságú elemek; egy-egy részfeladatra készülnek. Tipikus képviselője: logikai kapuk
- **MSI** (Medium-Scale Integration): közepes integráltságú elemek; bonyolultabb feladatok megoldására készültek. Például Léptető regiszter, multiplexer
- **LSI** (Large-Scale Integration): nagy integráltságú elemek; komplex feladatok ellátására készültek; például szorzók
- **VLSI** (Very-large-scale integration): nagy integráltságú elemek; Jellemzőjük, hogy univerzálisan alkalmazhatóra tervezték őket, azaz nem egyetlen részfeladat elvégzésére. Tipikus képviselője: mikroprocesszor

Analóg és digitális rendszerek

A világban megfigyelt, mért, rögzítet, feldolgozót és vezérelt mennyiségek analógok vagy digitálisak lehetnek.

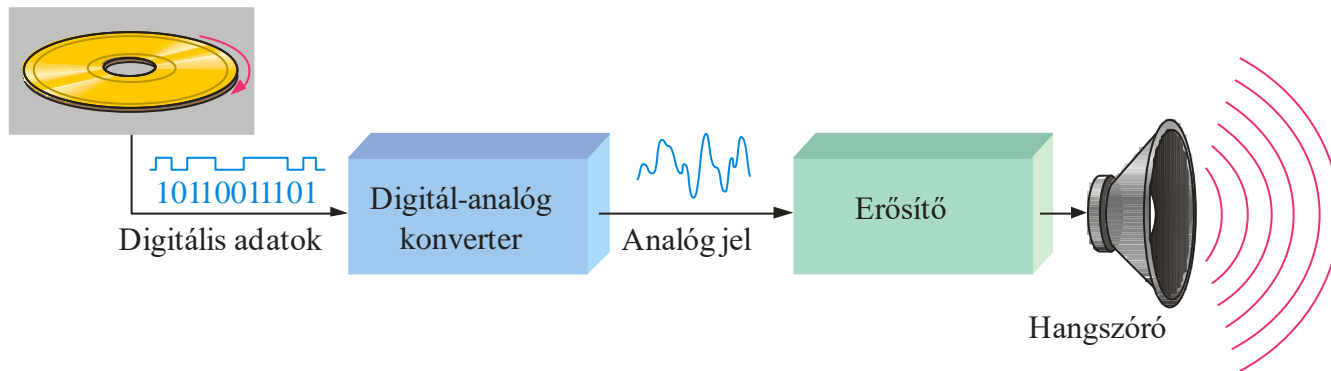
Ennek megfelelően az elektronikus áramkörök (rendszerek):

analóg áramkörök – folytonos jelek

digitális áramkörök – diszkrét jelek

Sok rendszer kombinálva alkalmazza az analóg és digitális elektronikai áramköröket, hogy mindkét technológia előnyeit kihasználják.

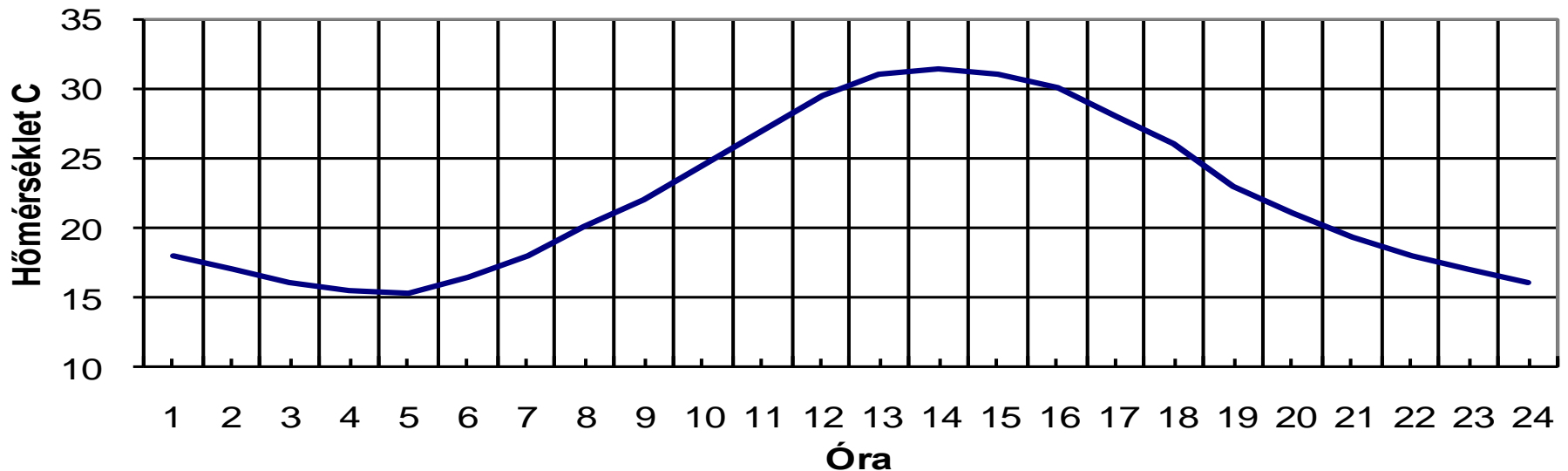
Egy tipikus CD-lejátszó elfogadja a digitális adatokat a CD-meghajtótól, és a digitál-analóg átalakítás után felerősíti az analóg jelet.



Analóg mennyiségek

A természetben található legtöbb mennyiség, analóg és ezek folyamatosan változnak.

Az analóg rendszerek általában nagyobb teljesítményű jeleket képesek kezelni, mind a digitális rendszerek.



Pld. Hőmérséklet változása folytonos.

