

ARM Cortex magú mikrovezérlők

Tárgykövetelmények, tematika

Scherer Balázs



Méréstechnika és
Információs Rendszerek
Tanszék

Házi feladat: kötelező

- **Lehetőségek:**
 - **Hardware**
 - **Saját hardware**
 - **Akinek nincs megbeszélte időpontban**
 - Silabs: Energy Micro sorozat
 - STM32F429i
 - **Téma**
 - Egyéni vagy csoportos
 - Saját vagy kiírt feladat
- **Megfelelési szintek**
 - OK: csináltunk valamit, de semmi jelentős.
 - Jó: Komplexebb szoftver, esetleg valamilyen külső szenzor
 - Nagyon jó: Kiegészítő library-kat is használó komplex rendszer.
 - Szuper: Hűűűű, megleptetek.

Házi feladat: határidő, dokumentáció

- Házi feladathoz tartozó határidők:
 - Április vége.: a házi feladat kiválasztása.
 - A lehetséges megoldások közül melyiket választod?
 - Email küldése a házifeladról.
- Házi feladat bemutatása:
 - A házi feladat bemutatásának hivatalos időpontja az utolsó előadás alkalom.
 - A házi feladatot lehet tovább fejleszteni a vizsga előttig
- Házi feladat dokumentációja:
 - Házi feladat dokumentációja: szokásos technikai dokumentáció 10 - 15 oldal terjedelemben.

Vizsga

- Vizsgához kérdések
 - Kérdéslista: kb. 50 kérdés
 - Vizsgán 10 random kérdés a listából
- HF beszámítása a vizsgába
 - OK: 1 tetszőleges kérdés max. pontra elfogadva.
 - Jó: 2 tetszőleges kérdés max. pontra elfogadva.
 - Nagyon jó: 3 tetszőleges kérdés max. pontra elfogadva
 - Szuper: 4 tetszőleges kérdés max. pontra elfogadva.
- Vizsga pontozása:
 - 40%-tól elégséges, a többi lineáris.

ARM Cortex magú mikrovezérlők

1. Bevezetés: Mikrovezérlők fejlődése

Scherer Balázs



Méréstechnika és
Információs Rendszerek
Tanszék

Az első mikrovezérlők (Intel MCS-48)

- 1976: Intel bemutatja a 8 bites mikrovezérlőjét az MCS-48/49 (8048, 8049)-et. Még abban az évben 251.000 darabot értékesítenek belőle.
 - Belső 1-2k ROM, belső 64-256 byte RAM
 - Kb. 10 MHz
 - PC-knél rengeteg periféria használata: billentyűzet stb.



Az első mikrovezérlők (Intel MCS-48)

