



BME **KJIT**
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

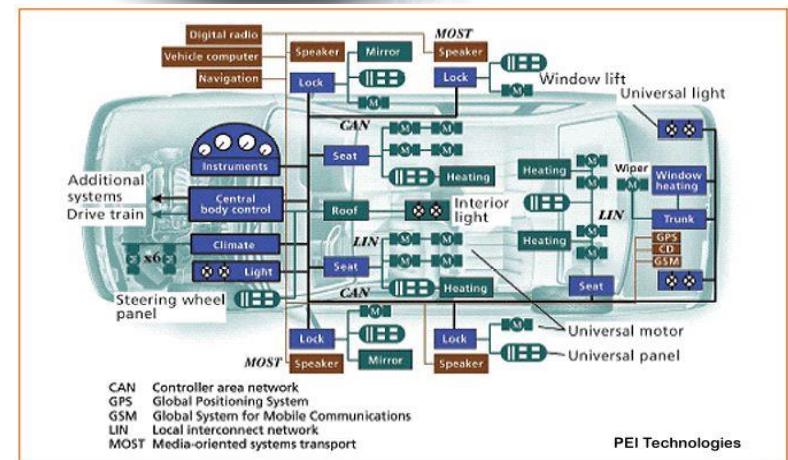
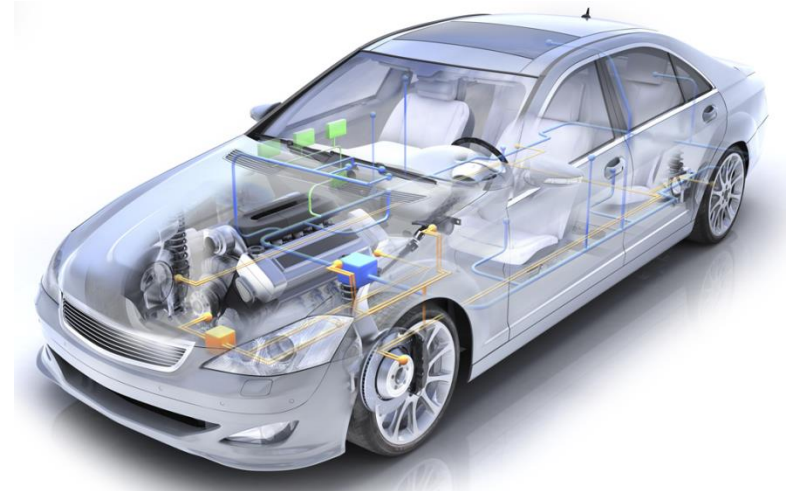
I+K technológiák

Beágyazott rendszerek

Dr. Aradi Szilárd

Bevezetés

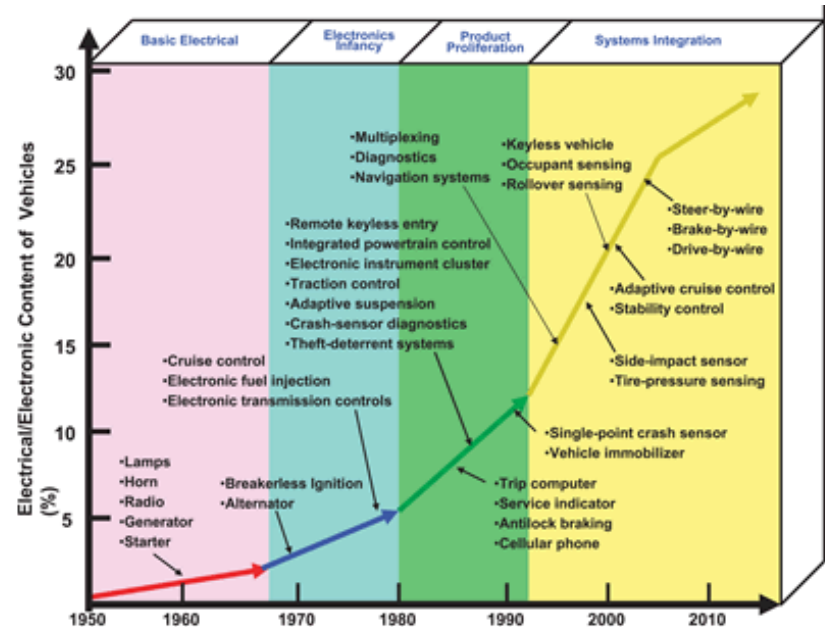
- Az ipar és a közlekedés különböző területein nagy számban fordulnak elő mikrokontrolleres vezérlőegységek (beágyazott rendszerek)
 - Közúti jelzőlámpák és mérőrendszerek
 - Vasúti biztosítóberendezések és vasúti járművek
 - Légi járművek fedélzeti vezérlőegységei
 - Ipari folyamatirányítás (pl.: gyártás)
 - Járműveken belüli rendszerek
- Napjaink gépjárművének kb. 25 %-a elektronikus egységekből áll.
- Akár 80 különálló elektronikus vezérlőegység (ECU) is lehet egyet felső kategóriás autóban.
- Több hálózatot (akár 5-7) alkotva látják el a funkcióikat