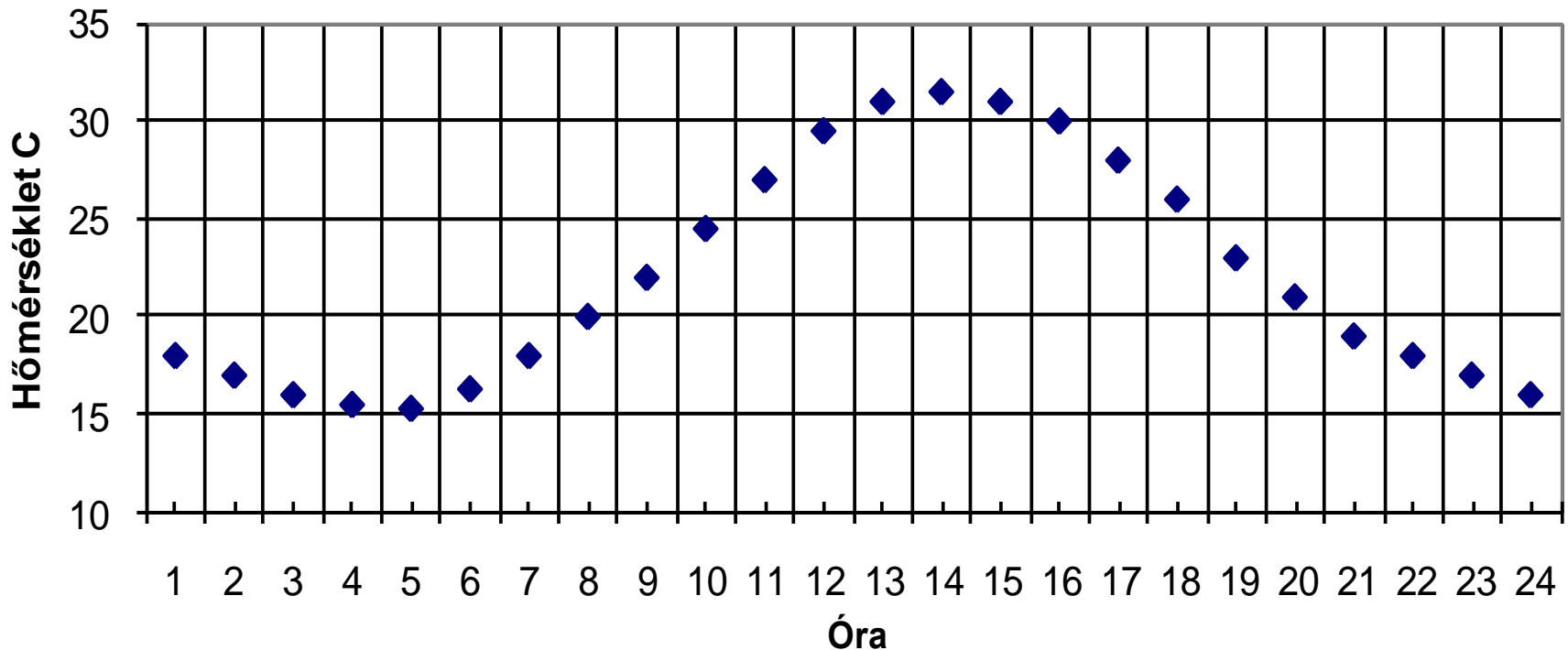
Fontos: Az ilyen analóg mennyiségek értéktartománya folytonos

Digitális ábrázolás

A diszkrét rendszerek diszkrét jeleket dolgoznak fel.

A hőmérsékletet nem folytonos reprezentáljuk hanem csak minden órában. Ekképpen egy új görbét kapunk, diszkrét értékekkel.

Fontos: Az ilyen digitális mennyiségek értéktartománya diszkrét



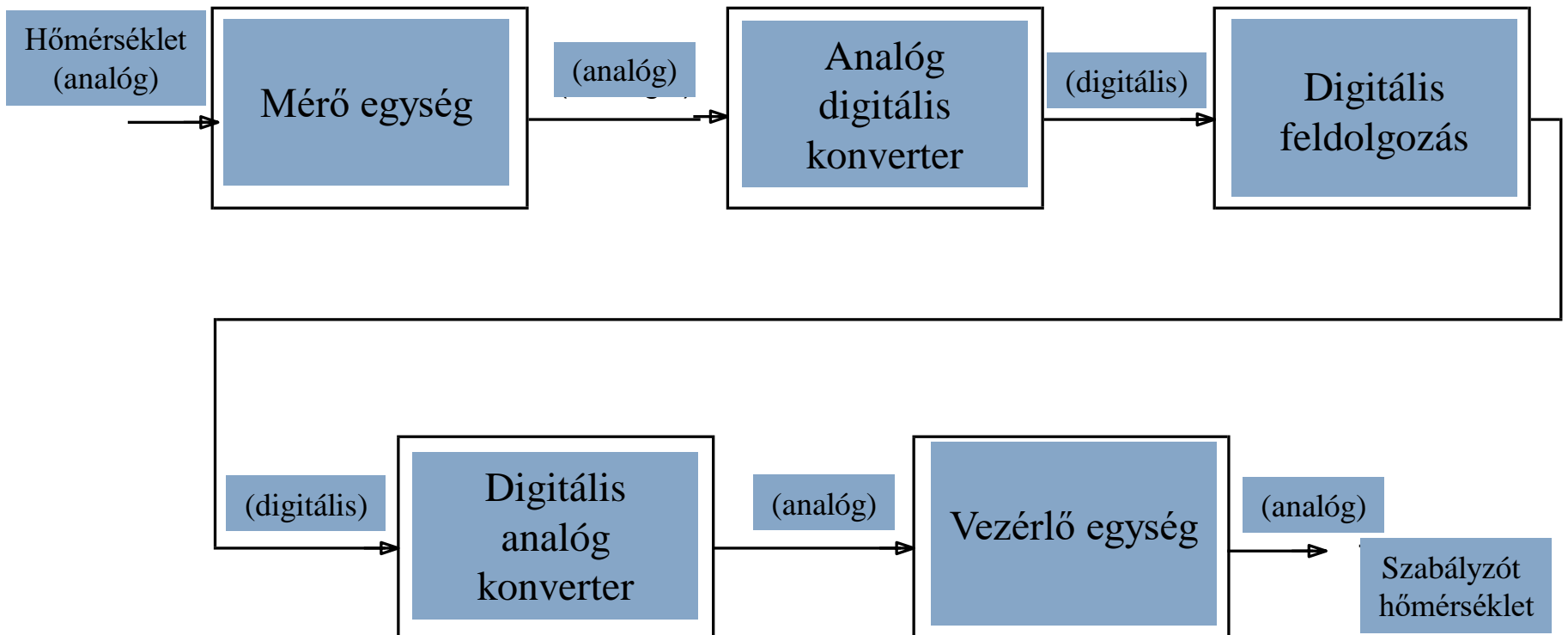
A digitális technika előnyei

- A digitális jelek könnyebben és pontosabban feldolgozhatók és továbbíthatók
- Könnyebb tervezni
- Kevésbé zajérzékeny
- Könnyebb a tárolás. Pld. Digitális zene tárolása
- Nagyobb pontosság és reprodukálhatóság
- Numerikus kijelzők
- A műveletek programozhatók
- Nagyobb áramkörösűrűség érhető el