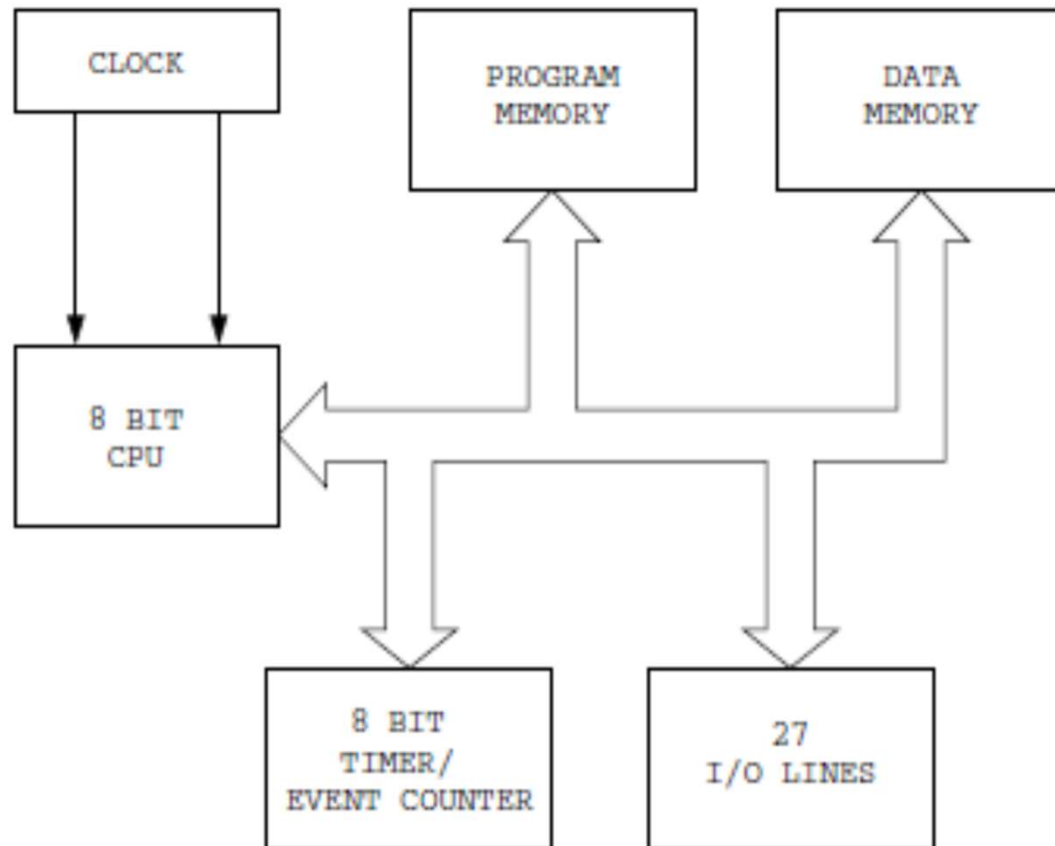


Figure 1.
Block Diagram

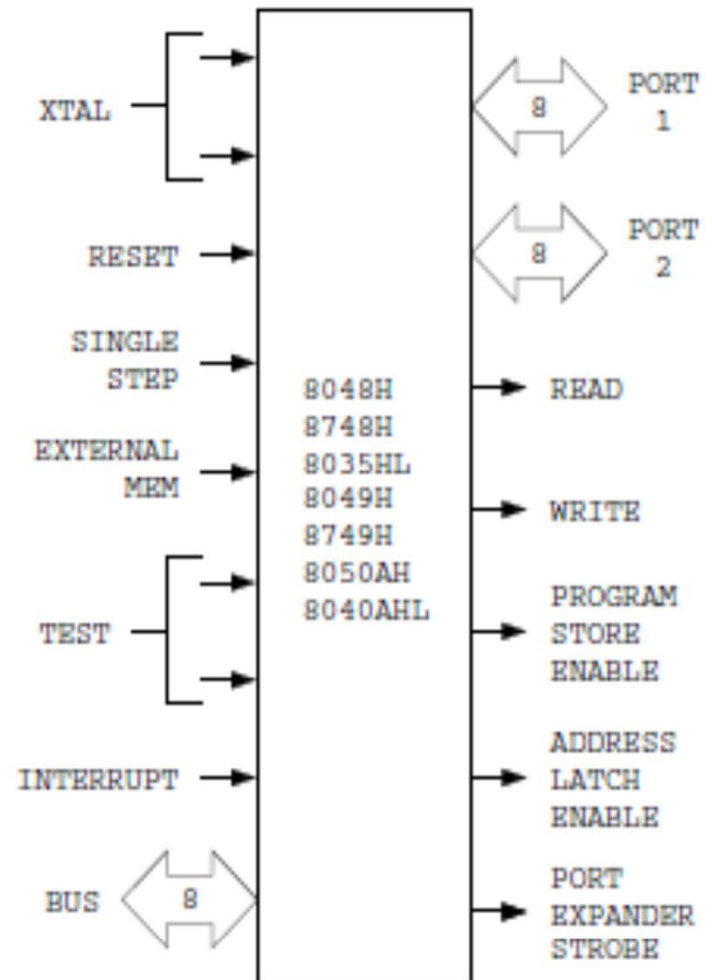


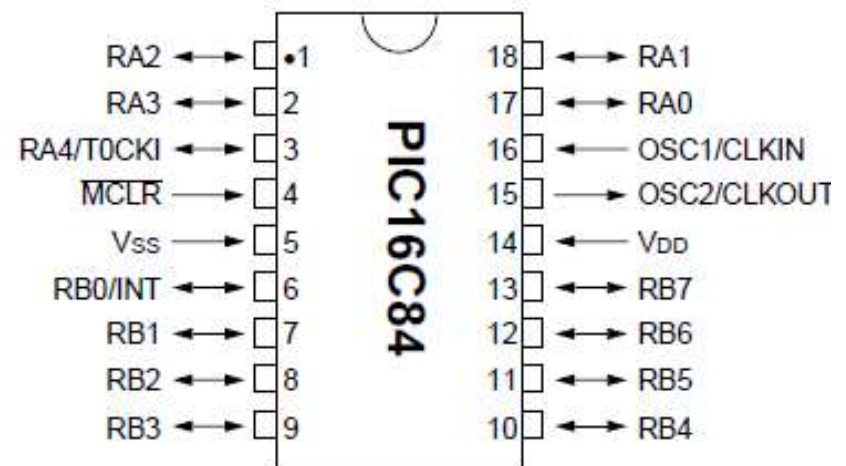
Figure 2.
Logic Symbol

Intel 8051

- 1980: Intel bemutatja a **8051**-et. Ez egy 8 bites mikrovezérlő on-board EPROM memóriával.
1983-ban 91 milliót adnak el belőle.
 - A 80-as évek és a 90-es évek elejének legkedveltebb sorozata.
 - 8 bites ALU
 - 8 bites adatbusz
 - 16 bites címbusz – 64k RAM and ROM
 - On-chip RAM - 128 byte
 - On-chip ROM - 4 kbyte
 - 4*8 bit bi-directional I/O port
 - UART
 - Two 16 bit Counter/timer
 - Power saving mode

1993: PIC 16C84

- **PIC:** Peripheral Interface Controller / Programmable Intelligent Computer
 - Eredetileg a General Instruments fejlesztette saját 16 bites processzorának támogatására.
 - 1985-ben a General Instruments felszámolta a uC részlegét.
 - A Microchip újratervezi a sorozatot
- 1993-ban jelenik meg az első PIC16C84 sorozat
 - **Újdonság: EEPROM.** Lényegesen leegyszerűsíti és olcsóbbá teszi a fejlesztést. Hobbi.
 - EEPROM programmemória: 1k
 - EEPROM adat 64 byte
 - 36 byte SRAM adat



1997: Atmel ISP flash-es mikrovezérlő

- 1993 – Megjelenik az Atmel első flash-sel rendelkező mikrovezérlő sorozata:
 - 8051-es magú
 - Külön programozóban programozható.
- 1997 – Megjelenik a második flash-es sorozat
 - AVR mag
 - In-System programozható: nem kell hozzá nagyobb feszültség.
 - AT90S8515
 - 8 kByte Flash
 - 512 Byte SRAM
 - 512 Byte EEPROM
 - UART
 - SPI
 - PWM
 - 32 I/O line

