

CPU – smart zariadenia

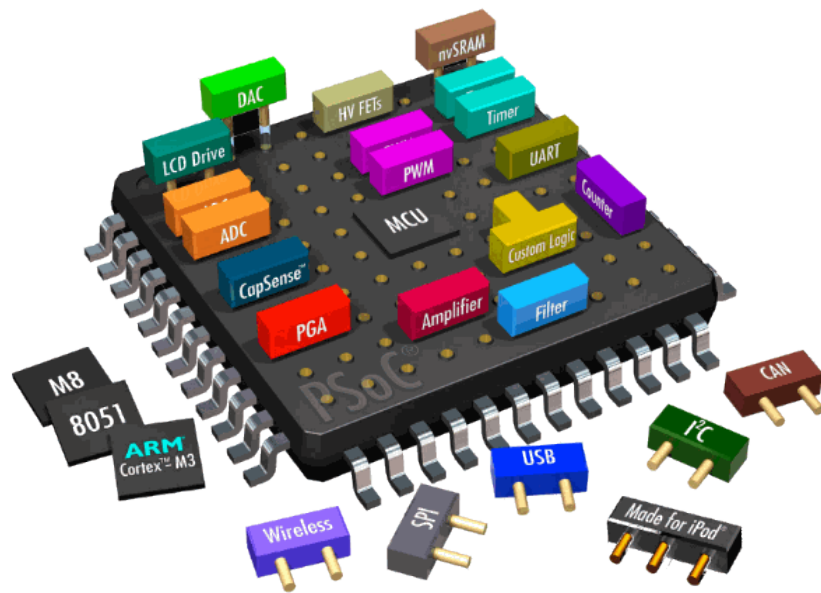
riadiaca jednotka, inštrukčné sady,

komunikácia

Eduard Janský

2.ročník - ext

- Navrhnuté tak aby spĺňali špeciálne požiadavky smart zariadení
 - energetická efektívnosť
 - kompaktnosť (SoC)
 - schopnosť pracovať v reálnom čase



ÜcmFPV

SoC – system on a chip

- je integrovaný obvod, ktorý integruje väčšinu alebo všetky komponenty počítača alebo elektronického systému.
- Obvod obsahuje rôzne komponenty:
 - CPU
 - GPU
 - RAM
 - úložisko
 - Bezdrôtové moduly
- Príklady
 - Qualcomm Snapdragon (smartfóny)
 - Apple M1/M2 (notebooky)
 - ESP32 (IoT zariadenia)

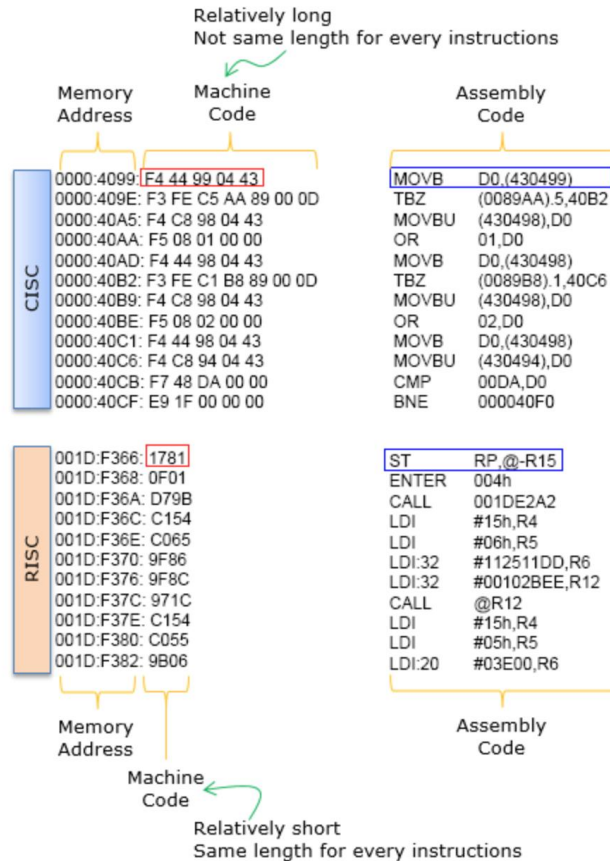
Trošku z histórie

- V 80. rokoch Acorn Computers vyvinul architektúru **A**corn **R**ISC **M**achine (ARM).
- ARM1 (32bit RISC)– takt 8MHz, 25 000 transistorov vyrobené 3µm výrobným procesom. [Logické schéma](#).