A digitális technika korlátai

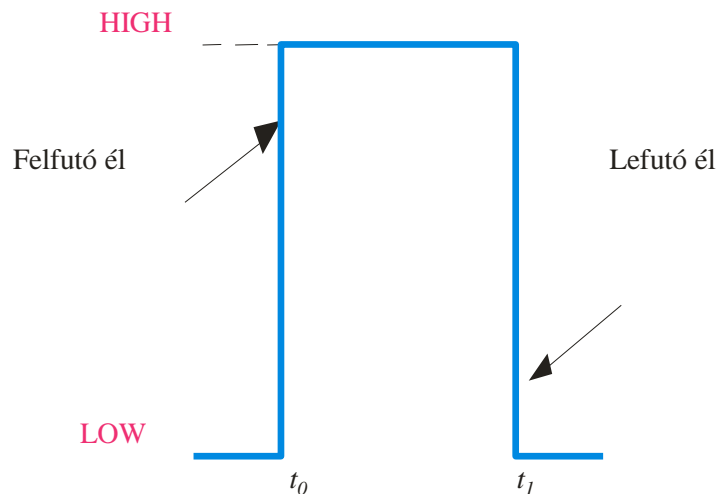
A fizikai világ legtöbb mennyisége analóg természetű
- ezeknél digitális formára alakítás és analógra visszaalakítás szükséges

Digitális hőmérséklet-szabályozó rendszer

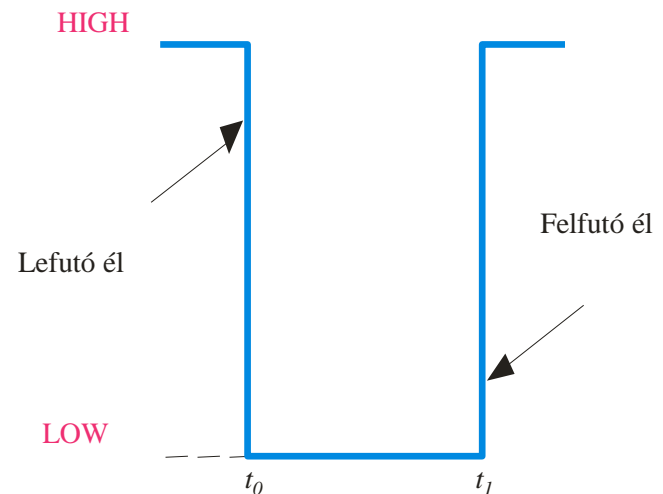


Digitális hullámformák

A digitális hullámformák az alacsony (LOW) és magas (HIGH) szintek között váltakoznak.