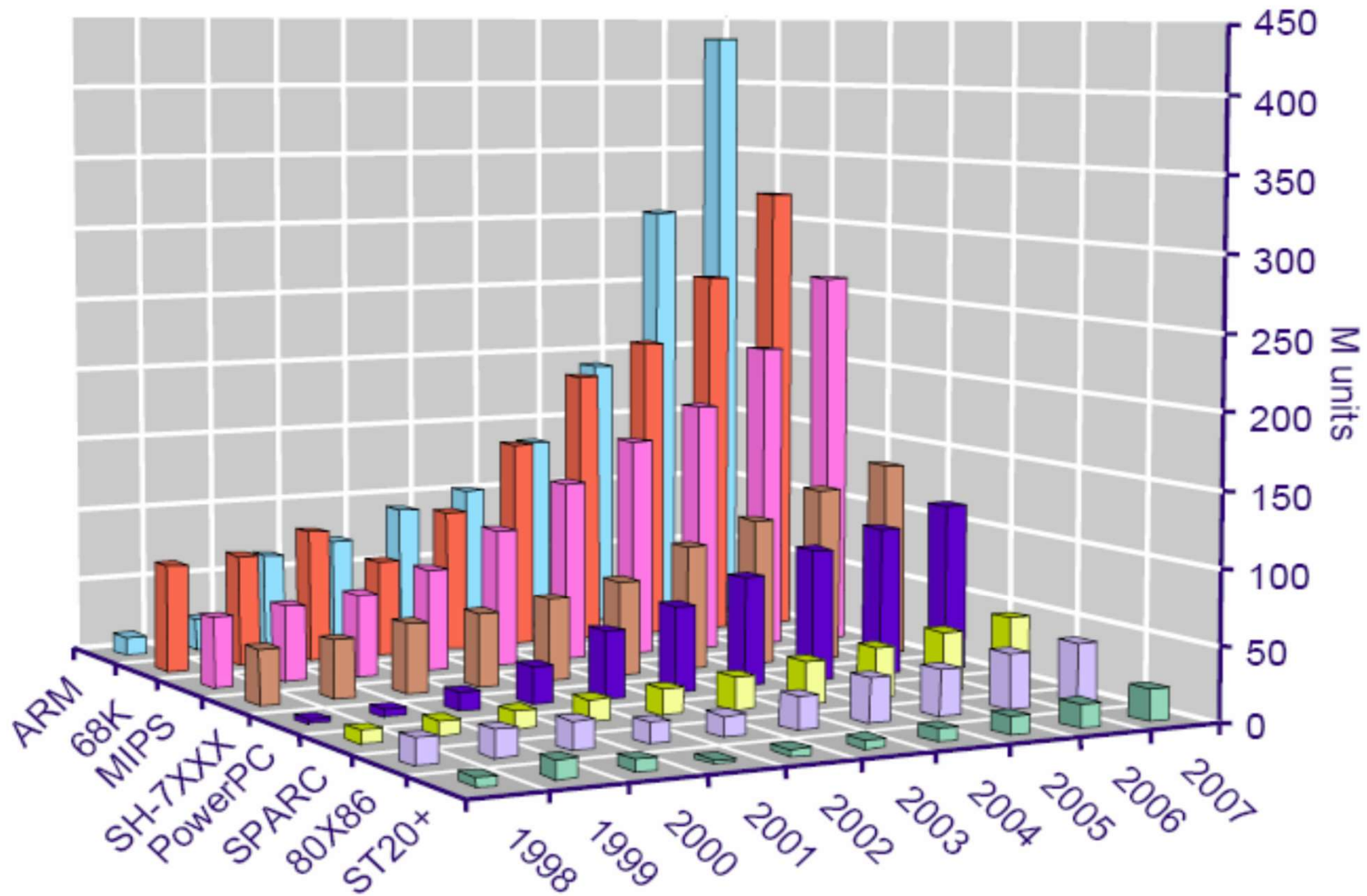
2003: Philips (NXP) LCP210x sorozat

- 2003 – Megjelenik az első kompakt mikrovezérlőként használható ARM7-es magú chip.
 - NXP:
 - LPC2104, LPC2105, LPC2106
- Az összes nagyobb gyártónak megjelenik hasonló sorozata.
 - NXP: LPC2xxx sorozat
 - Atmel: AT91SAM7
 - Texas Instruments: TMS470
 - Analog Devices: ADuC70xx
 - STMicroelectronics: STM7
- 2005 – Megjelennek az ARM9 alapú vezérlők.

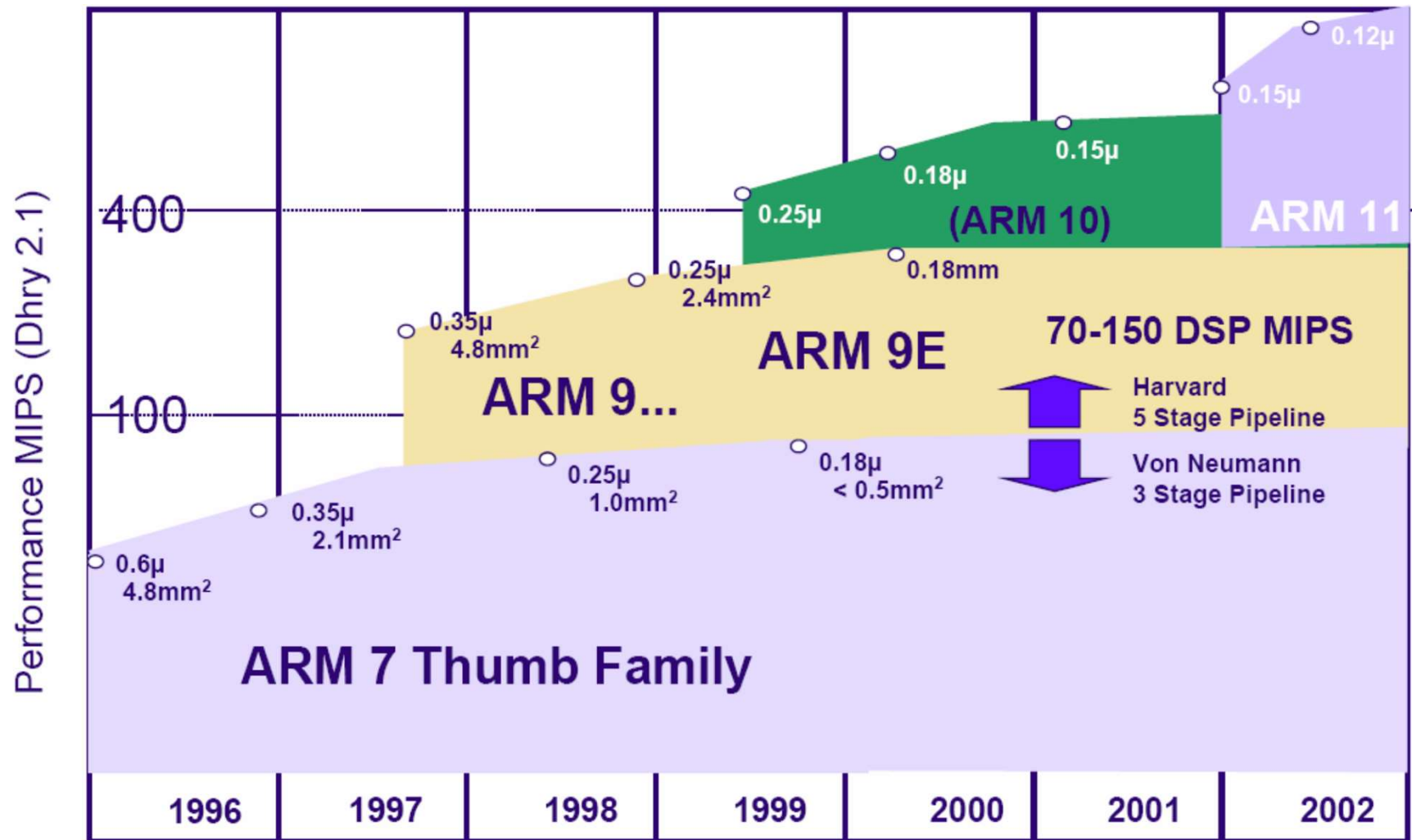
Miért éppen ARM, ki vagy mi az az ARM?