A járműelektronika története

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedés- és Járőrnyitási Tanszék

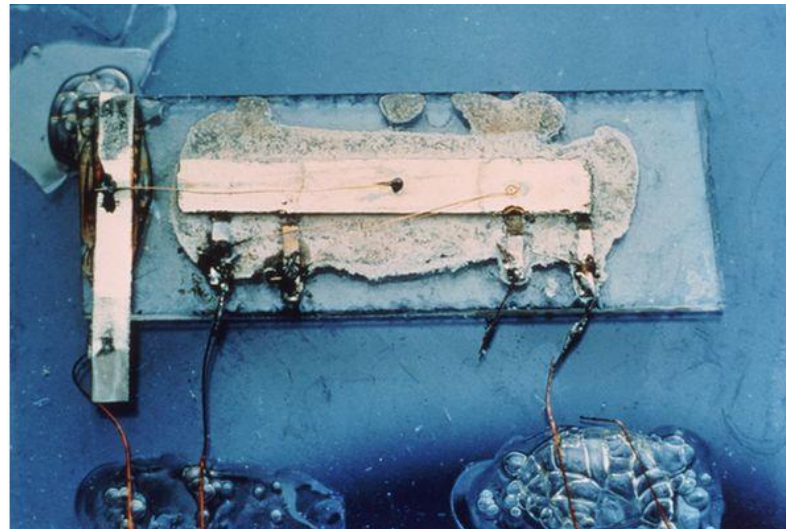
- Az első mikroprocesszoros vezérlők az 1970-es végén jelentek meg.
- A környezetvédelmi és biztonsági előírások, valamint a mikroelektronika fejlődése erősen gyorsította a processzorok elterjedését.
 - 2000-es átlagos jármű -> 15 processzor
 - 2010-es átlagos jármű -> 60 processzor



Integrált áramköri technológia

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

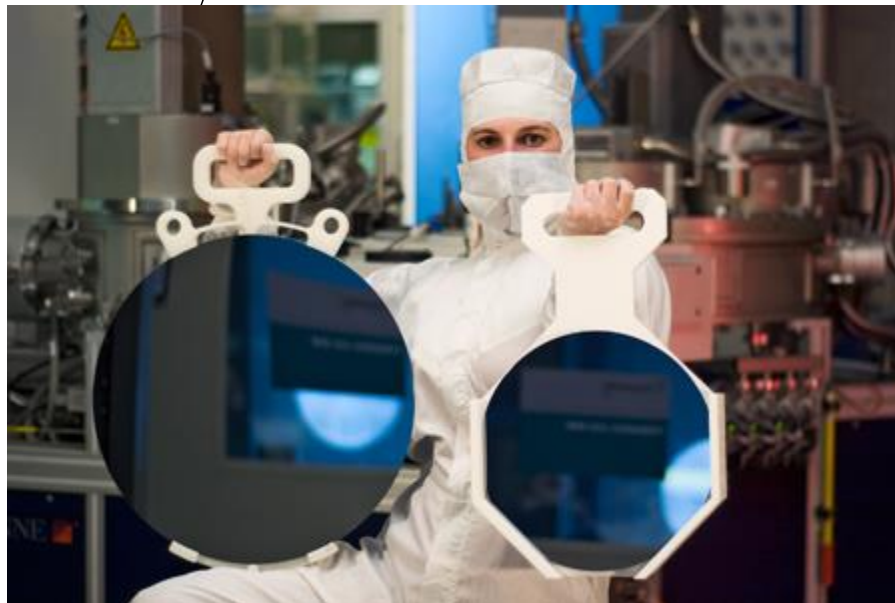
- Szilícium lapkán kialakított rendkívül kis méretű, nagy bonyolultságú félvezető áramkör.
- Jack Kilby a Texas Instruments kutatója 1958-ban megalkotta az első működő integrált áramkört.
- IC alapelemei
 - Ellenállás
 - Kondenzátor
 - Dióda
 - tranzisztor



IC gyártás I.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Planár technológia: az áramkörök síkbeli elrendezésben és több rétegben kerülnek kialakításra.
- Kiindulás: szilícium egykristály rud -> szeletek (wafer)
- Technológiai lépések (többször váltakozva):
 - rétegfelvitel,
 - litográfia,
 - adalékolás.