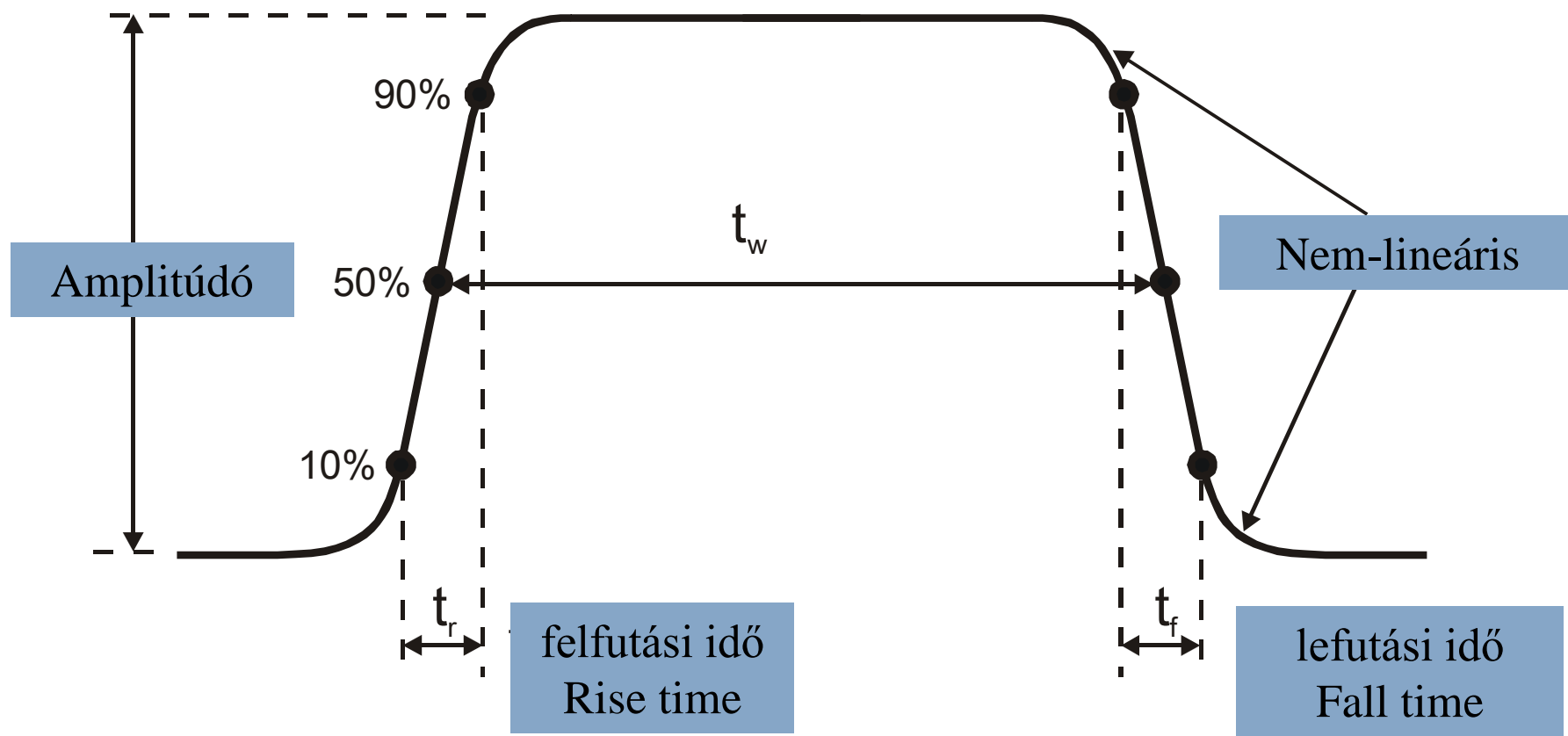
(a) Pozitív impulzus



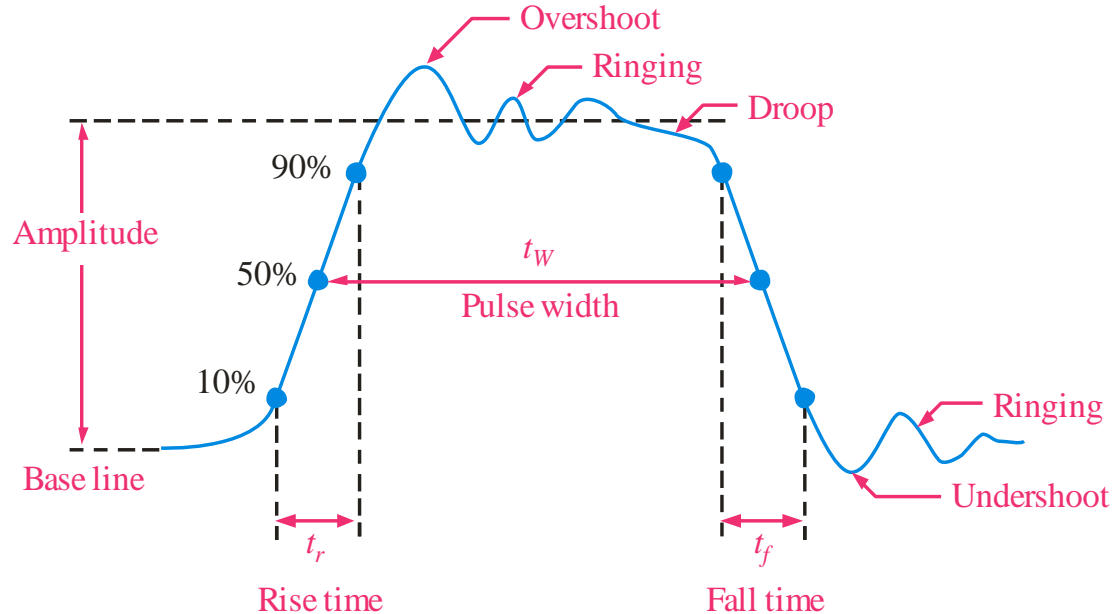
(b) Negatív impulzus

Egy pozitív impulzus L-ből H értéket vesz fel és aztán ismét L értéket

Valós impulzusok



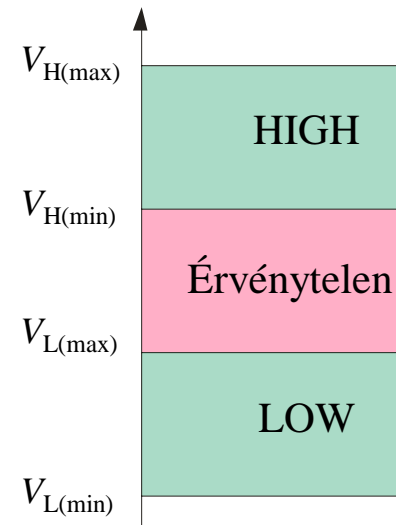
Valós impulzusok



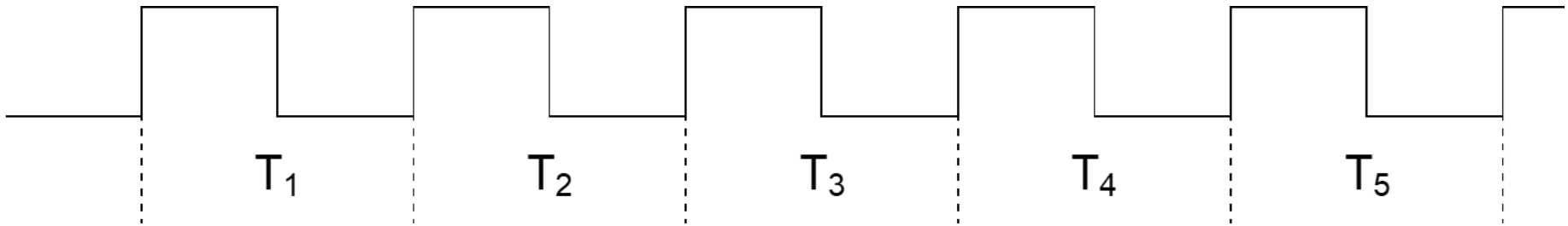
Bináris számok és Logikai értékek

Digitális rendszerek két állapotú áramköröket használnak ezeknek az állapotoknak a reprezentálására két feszültség szintet használunk: az úgynevezett HIGH és LOW.

A bináris számjegyet *bit* – nek nevezzük (*binary digit*). Egy bit 0 vagy 1 lehet, a feszültség értékének megfelelően (HIGH vagy LOW).



Digitális jelek



a) Periodikus digitális jel. $T_1=T_2=T_3=T_4=T_5=T$



b) Nem-periodikus digitális jel

Kitöltési tényező

$$f = \frac{1}{T} \text{ vagy } T = \frac{1}{f} .$$

A digitális jeleknek egy fontos jellemzője a kitöltési tényező, ezt, az impulzus szélesség (t_w) és az impulzus periódus (T) aránya ként számoljuk ki és százalékba adjuk meg:

$$\text{Kitöltési tényező} = \frac{t_w}{T} 100\% .$$

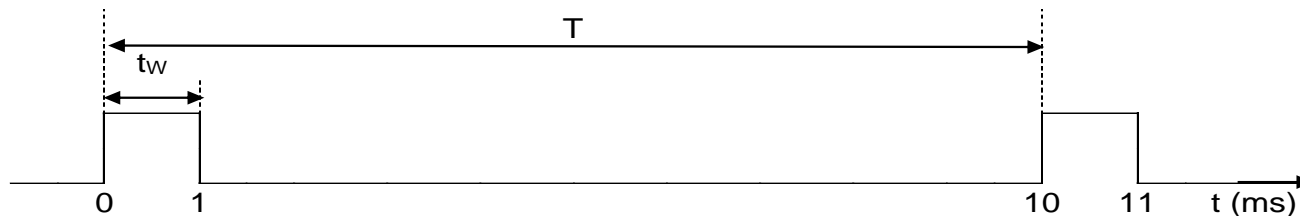
Pld. Az ábrán látható digitális jel, periódusa T egyenlő 10 ms.