- 1990-ben alakult az Acorn Computers, Apple Computer és VLSI Technology közös vállalkozásaként.
- Az Advanced RISC Machines Ltd (ARM). Processzormagok tervezésével foglalkozik, de saját maga nem gyárt processzort.
- Rengeteg gyártó használja fel az ARM processzormagokat (Philips, Texas, Atmel, OKI, Samsung, Sony stb.).
- Talán a legelterjedtebb 32 bites core. Ezer feletti alkalmazás.
- Igen széleskörű core- és processzorválaszték

Az ARM és más architektúrák (2007)



Hagyományos ARM magok összefoglalása

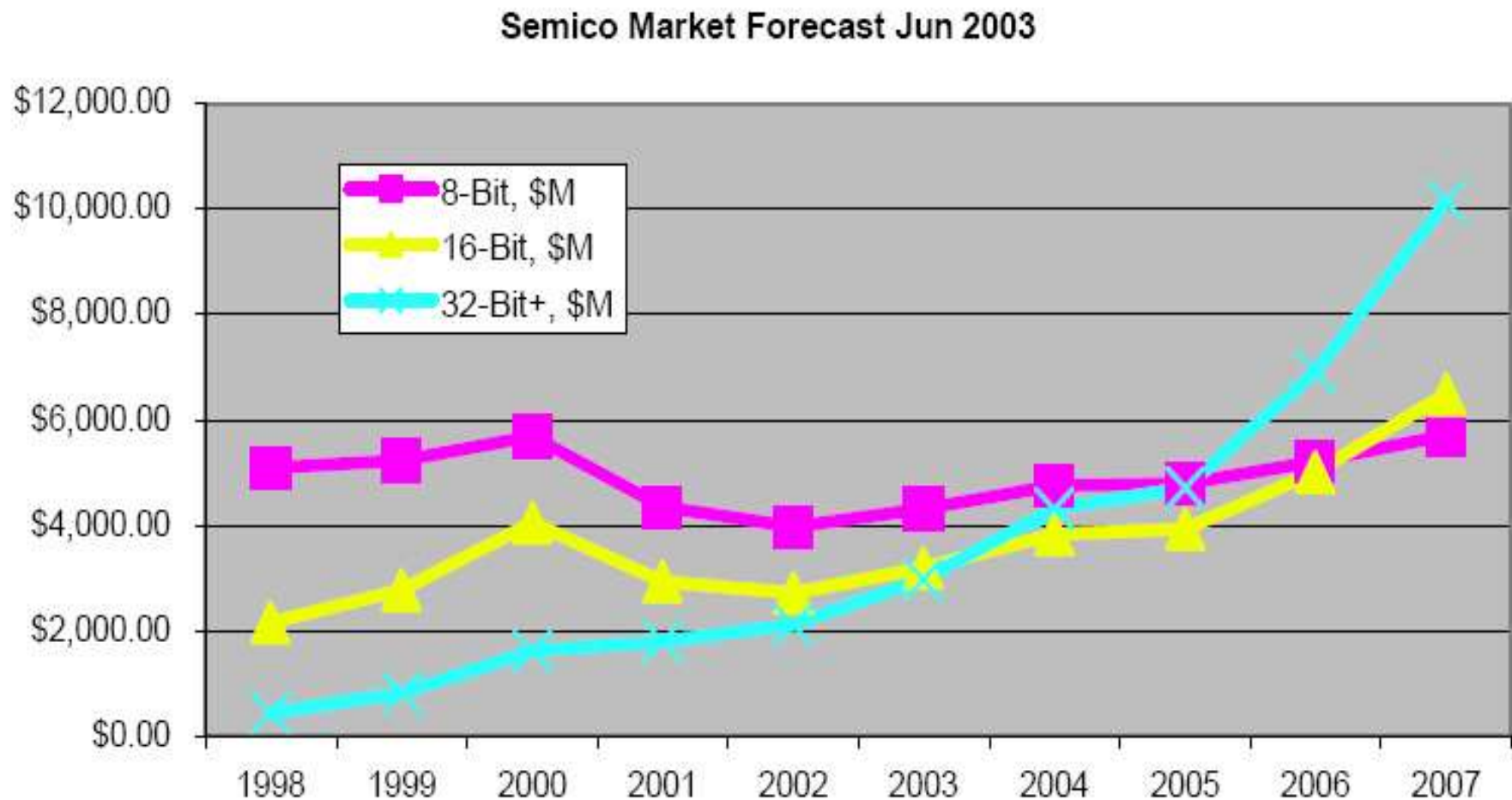


2003: Pillanatkép

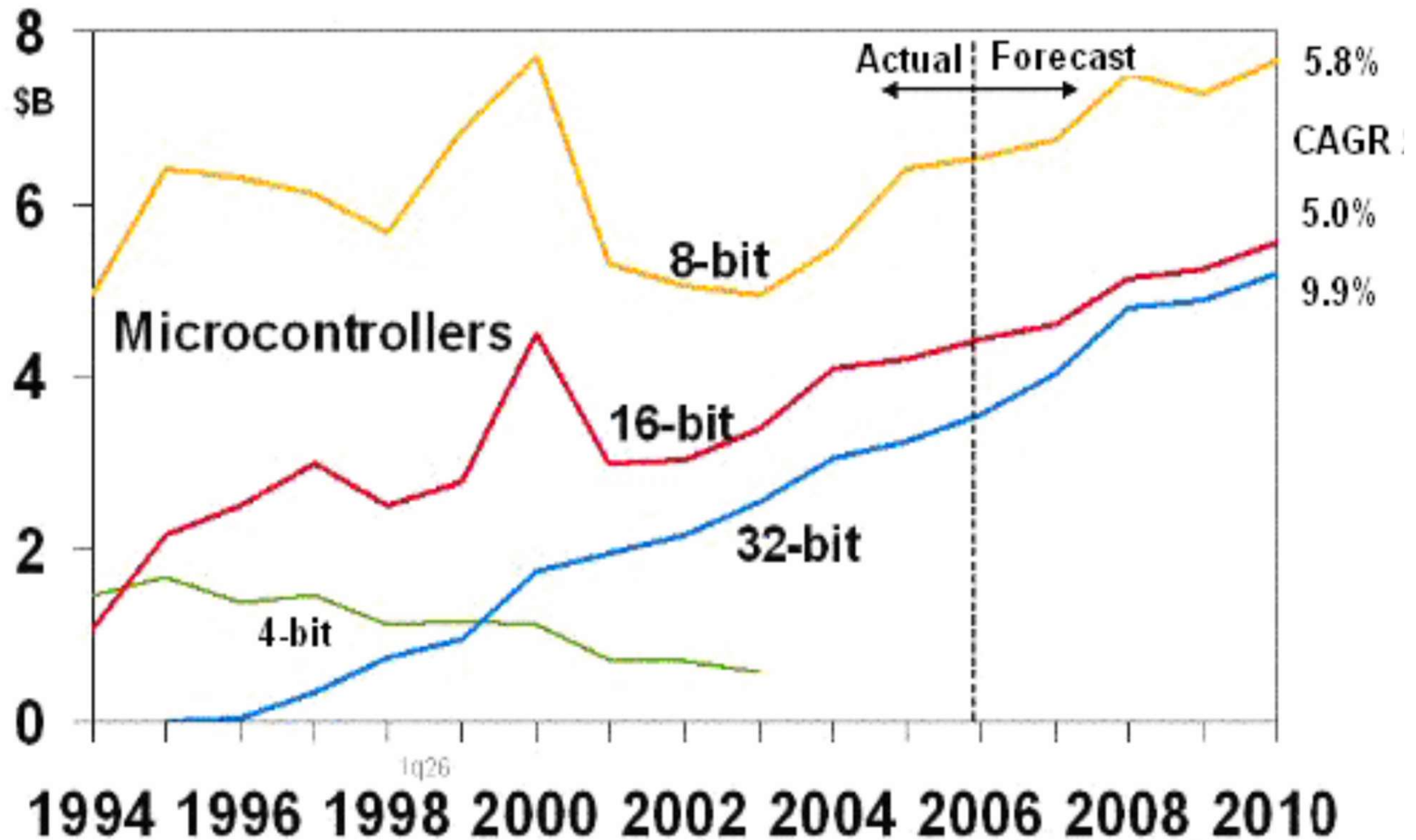
Név/Típus	PIC18F452/PIC	ATmega128/AVR	LPC2106/ARM
Flash / SRAM / EEPROM	32k / 1,5k / 256	128k / 4k / 4k	128k / 64k
MIPS	10	16	50
Adatszélesség	8	8	32
GPIO	36	53	32
