Arquiteturas Intel x86 e ARM

MAC0344 - Arquitetura de Computadores
Prof. Siang Wun Song

Baseado parcialmente em W. Stallings -
Computer Organization and Architecture

Arquiteturas Intel x86 e ARM

Vocês viram que o desempenho do processador avança mais do que o da memória. Isso se deve a várias técnicas que foram adotadas no projeto do processador. Para a evolução do desempenho do processador a serem vistos neste curso, vamos usar como exemplos as seguintes duas arquiteturas.

- Inter x86:
  - arquitetura CISC (*Complex Instruction Set Computer*)
  - maior fabricante de micro-processadores para sistemas não embarcados, reunindo décadas de esforços em princípios de projeto.
- ARM:
  - arquitetura RISC (*Reduced Instruction Set Computer*)
  - um dos sistemas mais poderosos e utilizados em sistemas embarcados.

A seguir, damos uma breve visão geral de cada. Os termos em vermelho serão explicados a seguir, nas próximas aulas.

Evolução da arquitetura Intel x86 - 1970s

Intel 8086

Source: Wikipedia

(a) 1970s Processors

Source: W. Stallings

	4004	8008	8080	8086	8088
Introduced	1971	1972	1974	1978	1979
Clock speeds	108 kHz	108 kHz	2 MHz	5 MHz, 8 MHz, 10 MHz	5 MHz, 8 MHz
Bus width	4 bits	8 bits	8 bits	16 bits	8 bits
Number of transistors	2,300	3,500	6,000	29,000	29,000
Feature size (μm)	10		6	3	6
Addressable memory	640 Bytes	16 KB	64 KB	1 MB	1 MB

- 8080: primeiro micro-processador de propósito geral do mundo, de 8 bits (largura do barramento para a memória). Usado no primeiro PC (personal computer) Altair.
- 8086: de 16 bits, com uma cache de instruções e pré-busca de várias instruções antes de sua execução. Uma variante 8088 (de 8 bits) foi usado no IBM PC, assegurando o sucesso da linha x86.

Evolução da arquitetura Intel x86 - 1980s

(b) 1980s Processors

Source: W. Stallings

	80286	386TM DX	386TM SX	486TM DX CPU
Introduced	1982	1985	1988	1989
Clock speeds	6 MHz–12.5 MHz	16 MHz–33 MHz	16 MHz–33 MHz	25 MHz–50 MHz
Bus width	16 bits	32 bits	16 bits	32 bits
Number of transistors	134,000	275,000	275,000	1.2 million
Feature size (μm)	1.5	1	1	0.8–1
Addressable memory	16 MB	4 GB	16 MB	4 GB
Virtual memory	1 GB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	—	—	—	8 kB

- 80286: estende o 8086 ao capacitar endereçamento a uma memória de 16 MB ao invés de 1 MB.
- 80386: de 32 bits, competindo em desempenho com mini-computadores e computadores *mainframe*. Permite multi-tarefas, podendo executar vários programas ao mesmo tempo.
- 80486: introduz tecnologia de cache mais poderosa e *pipelining* de instruções. Usa um co-processador matemática para auxilar a CPU.

Evolução da arquitetura Intel x86 - 1990s

Source: W. Stallings

(c) 1990s Processors

	486TM SX	Pentium	Pentium Pro	Pentium II
Introduced	1991	1993	1995	1997
Clock speeds	16 MHz–33 MHz	60 MHz–166 MHz,	150 MHz–200 MHz	200 MHz–300 MHz
Bus width	32 bits	32 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	1.185 million	3.1 million	5.5 million	7.5 million
Feature size (μm)	1	0.8	0.6	0.35
Addressable memory	4 GB	4 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	8 kB	8 kB	512 kB L1 and 1 MB L2	512 kB L2

- Pentium: introduz a técnica superescalar, permitindo a execução de várias instruções em paralelo.
- Pentium Pro: introduz a técnica de predidção de desvio, execução especulativa, análise de fluxo e dependência de dados e renomeação de registradores.
- Pentium II: incorpora a tecnologia MMX para processar vídeo, áudio e dados gráficos.