IC gyártás II.

- Rétegfelvitel: olyan kémiai vagy fizikai módszerek, amely segítségével a teljes szilícium lemez felületét beborító, egybefüggő réteget lehet kialakítani.
- SiO_2 réteg
 - maszkol és
 - szigetel (rétegek között, vagy dielektrikum a MOS-FET-ekben).
- Új Si egykristályos rétegek valamint fémrétegek is felvitele is lehetséges.

IC gyártás III.

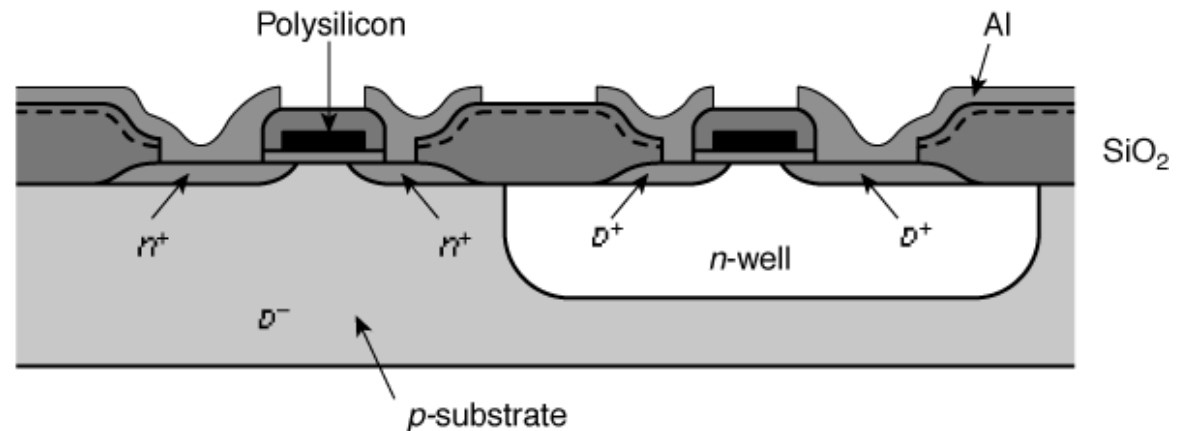
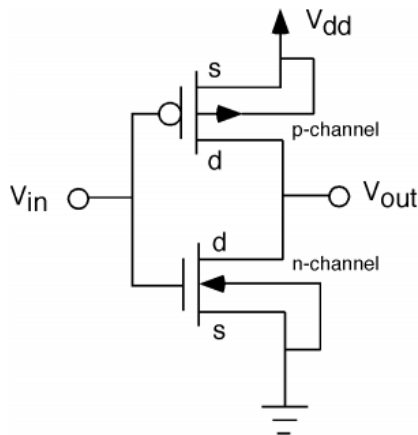
- Fotolitográfiai eljárás
 - Fényérzékeny anyag felvitele a waferre.
 - Minta leképezése: az adott réteghez tartozó maszkon keresztül megvilágítják. Ahol fény éri az anyagot, ott az polimerizálódik, így egyes oldószerekkel szemben ellenálló lesz. Ezt követően a fénytől (a maszk által) védett, és így nem polimerizálódott anyagot a megfelelő oldószerrel el lehet távolítani, míg a többi helyen megmarad
 - SiO_2 vagy fémréteg lemarása: egy másik oldószerrel ezután a SiO_2 réteget lemarják a maszk által nem védett helyekről, majd eltávolítják a maszkot is, így a megfelelő mintázatú SiO_2 réteg, valamint a lemart részeken a Si felület szabaddá válik.

IC gyártás IV.

- Adalékolás: n- vagy p-típusú szennyezés bevitele a szabad Si felületbe.
 - Diffúzió és ionimplantáció
- A rétegektől függő maszkok használatával, valamint a különböző rétegfelviteli, adalékolási és litográfiai lépések megfelelő sorrendű alkalmazásával előáll az áramkör.
- A mai nagy integráltságú, digitális integrált áramkörök CMOS (Complementary MOS) technológiát alkalmaznak. Ez a technológia egyenlő számú NMOS (elektronvezetéses) és PMOS (lyukvezetéses) tranzisztort használ a digitális alapelemek (logikai kapuk) megvalósítására.
 - Inverterek, NOR és NAND kapuk, összetett kapuáramkörök és félvezető memóriák

IC gyártás V.