ADC	10bit 8 channel	10bit 8 channel	0
Perifériák	SPI, I2C, UART, 4 Timer	SPI, I2C, UART, 2 8bit Timer, 2 16bit Timer	SPI, 2UART, I2C, 2 32bit Timer
Fogyasztás	15-25mA (4.2V) ~105mW	25-30mA (4.5V) ~135mW	40-50mA (3.3/1.8V) ~125mW
Ár/db (100 db tétel)	\$6.51	\$8.81	\$9.48

Várakozások 2003-ban

Figure 1. Semico microcontroller market forecast, June 2003



Várakozások 2006-ban

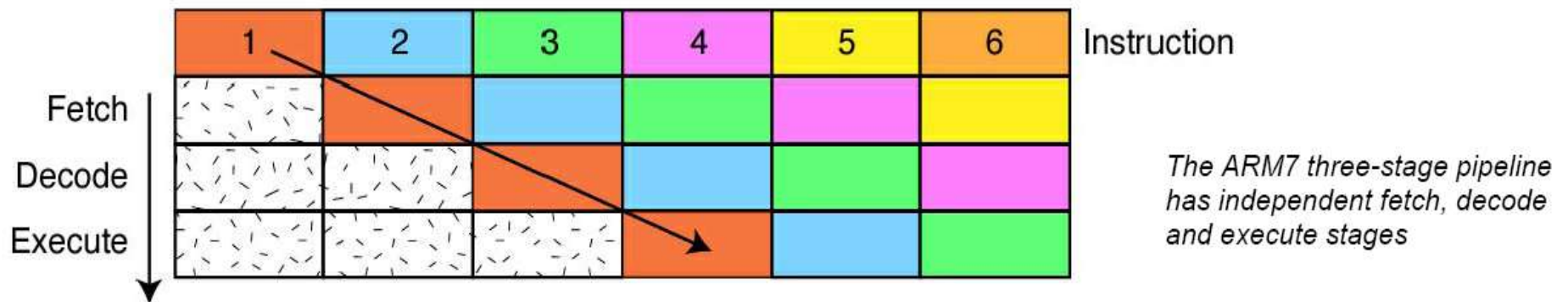


Source: Gartner Dataquest

ARM 7 mag

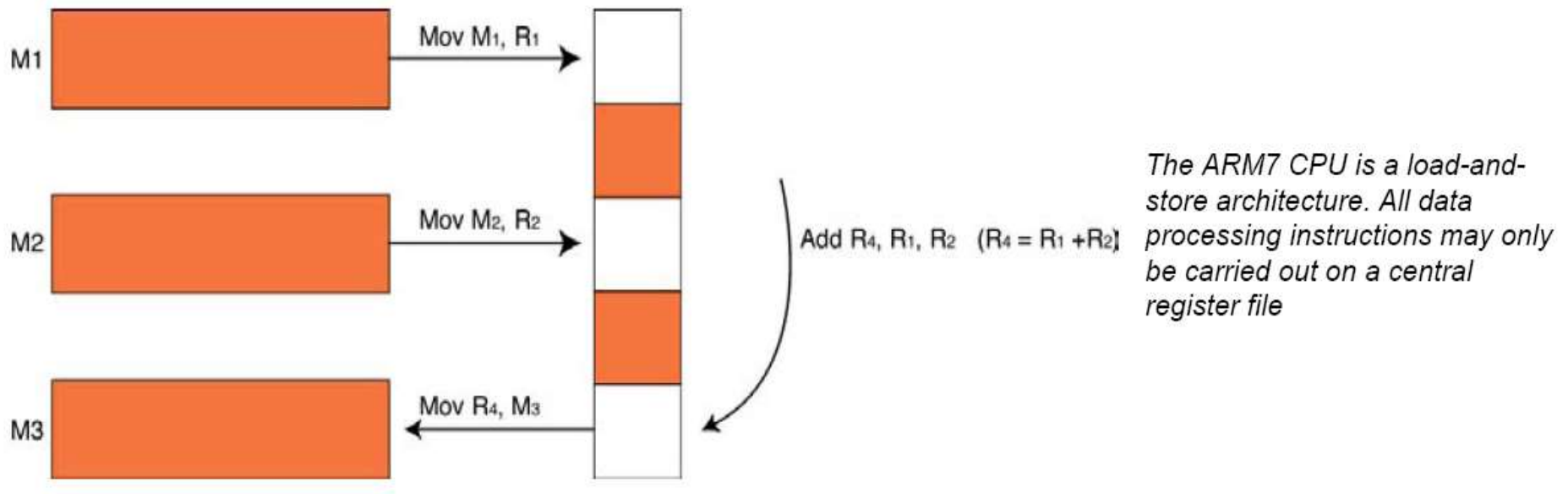
Az ARM 7 mag architektúrája (ARMv4)

- Kevés utasítás, kis komplexitás
 - Kis szilíciumfelület, gyors, kis fogyasztás
- Pipeline-osított utasítás-végrehajtás
 - 3 elemű egyszerű pipeline
 - A legtöbb utasítás egy órajel alatt hajtódik végre.
 - A PC 4 byte-tal előrébb jár, mint a jelenleg végrehajtott utasítás.



