



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO

DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO E MATEMÁTICA

# **ARQUITETURA DE COMPUTADORES**

## **Apple M1**

Hiago Soares de Araujo

Ribeirão Preto

2024

## Visão geral

O M1 é um sistema em um chip — do inglês, System on a Chip – SoC — baseado na arquitetura ARM e de propriedade da Apple. Por ser um SoC, agrega componentes como CPU, GPU, RAM, entre outros, em um mesmo lugar, o que facilita a comunicação entre eles e implica maior desempenho para o dispositivo que o utiliza. Com 16 bilhões de transistores e a distância entre eles de 5 nanômetros, destacam-se, na estrutura interna desse chip, componentes como CPU de 8 núcleos, GPU de 8 núcleos, Neural Engine — para tarefas de machine learning — de 16 núcleos e memória RAM unificada.

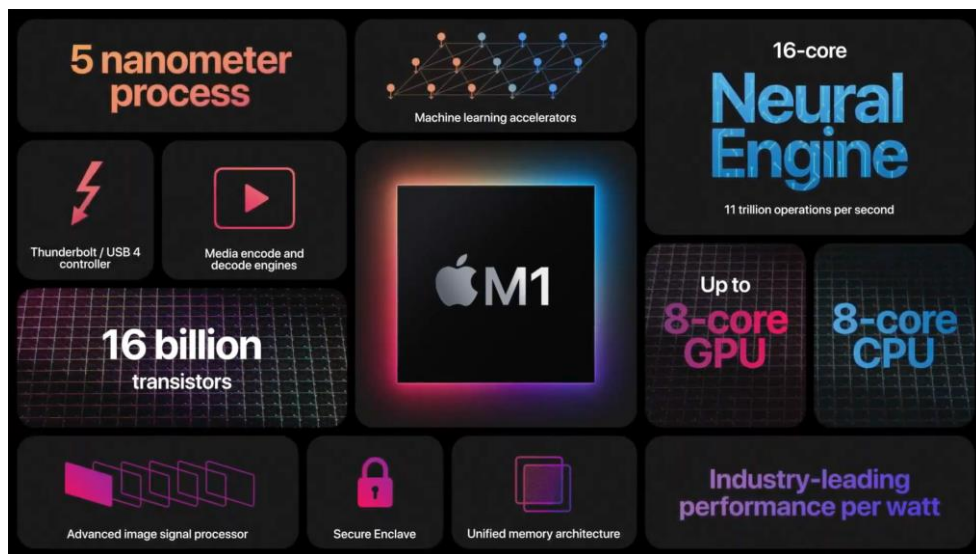


Imagem 1: esquematização dos componentes do chip M1

## Histórico

O M1 é o primeiro chip da linha M de SoCs próprios da Apple idealizados para Macbooks. Lançado em novembro de 2020, representa a terceira mudança de arquitetura realizada pela empresa em toda sua história. Com base em experiências adquiridas com design de chips próprios para iPhones, iPads e Apple Watches e visando eficiência energética semelhante a encontrada nos dispositivos móveis, aliado ao alto desempenho, a Apple, com o lançamento desse chip, efetuou a transição, em seus computadores pessoais, da arquitetura x86, utilizada nos processadores Intel, para a arquitetura ARM.