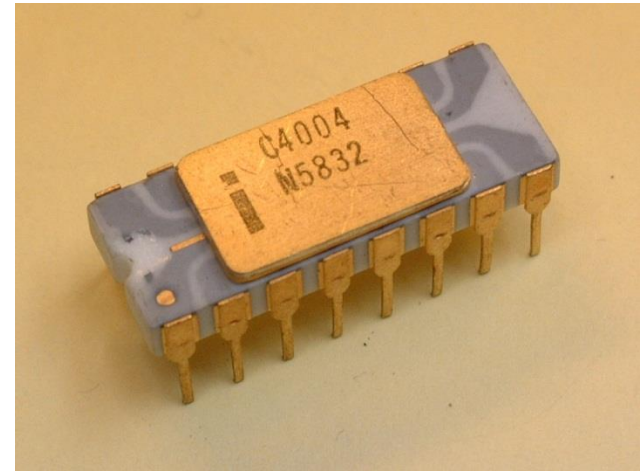
- CMOS inverter
 - Maszkokkal kialakított n- és p-típusú részek, melyek a tranzisztorok source és drain rétegei, alumínium rétegekkel kivezelve
 - Polikristályos szilíciumból (vezető!) kialakított gate, alatta egy vékonyréteg SiO_2 szigetelő, felette pedig szintén egy vastagabb szigetelő réteg



IC generációk

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

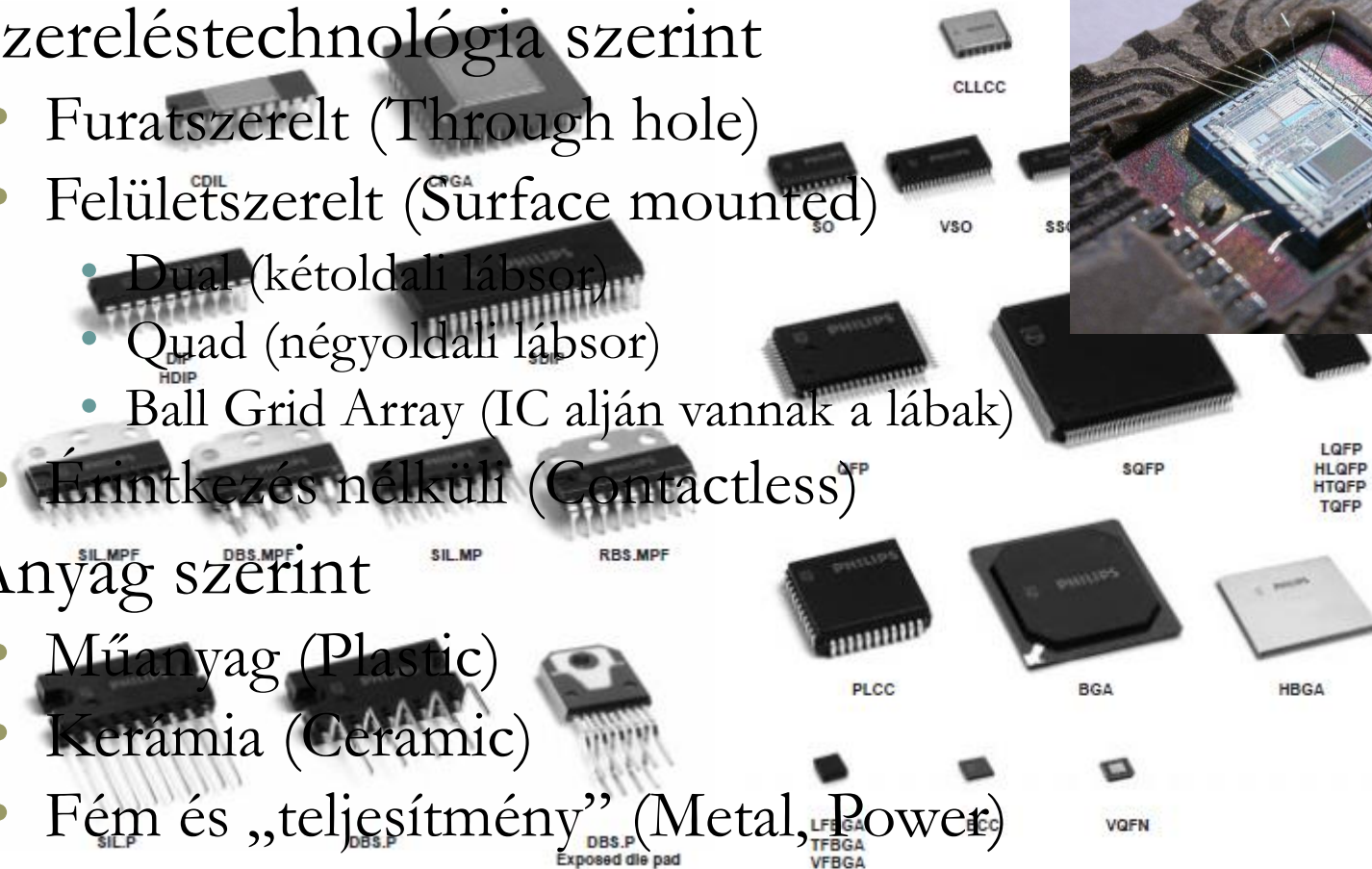
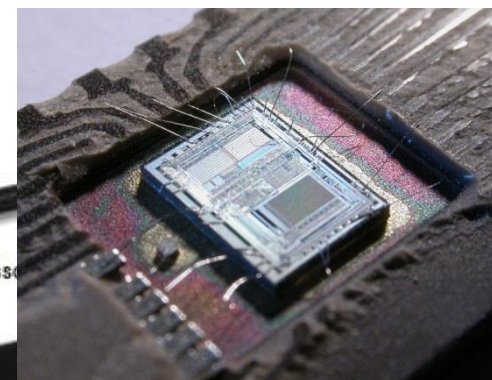
- Integráltsági fok a tranzisztorok száma szerint
 - SSI (Small-Scale Integration): 10x
 - MSI (Medium-Scale Integration): 100x
 - LSI (Large-Scale Integration): 10000x
 - VLSI (Very Large-Scale Integration): 100000x
 - ULSI (Ultra Large-Scale Integration): 1000000x
 - SoC (System on Chip): Teljes „számítógép” egyetlen IC-be integrálva. (Pl.: okostelefonok alapja)
 - Intel 4004 (1971): 2300
 - Intel Core i7 (2008): 781 millió
- Chip méret: a tokon belül található chip mérete
 - Intel 4004 (1971): 12 mm²
 - Intel Core i7 (2008): 263 mm²
- Csíkszélesség: a chipen belüli vezeték szélessége
 - Intel 4004 (1971): 10 μm
 - Intel Core i7 (2008): 45 nm