Load and Store Architektúra

- Minden adatművelet előtt a memóriából be kell tölteni az adatot egy regiszterbe, azon végrehajtani a műveletet, majd kiírni az eredményt.



Regiszterek

■ Általános regiszterek

- 16 általános regiszter
- CPSR

- Operating mode
- IT enable
- Thumb/ARM
- Conditions
 - Zero
 - Negativ
 - Carry
 - Overflow

15 User registers + PC

R13 is used as the stack pointer

R14 is the link register

R15 is the Program Counter

R0
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15 (PC)

Current Program Status Register

CPSR

Működési módok

System & User	FIQ	Supervisor	Abort	IRQ	Undefined
R0	R0	R0	R0	R0	R0
R1	R1	R1	R1	R1	R1
R2	R2	R2	R2	R2	R2
R3	R3	R3	R3	R3	R3
R4	R4	R4	R4	R4	R4
R5	R5	R5	R5	R5	R5
R6	R6	R6	R6	R6	R6
R7	R7_fiq	R7	R7	R7	R7
R8	R8_fiq	R8	R8	R8	R8
R9	R9_fiq	R9	R9	R9	R9
R10	R10_fiq	R10	R10	R10	R10
R11	R11_fiq	R11	R11	R11	R11
R12	R12_fiq	R12	R12	R12	R12
R13	R13_fiq	R13_svc	R13_abt	R13_irq	R13_und
R14	R14_fiq	R14_svc	R14_abt	R14_irq	R14_und
R15 (PC)	R15 (PC)	R15 (PC)	R15 (PC)	R15 (PC)	R15 (PC)
CPSR	CPSR SPSR_fiq	CPSR SPSR_svc	CPSR SPSR_abt	CPSR SPSR_irq	CPSR SPSR_und

The ARM7 CPU has six operating modes which are used to process exceptions. The shaded registers are banked memory that is "switched in" when the operating mode changes. The SPSR register is used to save a copy of the CPSR when the switch occurs

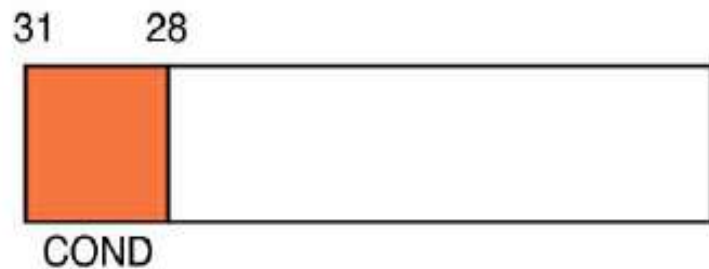
Kivételkezelés

- Alacsony szintű kivételkezelés
 - Interrupt vezérlőt a processzor gyártója ad hozzá.
 - Nem túl hatékony, rosszul portolható.

Exception	Mode	Address
Reset	Supervisor	0x00000000
Undefined instruction	Undefined	0x00000004
Software interrupt (SWI)	Supervisor	0x00000008
Prefetch Abort (instruction fetch memory abort)	Abort	0x0000000C
Data Abort (data access memory abort)	Abort	0x00000010
IRQ (interrupt)	IRQ	0x00000018
FIQ (fast interrupt)	FIQ	0x0000001C

ARM utasításkészlet

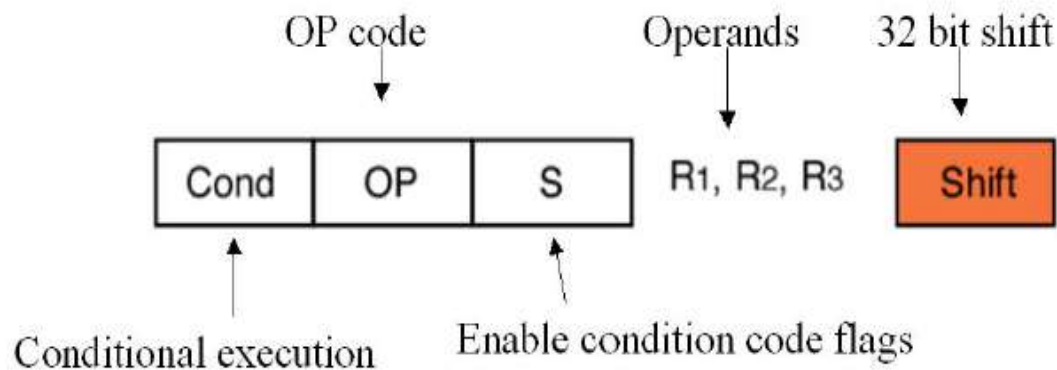
- Little-endian/Big-endian: általában előre fixált (LPC little).
- 32 bites ARM, 16 bites THUMB (30% kisebb, de 40%-kal lassabb)
- Minden ARM utasítás feltételfüggő, gyakorlatilag minden egyszerű assembly utasításnak 16 variánsa van.
- Segíti a pipeline folyamatos kihasználását.



Every ARM (32 bit) instruction is conditionally executed. The top four bits are ANDed with the CPSR condition codes. If they do not match the instruction is executed as a NOP

ARM utasítástípusok I.