x86 vs ARM

- x86 sú z rodiny CISC (Complex Instruction Set Computing)
- ARM sú z rodiny RISC (Reduced Instruction Set Computing)



- CISC strojové funkcie pokrývajú široký okruh funkcií, ktoré by sa dali naprogramovať jednoduchšie
príklad: násobenie nahradiť pomocou sčítania a bitovými posuny
- Vysvetlivky Inštrukcií:
 - MOVb - presúvanie bytov
 - TBZ - bitové testovanie
 - BNE - podmienený skok
 - ST - ukladanie
 - CALL - volanie funkcie
 - LDI - načítanie imediatných hodnôt

CISC vs RISC

- **C**omplex **I**nstruction **S**et **C**omputing
 - obsahuje zložitú sadu inštrukcií
 - celkový počet inštrukcií je menší
 - potreba viac cpu cyklov + spotreba energie
- **R**educed **I**nstruction **S**et **C**omputing
 - Jednoduchšia sada inštrukcií pevnej dĺžky
 - Celkový počet je väčší
 - Menej cpu cyklov na vykonanie inštrukcie + menšia spotreba

Problém sčítania dvoch hodnôt

CISC

```
MOV AX, [num1] // Načítanie hodnoty z pamäte do registra AX
ADD AX, [num2] // Priamo sčíta hodnotu z pamäte s obsahom registra AX
MOV [num3], AX // Uloženie výsledku späť do pamäte
```

- Počet inštrukcií 3
- Cyklov CPU okolo 10 (čítanie a zápis do pamäte je pomalé)
- Program je kratší
- Zložitejšie inštrukcie

RISC

```
LDR R1, [num1] // Načítanie num1 do registra R1
LDR R2, [num2] // Načítanie num2 do registra R2
ADD R3, R1, R2 // Sčítanie R1 + R2 → výsledok do R3
STR R3, [num3] // Uloženie výsledku späť do pamäte
```

- Počet inštrukcií 4
- Cyklov CPU okolo 4-6 (práca s registrami je rýchlejšia)
- Jednoduché inštrukcie
- Program je dlhší

Vlastnosť	ARM (RISC)	x86 (CISC)
Typ inštrukcií	Krátke, jednoduché inštrukcie	Dlhé a komplexné inštrukcie
Počet inštrukcií	Menej inštrukcií, optimalizované pre efektívnosť	Viac inštrukcií, niektoré veľmi komplexné
Pipeline	Hlboká (viac stupňov pre vyšší výkon)	Plytšia, ale optimalizovaná pre komplexné inštrukcie
Vykonávanie	Out-of-Order, superskalárne	Out-of-Order, superskalárne
Energetická efektívnosť	Veľmi úsporné (nižší počet tranzistorov na inštrukciu)	Vyššia spotreba energie

Spracovanie inštrukcií

- Využívajú **pipeline**, čo je metóda paralelného spracovania
- Štandardná 3- stupňová pipeline:
 - Fetch - načítanie inštrukcie z pamäte
 - Decode - interpretácia a určenie čo sa má vykonať
 - Execute - Vykonanie inštrukcie
 - Memory Access - načítanie alebo uloženie dát do pamäte
 - Write back - Zápis výsledku do registra
- Moderné procesory majú 8-12 stupňové pipeliney
- out-of-order execution (OoOE) – Inštrukcie sa vykonávajú v inom poradí, ako boli načítané, aby sa predišlo zbytočným čakaniam.
- Superskalárna pipeline - umožňuje vykonávať viacero inštrukcií naraz

- Neskôr nasledoval procesor ARM2 a ARM3 atď.
- Vznik ARM Holdings, ktorá spolupracovala s Apple Computer.
- Spoločnosť ustúpila od výroby a sústredila sa len na vývoj.
- Schéma ARM je ich intelektuálnym vlastníctvom.