IC tokozások

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Szereléstechológia szerint
 - Furatszerelt (Through hole)
 - Felületszerelt (Surface mounted)
 - Dual (kétoldali lábsor)
 - Quad (négyoldali lábsor)
 - Ball Grid Array (IC alján vannak a lábak)
 - Érintkezés nélküli (Contactless)
- Anyag szerint
 - Műanyag (Plastic)
 - Kerámia (Ceramic)
 - Fém és „teljesítmény” (Metal, Power)



Memóriák

- Szekvenciális hozzáférés
 - FIFO: First In First Out, soros puffer
 - LIFO: Last In First Out, veremtár (stack)
- Tetszőleges hozzáférés
- Felejtő (Volatile)
 - RAM (Random Access Memory)
 - Dinamikus RAM (DRAM)
 - Statikus RAM (SRAM)
- Nem felejtő (Non-volatile)
 - ROM (Read-Only Memory)
 - PROM (Programmable ROM)
 - EPROM (Erasable Programmable ROM)
 - EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM)
 - Flash

RAM

- Tetszőleges hozzáférésű memória (véletlen hozzáférésű memória)
- Statikus
 - Egy cella több tranzisztorból áll (flip-flop)
 - Tápfeszültség alatt bármeddig megtartja az adatot
 - Nagyon gyors, kis fogyasztás, drága
 - Például cache memória
- Dinamikus
 - Egy cella egy tranzisztorból és egy kondenzátorból áll
 - Addig tartja meg az adatot, amíg a kondenzátor (szivárgás miatt) ki nem sül, ezért időközönként frissíteni kell
 - Lassabb, kisebb méretű, olcsó
 - Például PC-k RAM memóriája

ROM

- ROM
 - A gyártó programozza, a felhasználó csak olvashatja
- PROM
 - A felhasználó egyszer programozhatja, után csak olvashatja
- EPROM
 - UV fényel törölhető, speciális készülékkel írható
- EEPROM
 - Speciális készülékkel törölhető és írható
- Flash
 - Olyan EEPROM, amelyet a számítógép is tud törölni és írni.