- Branching: ugró utasítások
 - Linkregiszter mentéssel vagy anélkül
 - ARM/THUMB mód váltási lehetőség
- Data processing
 - Regisztereken hajtódnak végre.
 - AND, OR, XOR, ADD, SUB, CMP...
 - If (z==1) R1 = R2+(R3x4)
 - EQADDS R1,R2,R3,LSR #2



The general structure of the data processing instructions allows for conditional execution, a logical shift of up to 32 bits and the data operation all in the one cycle

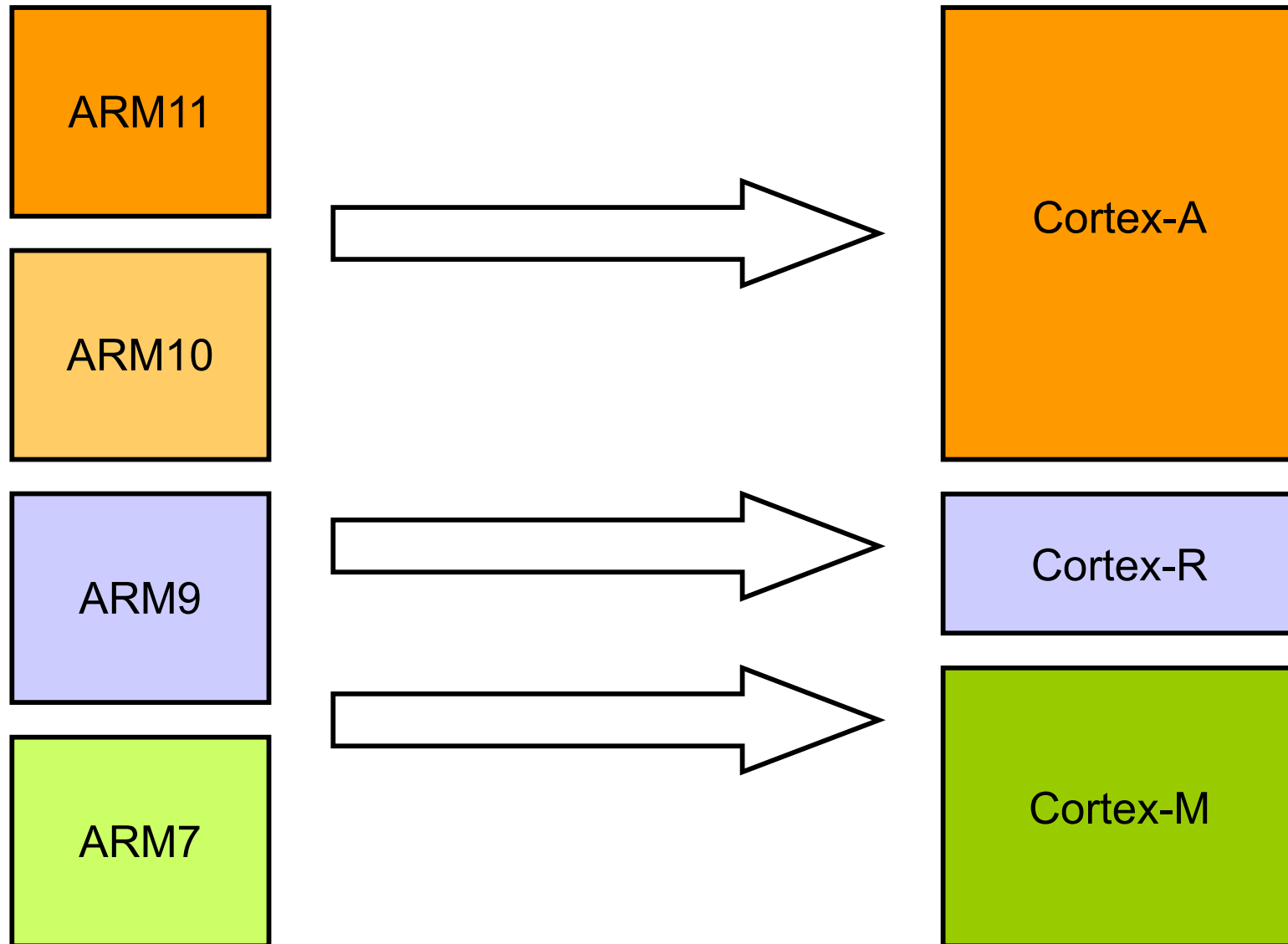
Fordítók hatása a kódra

Parameter	Compiler			
	Keil CA BETA	GNU V3.22	ARM ADS V1.2	IAR V4.11A
Execution Speed (μSeconds)	25.4	112.9	16.8	24.4
Dhrystones/sec	39,370.1	8,857.4	59,382.4	40,983.6
Total Code Size (bytes)	10,330	36,004	22,266	19,892
Stack Size (bytes)	208	852	608	356
Total Data Size (bytes)	10,256	11,912	10,256	10,269

All tests were performed under identical conditions using the Keil μVision Simulator. The ARM device used was a Philips LPC2294 running at 60MHz in Thumb Mode.