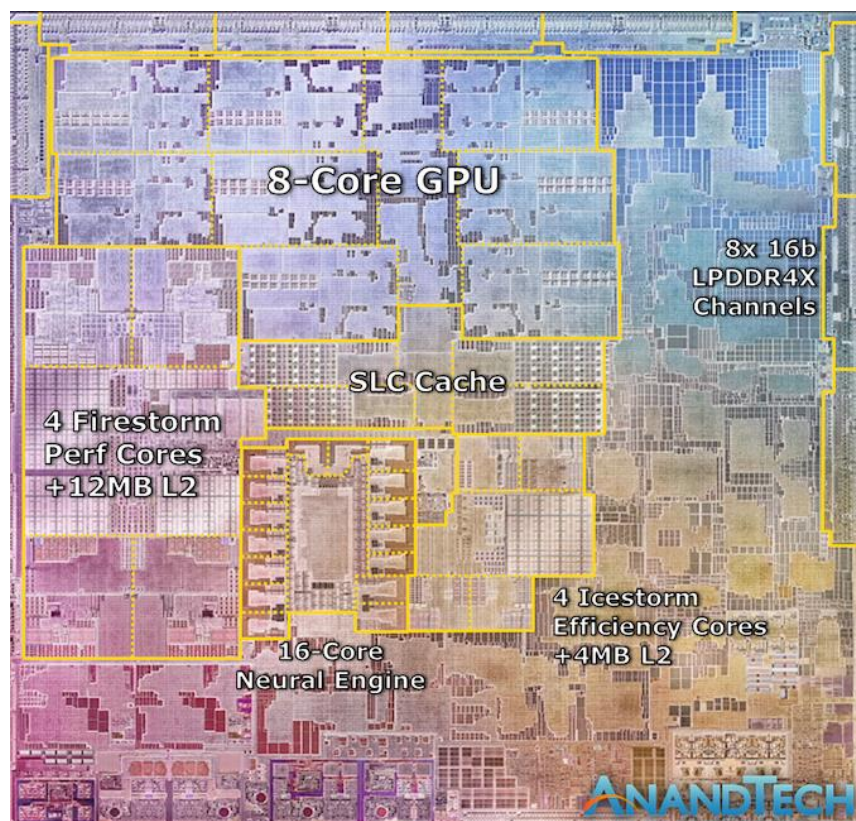
## Arquitetura

Utilizando-se como base a tecnologia *ARM big.LITTLE*, os 8 núcleos da CPU do M1 são divididos em duas categorias: 4 núcleos de alta performance, chamados “Firestorm”, para tarefas que demandem alto processamento, e 4 núcleos de alta eficiência, os “Icestorm”, para tarefas simples cotidianas ou para processos comuns de baixo custo de processamento em segundo plano. Em geral, os “Icestorm” utilizam um décimo da energia requerida pelos núcleos de alto processamento. Os

dois tipos de núcleos podem trabalhar juntos para oferecer desempenho multithread ao usuário. Ademais, os "Firestorm" possuem cache L1 dividido entre 192KB para instruções e 128 KB para dados e compartilham um cache L2 de 12 MB, enquanto os núcleos de alta eficiência possuem cache L1 de 128KB para instruções e de 64KB para dados, além de compartilharem um cache L2 de 4MB.

Como já dito anteriormente, o M1 utiliza a arquitetura ARM. Mais especificamente, a CPU é um processador de 64 bits ARM64 e que utiliza, portanto, o conjunto de instruções RISC. Possui 31 registradores de uso geral de 64 bits, registrador contador de programa invisível ao programador, instruções no formato 32 bits, endereçamento de memória de 64 bits, entre outros.

Em relação ao processamento gráfico, o M1 possui uma GPU de 8 núcleos, cada um com 16 unidades de execução, que possui, cada uma, 8 unidades lógicas e aritméticas (ALUs). Possui, portanto, 128 unidades de execução e 1024 ALUs, o que confere ao M1 GPU a capacidade de executar cerca de 25.000 threads simultaneamente, com cerca de 2.6 TFLOPS de rendimento.



*Imagem 2: disposição e especificidade dos componentes do chip M1*

## **Desempenho**

Quando do seu lançamento, a Apple afirmava que o M1 era mais potente com quantidade de energia gasta 25% menor, se comparado com chips para PCs mais recentes à época (2020). Tal feito é alcançado pela escolha da arquitetura ARM, que

é bastante incomum em computadores, mas fornece eficiência térmica por meio de instruções mais simples que executam em, geralmente, um ciclo de clock.