Evolução da arquitetura Intel x86 - 2000s

Intel Core 2 Duo

Source: W. Stallings

(d) Recent Processors

	Pentium III	Pentium 4	Core 2 Duo	Core 2 Quad
Introduced	1999	2000	2006	2008
Clock speeds	450–660 MHz	1.3–1.8 GHz	1.06–1.2 GHz	3 GHz
Bus sidth	64 bits	64 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	9.5 million	42 million	167 million	820 million
Feature size (nm)	250	180	65	45
Addressable memory	64 GB	64 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	512 kB L2	256 kB L2	2 MB L2	6 MB L2

Evolução da arquitetura Intel x86 - 2000s

Source: W. Stallings

(d) Recent Processors

	Pentium III	Pentium 4	Core 2 Duo	Core 2 Quad
Introduced	1999	2000	2006	2008
Clock speeds	450–660 MHz	1.3–1.8 GHz	1.06–1.2 GHz	3 GHz
Bus sidth	64 bits	64 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	9.5 million	42 million	167 million	820 million
Feature size (nm)	250	180	65	45
Addressable memory	64 GB	64 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	512 kB L2	256 kB L2	2 MB L2	6 MB L2

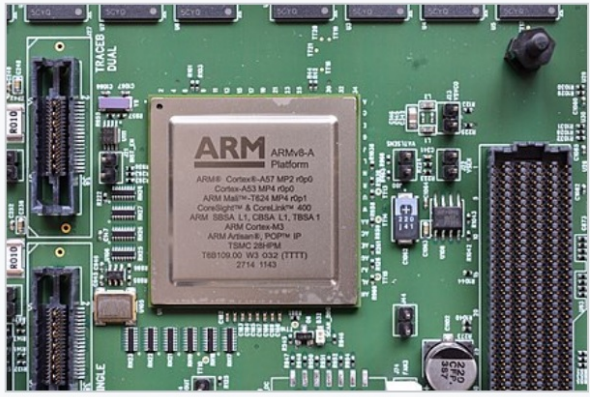
- Pentium III e IV: incorpora mais instruções em ponto-flutuante para processamento gráfico 3D e multimídia.
- Core 2 Duo: primeiro microprocessador multicore, com *dual core*, implementando dois processadores na mesma pastilha (*chip*).
- Core 2 Quad: possui 4 cores na mesma pastilha.

Evolução da arquitetura Intel x86 - 2020

- 2022: 13.a geração da família Core
- Intel Core i9 13900K: 24 *cores*
- Frequência de 5.8 GHz
- 32 MB L2 cache, 36 MB L3 cache
- Memória 128 GB
- Preço: US$ 589,00

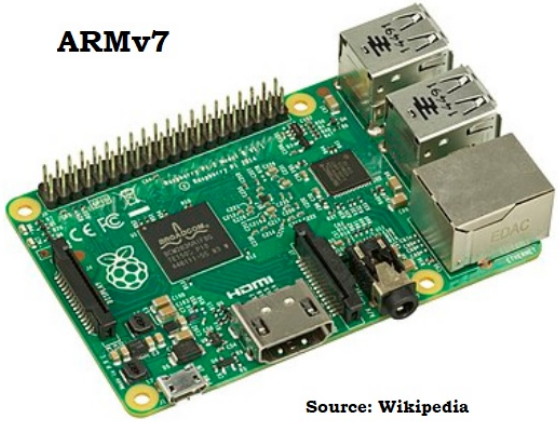
Intel Launches 13th Gen Intel Core Processor Family

Arquitetura ARM e sistemas embarcados



Armv8-A

Source: Wikipedia



Source: Wikipedia

- ARM usa o projeto RISC e é usado em sistemas embarcados.
- Sistema embarcado: refere-se ao uso de eletrônica e software em um produto, a fim de realizar uma função determinada.