ARM Cortex magok 2006-

ARM magok migrációja

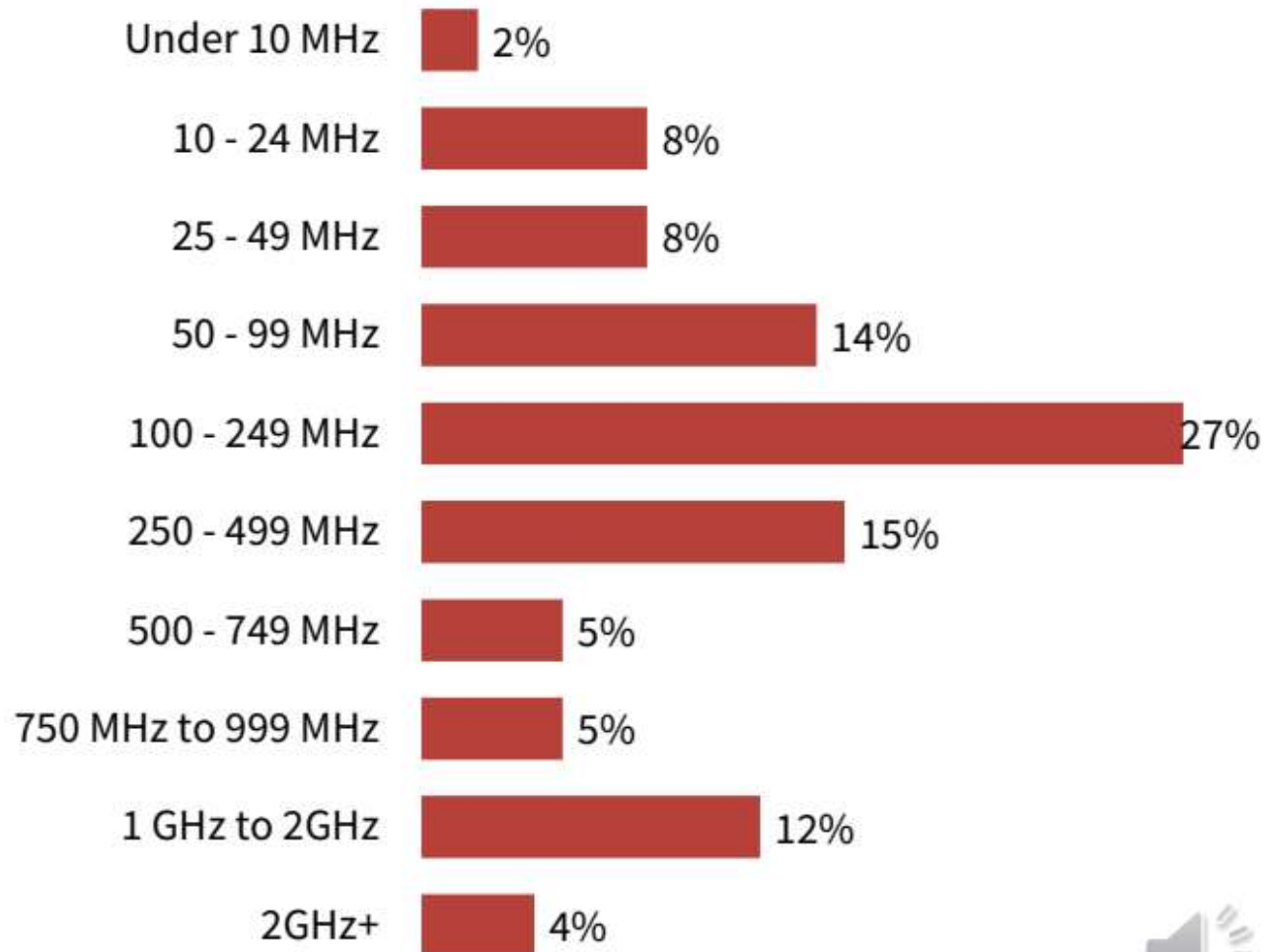


ARM Cortex magok jelenleg

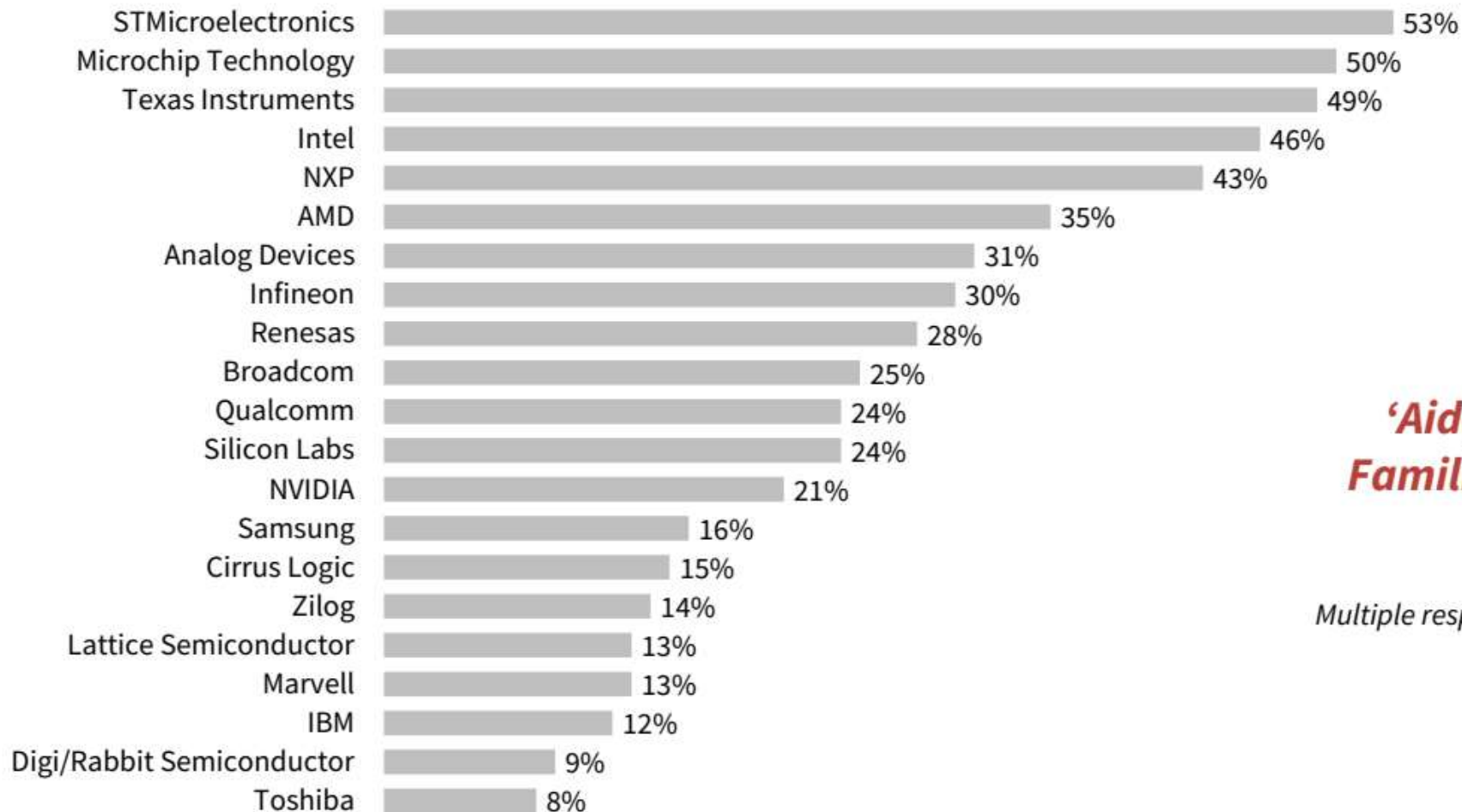
- Cortex-M3, első sorozatok: 2006
 - Luminary Micro: Stellaris – Megveszi őket a Texas Instruments
 - STMicroelectronics: STM32F1xx
 - NXP: LPC17xx
 - Atmel Cortex sorozat
- Cortex-M0, M0+ első sorozatok: 2009
 - NXP, LPC11xx
 - STMicro: STM32F0xx
- Cortex-M4, első sorozatok: 2010
 - NXP, LPC4xxx
 - STMicro: STM32F4xx
- Cortex-M7, első sorozatok: 2015
 - STMicro: STM32F7xx
- Cortex-M33, Cortex-M23 első sorozatok: 2019
 - ST STM32 L5, Nordic nRF91 stb.
- Cortex-M85 első sorozatok: 2022

Jelen használt processzorok (2023)

Main Processor Clock Rate



Jelen helyzet általános vezérlők (2023)



***'Aided'
Familiarity***

Multiple responses allowed

Jelen helyzet: 32-bites vezérlők (2023)