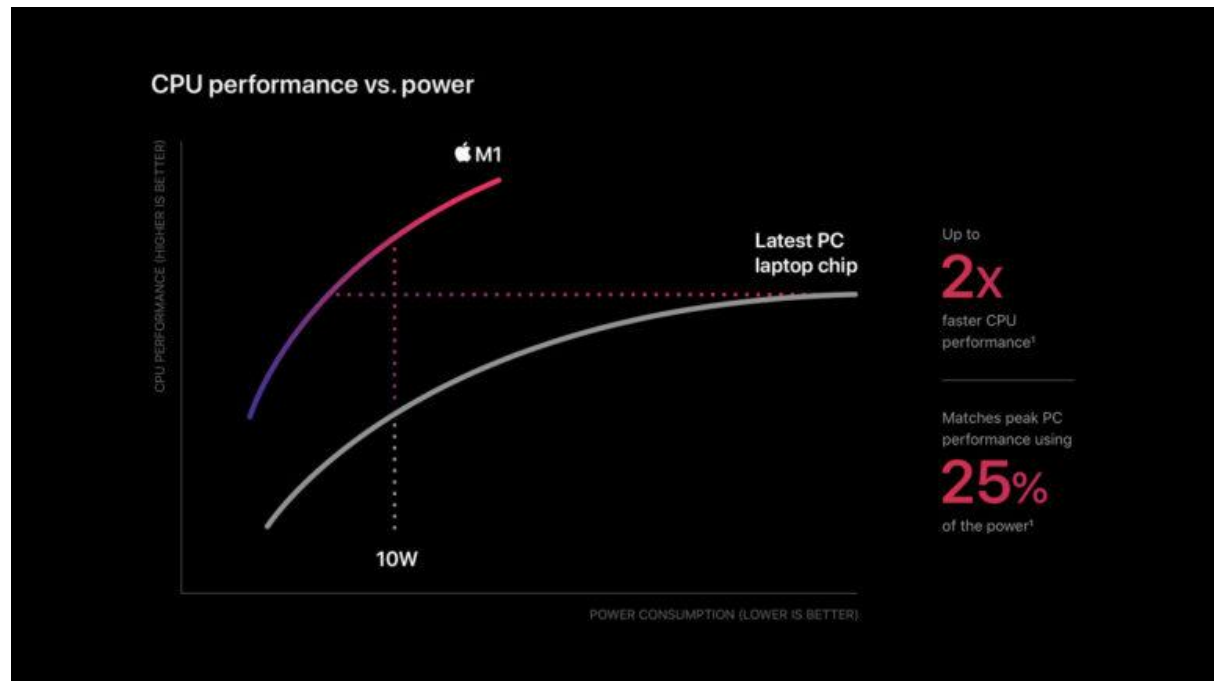


Imagem 3: comparativo energia gasta X performance da CPU, em comparação com chips mais recentes no ano de 2020.

Além disso, ao submeter o M1 a um benchmark, considerando o desempenho single-core, observa-se que o novo chip da Apple se sobressai em relação aos chips da Intel utilizados nos antigos MacBooks:


























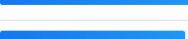



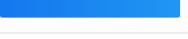





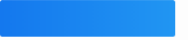



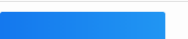


	Mac mini (Late 2020) Apple M1 @ 3.2 GHz (8 cores)	2363	<div></div>
	iMac (24-inch Mid 2021) Apple M1 @ 3.2 GHz (8 cores)	2344	<div></div>
	iMac (24-inch Mid 2021) Apple M1 @ 3.2 GHz (8 cores)	2344	<div></div>
	MacBook Air (Late 2020) Apple M1 @ 3.2 GHz (8 CPU cores, 8 GPU cores)	2343	<div></div>
	MacBook Air (Late 2020) Apple M1 @ 3.2 GHz (8 CPU cores, 7 GPU cores)	2343	<div></div>
	MacBook Pro (13-inch Late 2020) Apple M1 @ 3.2 GHz (8 cores)	2302	<div></div>
	iMac (27-inch Retina Mid 2020) Intel Core i7-10700K @ 3.8 GHz (8 cores)	1661	<div></div>
	iMac (27-inch Retina Mid 2020) Intel Core i9-10910 @ 3.6 GHz (10 cores)	1648	<div></div>
	iMac (27-inch Retina Early 2019) Intel Core i9-9900K @ 3.6 GHz (8 cores)	1627	<div></div>
	iMac (27-inch Retina Mid 2020) Intel Core i5-10600 @ 3.3 GHz (6 cores)	1578	<div></div>
	iMac (27-inch Retina Mid 2020) Intel Core i5-10500 @ 3.1 GHz (6 cores)	1514	<div></div>
	iMac (21.5-inch Retina Early 2019) Intel Core i7-8700 @ 3.2 GHz (6 cores)	1496	<div></div>
	iMac (27-inch Retina Early 2019) Intel Core i5-9600K @ 3.7 GHz (6 cores)	1485	<div></div>
	iMac (27-inch Retina Mid 2017) Intel Core i7-7700K @ 4.2 GHz (4 cores)	1473	<div></div>