Ennek megfelelően a frekvenciája:

$$f = \frac{1}{T} = .?$$

Kitöltési tényezője:

$$\text{Kitöltési tényező} = \frac{t_w}{T} 100\% = ?$$



Egy digitális jelnek a Periódus és kitöltési tényezőjének a meghatározása

Kitöltési tényező

$$f = \frac{1}{T} \text{ vagy } T = \frac{1}{f} .$$

A digitális jeleknek egy fontos jellemzője a kitöltési tényező, ezt, az impulzus szélesség (t_w) és az impulzus periódus (T) aránya ként számoljuk ki és százalékba adjuk meg:

$$\text{Kitöltési tényező} = \frac{t_w}{T} 100\% .$$

Pld. Az ábrán látható digitális jel, periódusa T egyenlő 10 ms.

Ennek megfelelően a frekvenciája:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10ms} = 100Hz .$$

Kitöltési tényezője:

$$\text{Kitöltési tényező} = \frac{t_w}{T} 100\% = .? .$$



Egy digitális jelnek a Periódus és kitöltési tényezőjének a meghatározása

Kitöltési tényező

$$f = \frac{1}{T} \text{ vagy } T = \frac{1}{f} .$$

A digitális jeleknek egy fontos jellemzője a kitöltési tényező, ezt, az impulzus szélesség (t_w) és az impulzus periódus (T) aránya ként számoljuk ki és százalékba adjuk meg:

$$\text{Kitöltési tényező} = \frac{t_w}{T} 100\% .$$

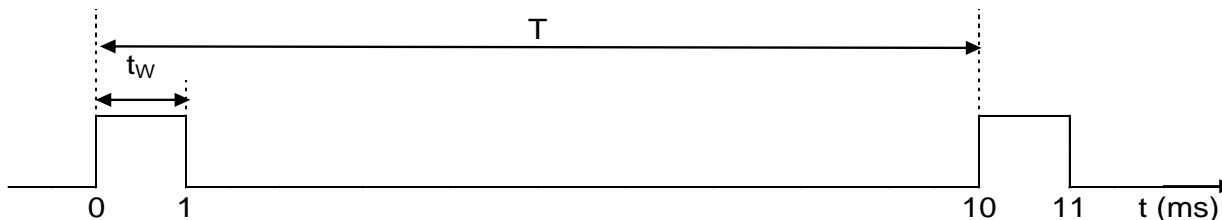
Pld. Az ábrán látható digitális jel, periódusa T egyenlő 10 ms.

Ennek megfelelően a frekvenciája:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10\text{ms}} = 100\text{Hz} .$$

Kitöltési tényezője:

$$\text{Kitöltési tényező} = \frac{t_w}{T} 100\% = \frac{1\text{ms}}{10\text{ms}} 100\% = ? .$$



Egy digitális jelnek a Periódus és kitöltési tényezőjének a meghatározása

Kitöltési tényező

$$f = \frac{1}{T} \text{ vagy } T = \frac{1}{f} .$$

A digitális jeleknek egy fontos jellemzője a kitöltési tényező, ezt, az impulzus szélesség (t_w) és az impulzus periódus (T) aránya ként számoljuk ki és százalékba adjuk meg:

$$\text{Kitöltési tényező} = \frac{t_w}{T} 100\% .$$

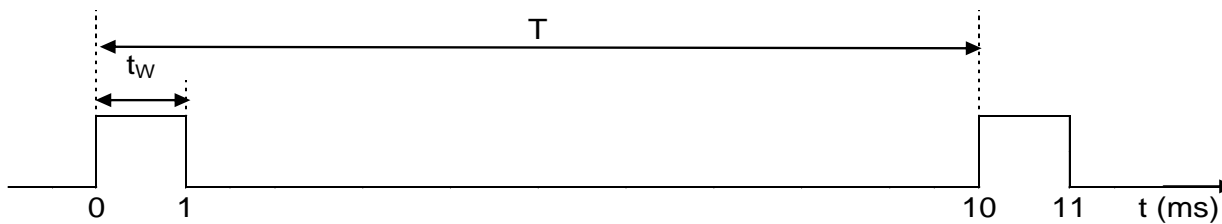
Pld. Az ábrán látható digitális jel, periódusa T egyenlő 10 ms.

Ennek megfelelően a frekvenciája:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10ms} = 100Hz .$$

Kitöltési tényezője:

$$\text{Kitöltési tényező} = \frac{t_w}{T} 100\% = \frac{1ms}{10ms} 100\% = 10\% .$$

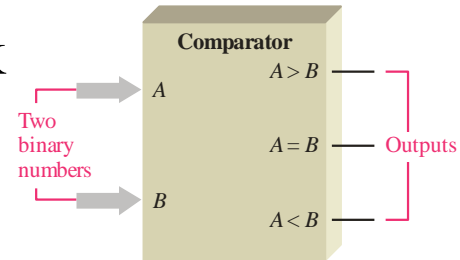


Egy digitális jelnek a Periódus és kitöltési tényezőjének a meghatározása

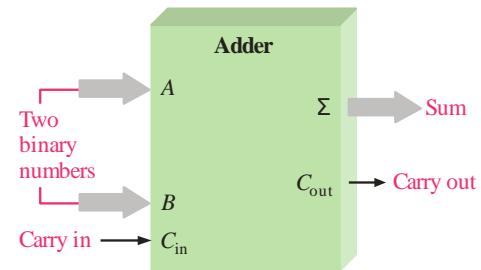
Rendszer funkciók

ÉS, **VAGY**, és **NEM** logikai elemeket lehet kombinálni, különböző logikai funkciók kialakítására. Például:

Az összehasonlító funkciók

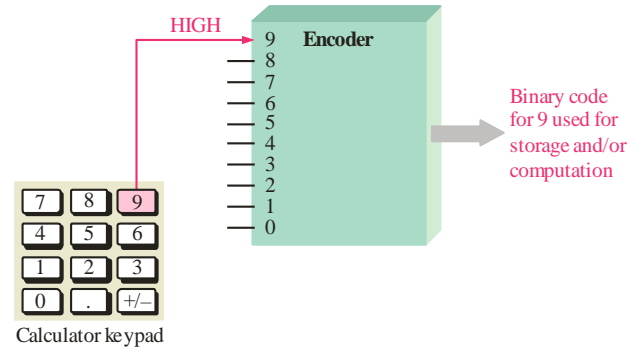


Aritmetikai funkciók

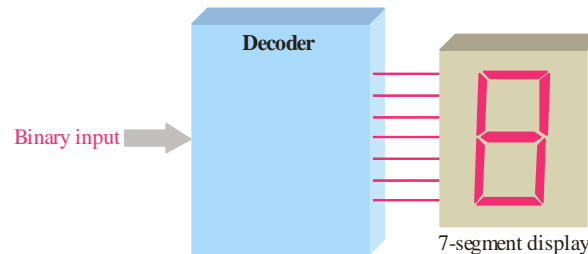


Rendszer funkciók

A kódoló funkció

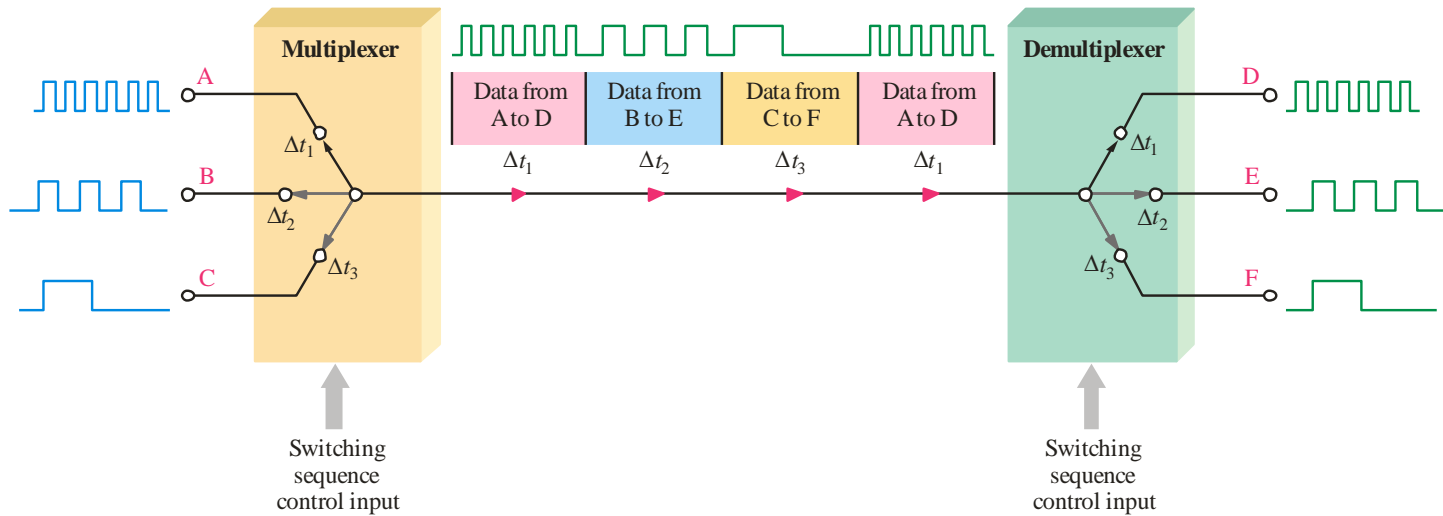


A dekódoló funkció



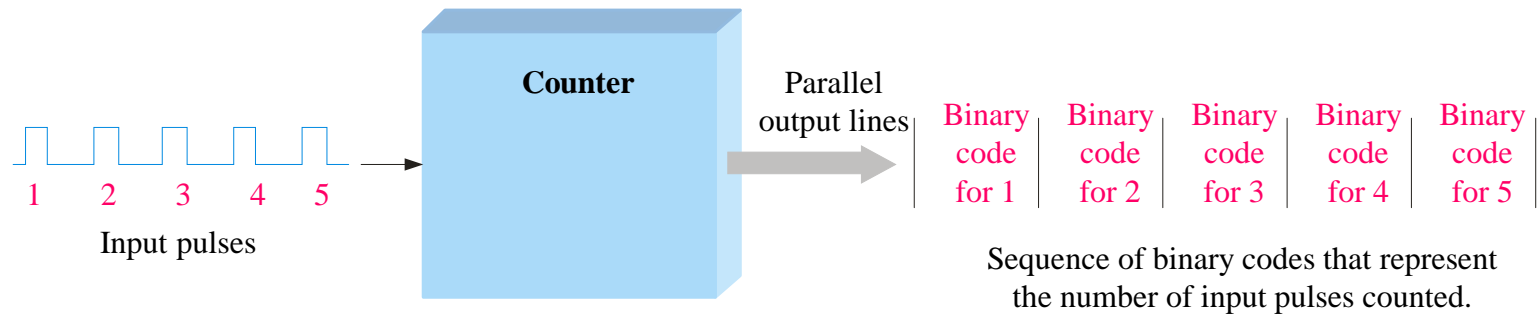
Rendszer funkciók

Az adatok kiválasztása funkció



Rendszer funkciók

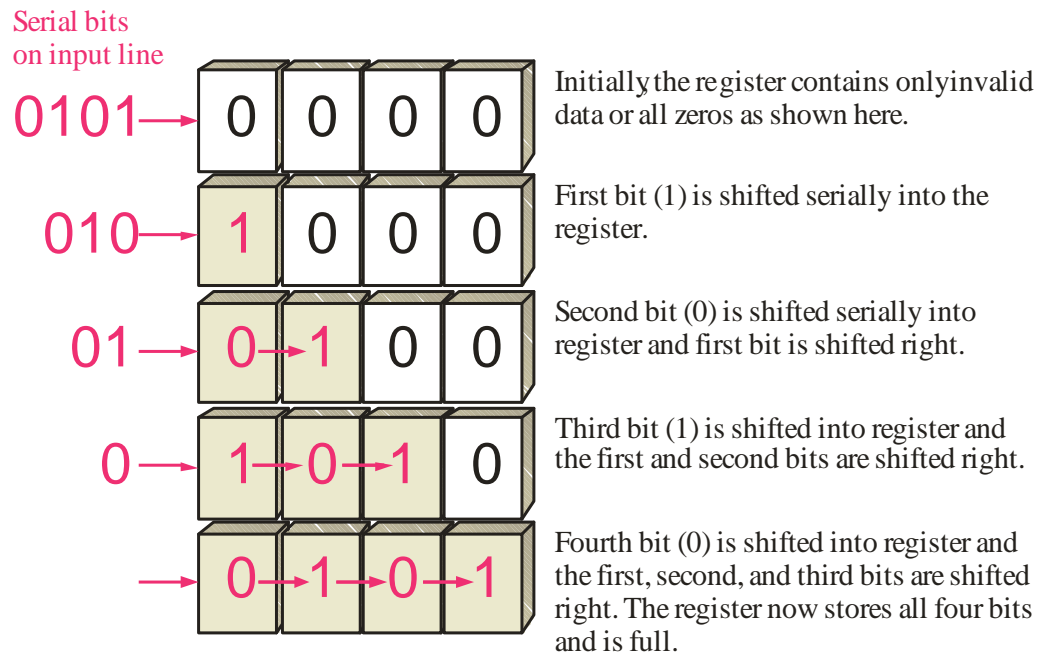
A számláló funkció



... és egyéb funkciók, mint például kódkonvertáló és tárolás.

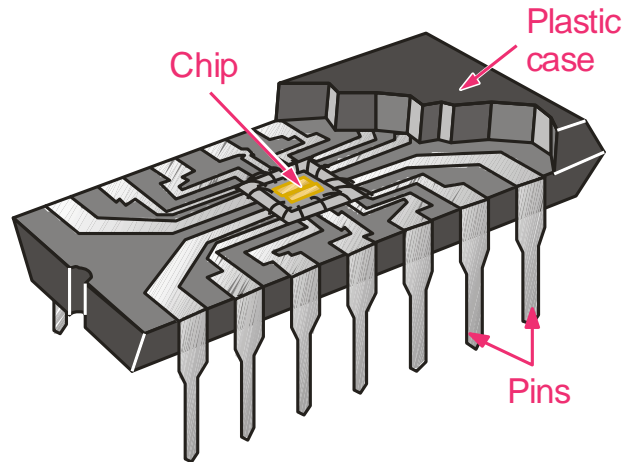
Rendszer funkciók