Számítógép architektúrák

- Neumann-elv (1945)
 - Központi vezérlőegység (Control Unit), aritmetikai és logikai egység (ALU), memória, ki/bemeneti egység (I/O) alkalmazása
 - Soros utasításvégrehajtás (az utasítások végrehajtása időben egymás után történik.)
 - Kettes (bináris) számrendszer használata
 - Teljesen elektronikus és önálló működés a tárból kiolvasott utasítások alapján
 - Belső memória (operatív tár) használata a program és az adatok tárolására
 - Széles körű felhasználhatóság (univerzális Turing gép)
- Neumann architektúra
 - Közös program és adatmemória
- Harvard architektúra
 - Külön program és adatmemória
 - Mikrovezérlők (MCU) általában ezt az elvet követik
 - Módosított Harvard architektúra
 - Az utasítás is olvasható adatként (pl. konstans adat)

CPU vs. MCU

- **C**entral **P**rocessing **U**nit
- Nagy általános utasításkészlet, valamint további speciális utasításkészletek
- Összetett memóriakezelés
- Komplex kiegészítő áramkört igényel, önmagában működésképtelen.
- Bonyolult számítások, nagysebességű elvégzésére alkalmas
- Képes az összetett operációs rendszerek futtatására
- **M**icro**C**ontroller **U**nit
- Önmagában is működőképes, komplett „számítógép”
- Mindent tartalmaz, ami a működéshez szükséges
 - CPU
 - RAM, ROM
 - Digitális I/O
 - Időzítő/számláló
 - Órajelgenerátor
- Alacsonyabb számítási kapacitás
- Kiválóan alkalmas ipari irányítástechnikai feladatok elvégzésre
- Az MCU alapú célhardvert beágyazott rendszernek hívjuk

MCU-k jellemző tulajdonságai

- Adatszélesség: 8, 16, 32 bit
 - Hozzávetőleges eloszlás 2010-ben
 - 8 bit: 27 %
 - 16 bit: 33 %
 - 32 bit: 40 %
 - A járműiparban a 16 és a 32 bit a legelterjedtebb
- Órajel: 5- 100 MHz
- Műveleti sebesség: MIPS
- RAM és ROM (Flash) mérete
 - RAM (128 byte – 64 kbyte)
 - ROM (2 kbyte – 256 kbyte)
- Perifériák
- Programozói és „debug” interfész
- Tápellátás
 - Feszültség szint (5 V, 3.3 V)
 - Fogyasztás (10x mA)

Utastaskészlet (RISC vs. CISC)

- **Reduced Instruction Set Computer**
- Kevés, egyszerű utasítás
- Általában egy ciklus alatt futnak le az utasítások
- Sok regiszter
- Kevés, egyszerű címzési mód
- Fix (huzalozott) utasítás végrehajtás
- **Complex Instruction Set Computer**
- Sok, bonyolult utasítás
- Az utasítások általában több órajel ciklust igényelnek
- Kevés regiszter
- Sok, bonyolult címzési mód
- Mikroprogramozott utasítás végrehajtás

Utasítások végrehajtása

- Fix (hardveres, huzalozott)
 - Szekvenciális hálózat, amelynek bemenetét a makro utasítások operációs kódjainak bitjei adják
 - Kimenetei a gép belső buszait kapuzzák és az ALU működését vezérlik
 - Bemeneti órajelét közvetlenül az oszcillátor adja
 - Bonyolultabb logikai áramkör, de gyorsabb működés
- Mikroprogramozott
 - A makro utasítások egy rövid, beépített program (mikrokód) segítségével kerülnek végrehajtásra
 - A mikrokód egy CPU-n belüli ROM-ban található
 - Az órajel általában le van osztva (gépi ciklus)
 - Lassabb, de könnyebben továbbfejleszthető

MCU-k programozása

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Magas szintű programnyelv
 - C, C++ a legelterjedtebb
- Alacsony szintű programnyelv
 - Assembly
- Fejlesztői környezet
 - Editor
 - Compiler (Assembler)
 - Linker
 - HEX generator
 - Downloader
 - Debugger
 - **IDE** (Integrated Development Environment): Minden fent felsorolt szoftver eszköz egy szoftverrendszerbe integrálva

Vége

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

Köszönöm a figyelmet!