Sistemas embarcados

Market	Embedded Device
Automotive	Ignition system Engine control Brake system
Consumer electronics	Digital and analog televisions Set-top boxes (DVDs, VCRs, Cable boxes) Personal digital assistants (PDAs) Kitchen appliances (refrigerators, toasters, microwave ovens) Automobiles Toys/games Telephones/cell phones/pagers Cameras Global positioning systems
Industrial control	Robotics and controls systems for manufacturing Sensors
Medical	Infusion pumps Dialysis machines Prosthetic devices Cardiac monitors
Office automation	Fax machine Photocopier Printers Monitors Scanners

Source: W. Stallings

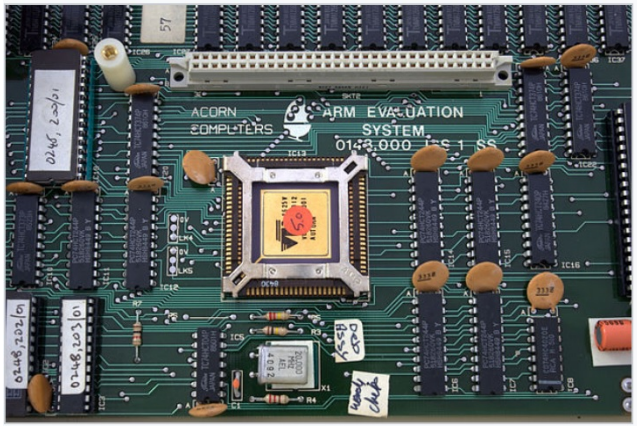
ARM e sistemas embarcados

A quantidade de sistemas embarcados ultapassa a de computadores de propósito geral. ARM é o processador mais usado em sistemas embarcados.

Há uma grande variedade de requisitos e restrições:

- Restrições no custo.
- Requisitos de qualidade: segurança, tolerância a falhas, tempo real, etc.
- Duração de vida útil: curta a longa.
- Condições ambientais: radiação, vibração, umidade.
- Requisito de potência.

ARM: de Acorn RISC Machine para Advanced RISC Machine



ARM1 2nd processor for the BBC Micro

- ARM é uma família de microprocessadores RISC projetados por ARM Inc. Cambridge, Inglaterra.
- ARM se origina da Acorn Computers Company que, em 1980, desenvolveu para BBC uma nova arquitetura para o projeto BBC Literacy.
- O sucesso fez Acorn a desenvolver o primeiro processador RISC: Acorn RISC Machine (ARM). ARM1 ficou operacional em 1985.
- A partir daí, foram lançados ARM2, ARM3, ...

ARM: de Acorn RISC Machine para Advanced RISC Machine

- O projeto ARM atende a grande demanda para um processador de alto desempenho, baixo consumo de potência, tamanho pequeno e baixo custo para aplicações embarcadas.
- Desenvolvimento futuro ultrapassa a capacidade da Acorn.
- Uma nova companhia foi formada, com Acorn, VLSI e Apple Computers como sócios fundadores, conhecida como ARM Ltd.
- Acorn RISC Machine virou Advanced RISC Machine.

Evolução da arquiterura ARM

Family	Notable Features	Cache	Typical MIPS @ MHz
ARM1	32-bit RISC	None	
ARM2	Multiply and swap instructions; Integrated memory management unit, graphics and I/O processor	None	7 MIPS @ 12 MHz
ARM3	First use of processor cache	4 KB unified	12 MIPS @ 25 MHz
ARM6	First to support 32-bit addresses; floating-point unit	4 KB unified	28 MIPS @ 33 MHz
ARM7	Integrated SoC	8 KB unified	60 MIPS @ 60 MHz
ARM8	5-stage pipeline; static branch prediction	8 KB unified	84 MIPS @ 72 MHz
ARM9		16 KB/16 KB	300 MIPS @ 300 MHz
ARM9E	Enhanced DSP instructions	16 KB/16 KB	220 MIPS @ 200 MHz
ARM10E	6-stage pipeline	32 KB/32 KB	
ARM11	9-stage pipeline	Variable	740 MIPS @ 665 MHz
Cortex	13-stage superscalar pipeline	Variable	2000 MIPS @ 1 GHz
XScale	Applications processor; 7-stage pipeline	32 KB/32 KB L1 512 KB L2	1000 MIPS @ 1.25 GHz

DSP = digital signal processor

SoC = system on a chip

Source: W. Stallings