Az egyik típusú tárolási funkció a shift regiszter, amely tárolja és lépteti az adatokat minden egyes órajelre.



Integrált áramkörök

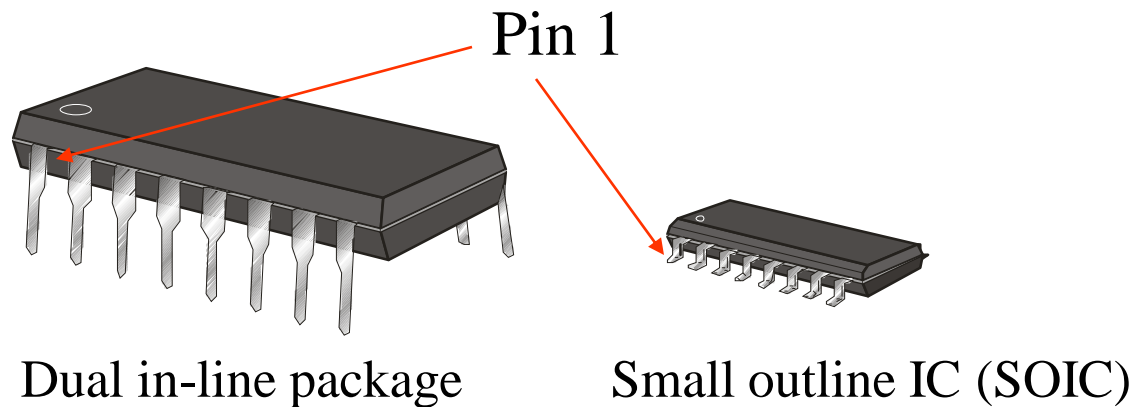
DIP (Dual-In-Pins) tokozás metszett:



© 2009 Pearson Education, Upper Saddle River, NJ 07458. All Rights Reserved

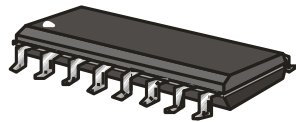
Integrált áramkörök

DIP és SMD (surface mounted devices) chippek



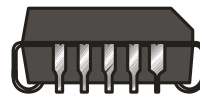
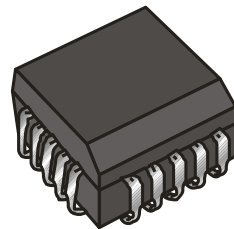
Integrált áramkörök

Egyéb SMT tokozások:



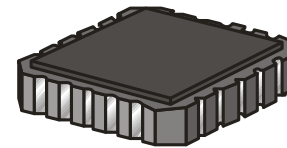
End view

SOIC



End view

PLCC

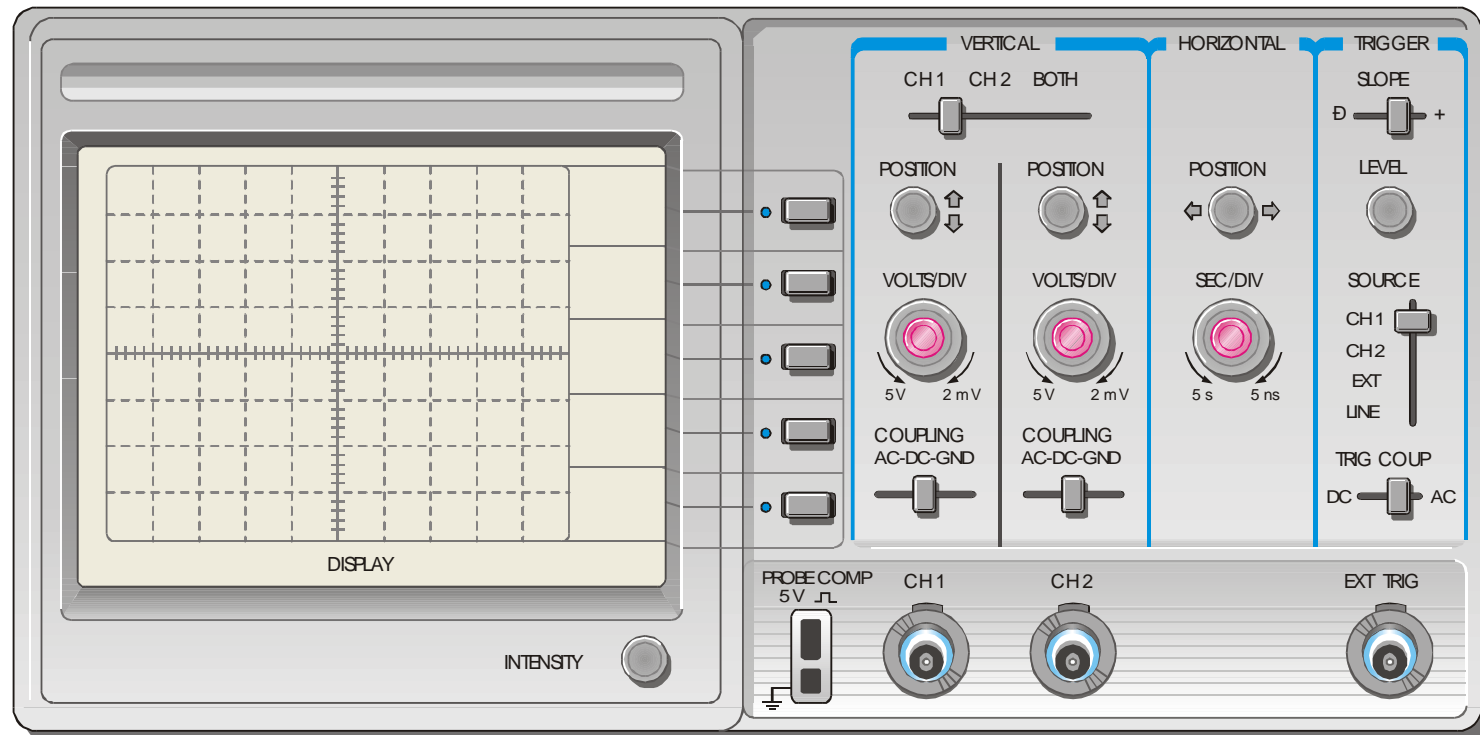


End view

LCCC

Teszt-és mérőműszerek

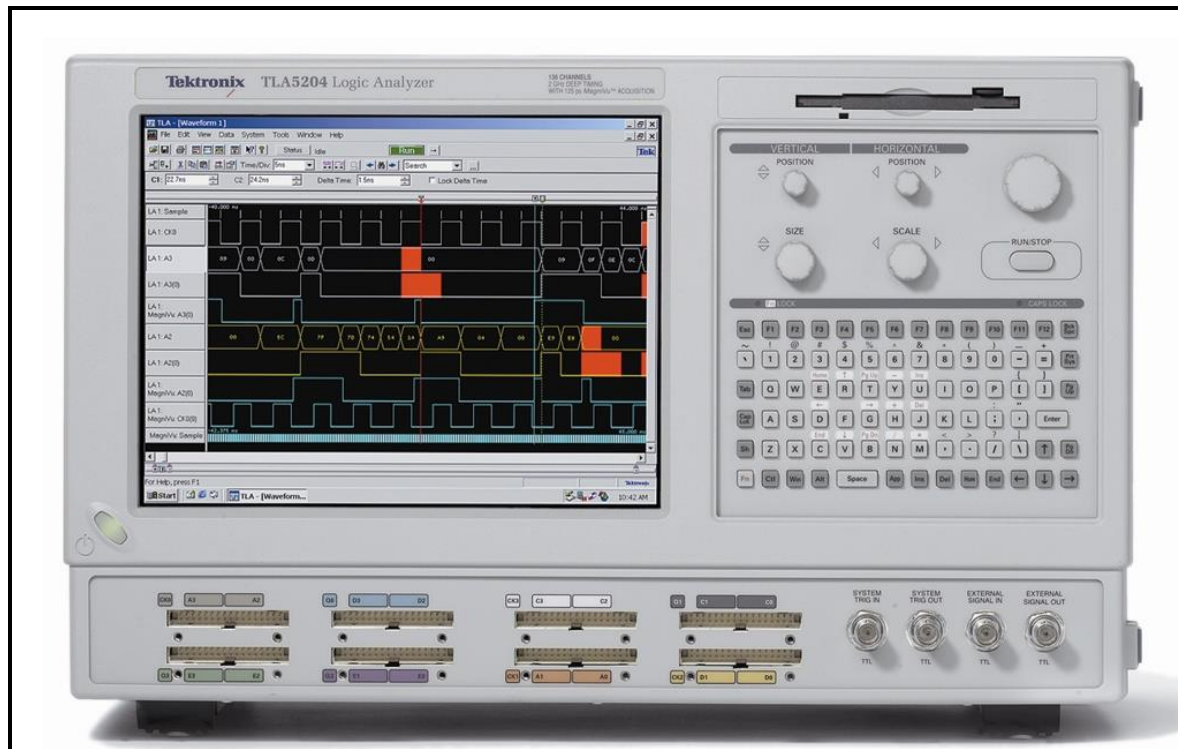
Oszilloszkóp



© 2009 Pearson Education, Upper Saddle River, NJ 07458. All Rights Reserved

Teszt-és mérőműszerek

A logikai analizátor képes megjeleníteni a digitális adatokat több csatornán vagy táblázatos formában.



© 2009 Pearson Education, Upper Saddle River, NJ 07458. All Rights Reserved

Teszt-és mérőműszerek

A DMM három alapvető elektromos mérésre alkalmas.

Feszültség

Ellenállás

Áram