Imagem 4: benchmark single-core da CPU do M1 em comparação com os chips da Intel (Geekbench)

Se for considerado o desempenho multi-core, praticamente o mesmo resultado é obtido:

 <b>Mac mini (Late 2020)</b> Apple M1 @ 3.2 GHz (8 cores)	8447	
 <b>iMac (24-inch Mid 2021)</b> Apple M1 @ 3.2 GHz (8 cores)	8364	
 <b>iMac (24-inch Mid 2021)</b> Apple M1 @ 3.2 GHz (8 cores)	8364	
 <b>MacBook Air (Late 2020)</b> Apple M1 @ 3.2 GHz (8 CPU cores, 8 GPU cores)	8352	
 <b>MacBook Air (Late 2020)</b> Apple M1 @ 3.2 GHz (8 CPU cores, 7 GPU cores)	8352	
 <b>iMac (27-inch Retina Mid 2020)</b> Intel Core i9-10910 @ 3.6 GHz (10 cores)	8195	
 <b>MacBook Pro (13-inch Late 2020)</b> Apple M1 @ 3.2 GHz (8 cores)	8108	
 <b>iMac Pro (Late 2017)</b> Intel Xeon W-2150B @ 3.0 GHz (10 cores)	8002	
 <b>iMac (27-inch Retina Mid 2020)</b> Intel Core i7-10700K @ 3.8 GHz (8 cores)	7761	
 <b>iMac (27-inch Retina Early 2019)</b> Intel Core i9-9900K @ 3.6 GHz (8 cores)	7707	
 <b>iMac Pro (Late 2017)</b> Intel Xeon W-2140B @ 3.2 GHz (8 cores)	7385	
 <b>Mac Pro (Late 2019)</b> Intel Xeon W-3223 @ 3.5 GHz (8 cores)	7260	
 <b>MacBook Pro (16-inch Late 2019)</b> Intel Core i9-9980HK @ 2.4 GHz (8 cores)	6470	
 <b>iMac (27-inch Retina Mid 2020)</b> Intel Core i5-10600 @ 3.3 GHz (6 cores)	6333	

*Imagem 5: benchmark multi-core da CPU do M1 em comparação com os chips da Intel (Geekbench)*

Em relação à GPU, benchmarks gráficos constataram que o componente gráfico do M1 atinge desempenho superior à de marcas de placas de vídeo já estabelecidas como NVIDIA e AMD:

GPU	Aztec Ruins Normal Tier	Aztec Ruins High Tier	Car Chase	1440p Manhattan 3.1.1	Manhattan 3.1
Apple M1	203.6 FPS	77.4 FPS	178.2 FPS	130.9 FPS	274.5 FPS
GeForce GTX 1050 Ti	159.0 FPS	61.4 FPS	143.8 FPS	127.4 FPS	218.3 FPS
Radeon RX 560	146.2 FPS	82.5 FPS	115.1 FPS	101.4 FPS	174.9 FPS

*Imagem 6: benchmark da GPU do M1 em comparação com placas de vídeo de marcas consolidadas*

## **Referências bibliográficas**

<https://www.grupoxfone.com.br/blog/chip-apple-m1-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Apple\\_M1](https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_M1)

<https://www.apple.com/br/newsroom/2020/11/apple-unleashes-m1/>

<https://tecnoblog.net/noticias/apple-anuncia-seu-primeiro-chip-arm-para-macs-o-m1/>

<https://www.anandtech.com/show/16252/mac-mini-apple-m1-tested>

<https://tecnoblog.net/noticias/macbook-air-e-pro-com-apple-m1-superam-intel-em-novos-testes/>

<https://gizmodo.uol.com.br/apple-m1-chip-o-que-e/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/AArch64>

<https://browser.geekbench.com/mac-benchmarks>