Stolní počítače Archimedes (konec 80. let) využívaly procesory ARM2 a ARM3 a byly na svou dobu velmi výkonně, poté je však převládalo IBM PC a Apple Macintosh

2004 – Cortex-M, Cortex-R, Cortex-A

M-mikrokontroléry, R-realTime, A - aplikačné použitie
inštrukčné sady: ARMv6-M až po ARMv8-A.

- 2011 - nová heterogénna architektúra **big.LITTLE**
 - Spoločné spárované vysokovýkonné jadrá s úspornými

Súčasnoscť

- Najnovší Snapdragon X – 4nm výrobný proces
12 jadier 3,8Ghz (boost 4,3GHz), počet tranzistorov verejne nedostupný
- Apple M4 3nm, 28 miliard. Tranzistorov
- [GB10](#) Grace Blackwell Superchip 20jadier(10-Cortex-X925, 10 Cortex-A725)

Budúcnosť

- Ovládnuť desktopový a serverový trh
- Silnejšiu integráciu GPU a NPU (Neural Processing Units)
- AI bude všade
 - M4 má Apple Neural Engine s výkonom 38 TOPS na AI funkcie
- Miniaturizovať a zefektívniť
 - 2nm, očakávajú sa čipi s 1,4 nm do roku 2028
- Fyzikálna limitácia kremíka (0.5 - 1 nm)
 - Únik prúdu, prehrievanie, strata účinnosti
- Alternatíva v nových materialoch
 - Grafén, Fosforén,
- Kvantové počítače ?

Diagnostika, správa a testovanie ARM Procesorov

- Diagnostické nástroje
 - ARM Dev Tools
 - OpenOCD, Valgrind na ladenie a detekciu chýb
- Správa zariadení
 - UBoot, Yocto Project konfigurácia a správa
 - OP-TEE dôveryhodne prostredie
- BIOS/Firmware
 - UEFI, U-Boot
 - DFU, Embedded Linux pre aktualizáciu a správu firmvéru
- Testovanie výkonu a stability
 - Stress-ng, Perf, LinPack, CoreMark
 - Memtest, JTAG Debugging

Zdroje:

- Wikipedia contributors. (n.d.). **System on a chip**. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved March 28, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/System_on_a_chip
- Zive.cz. (2023, December 22). **Historie a současnost mobilních SoC: Od nejstaršího procesoru ARM po raketu Tegra X1**. *Zive.cz*. Retrieved March 28, 2025, from <https://www.zive.cz/clanky/historie-a-soucasnost-mobilnich-soc-od-nejstarsiho-procesoru-arm-po-raketu-tegra-x1/jak-se-zrodil-arm/sc-3-a-183022-ch-102739/default.aspx#as>
- Wikipedia contributors. (2025, March 24). **ARM1**. *WikiChip*. Retrieved March 28, 2025, from <https://en.wikichip.org/wiki/acorn/microarchitectures/arm1>
- Microcontrollers Lab. (2025, March 20). **System on Chip (SoC) Introduction**. *Microcontrollers Lab*. Retrieved March 28, 2025, from <https://microcontrollerslab.com/system-on-chip-soc-introduction/>
- ShareTechnote. (n.d.). **Embedded System: CISC vs RISC**. *ShareTechnote*. Retrieved March 28, 2025, from https://www.sharetechnote.com/html/EmbeddedSystem_CISC_RISC.html

Zdroje:

- Yocto Project. (n.d.). **Yocto Project Documentation**. *Yocto Project*. Retrieved October 2023, from <https://docs.yoctoproject.org/>
- ARM. (n.d.). **ARM Development Tools**. *ARM*. Retrieved October 2023, from <https://www.arm.com/products/development-tools>
- Das U-Boot. (n.d.). **Das U-Boot—Universal Boot Loader**. *Das U-Boot*. Retrieved October 2023, from <https://www.u-boot.org/>

Dakujem za pozornosť

Otázky ?