Processadores de Dispositivos Móveis

IVAN LEONI

BRUNO BORGES

THIAGO DE SOUZA PEREIRA

LEONARDO RODRIGO DE SOUZA

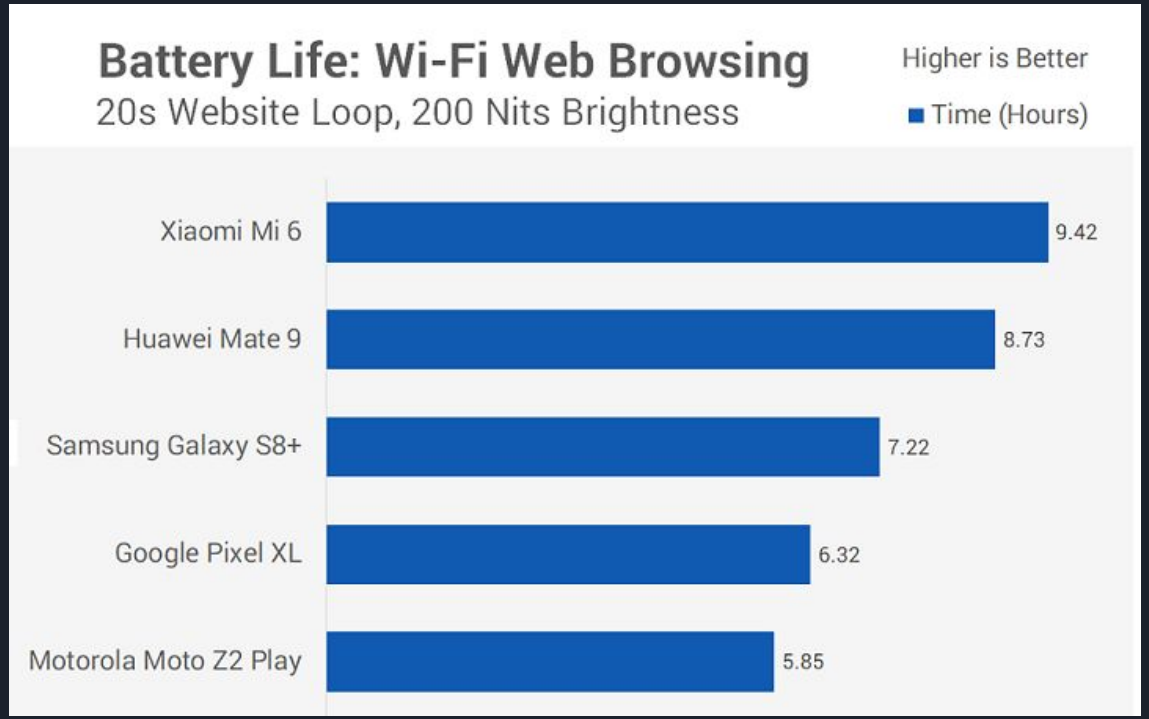
LUIZ GUSTAVO PARENTE RIBEIRO

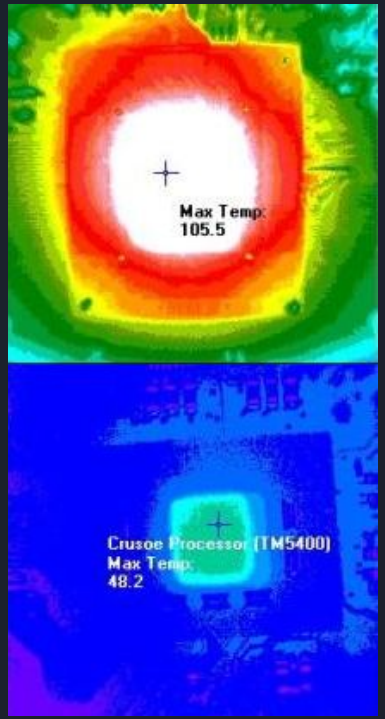
INTRODUÇÃO

Tópicos que serão abordados:

- Objetivos
- Arquitetura
- Famílias
- Comparações
- Outros usos
- Futuro

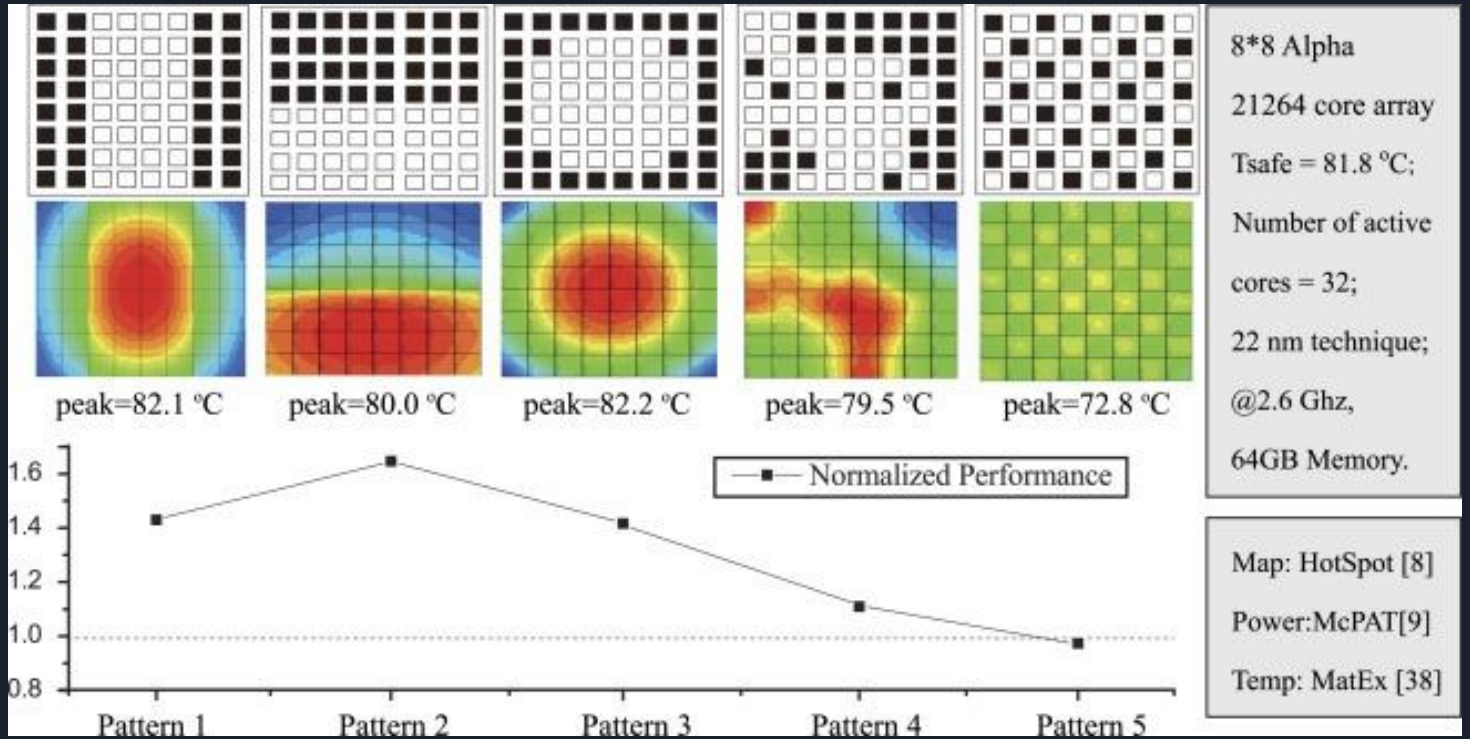
OBJETIVOS


Battery Life: Wi-Fi Web Browsing
20s Website Loop, 200 Nits Brightness
Higher is Better
Time (Hours)
Xiaomi Mi 6
9.42
Huawei Mate 9
8.73
Samsung Galaxy S8+
7.22
Google Pixel XL
6.32
Motorola Moto Z2 Play
5.85

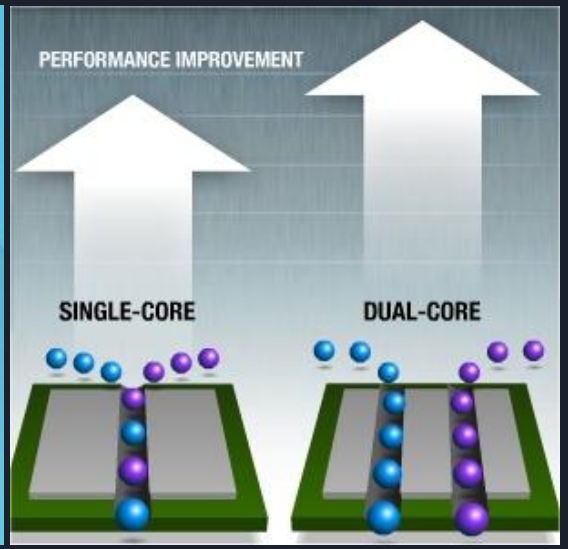

Max Temp:
105.5
Crusoe Processor (TM5400)
Max Temp:
48.2

OBJETIVOS

Dark silicon (Silício escuro)



ARQUITETURA
O princípio



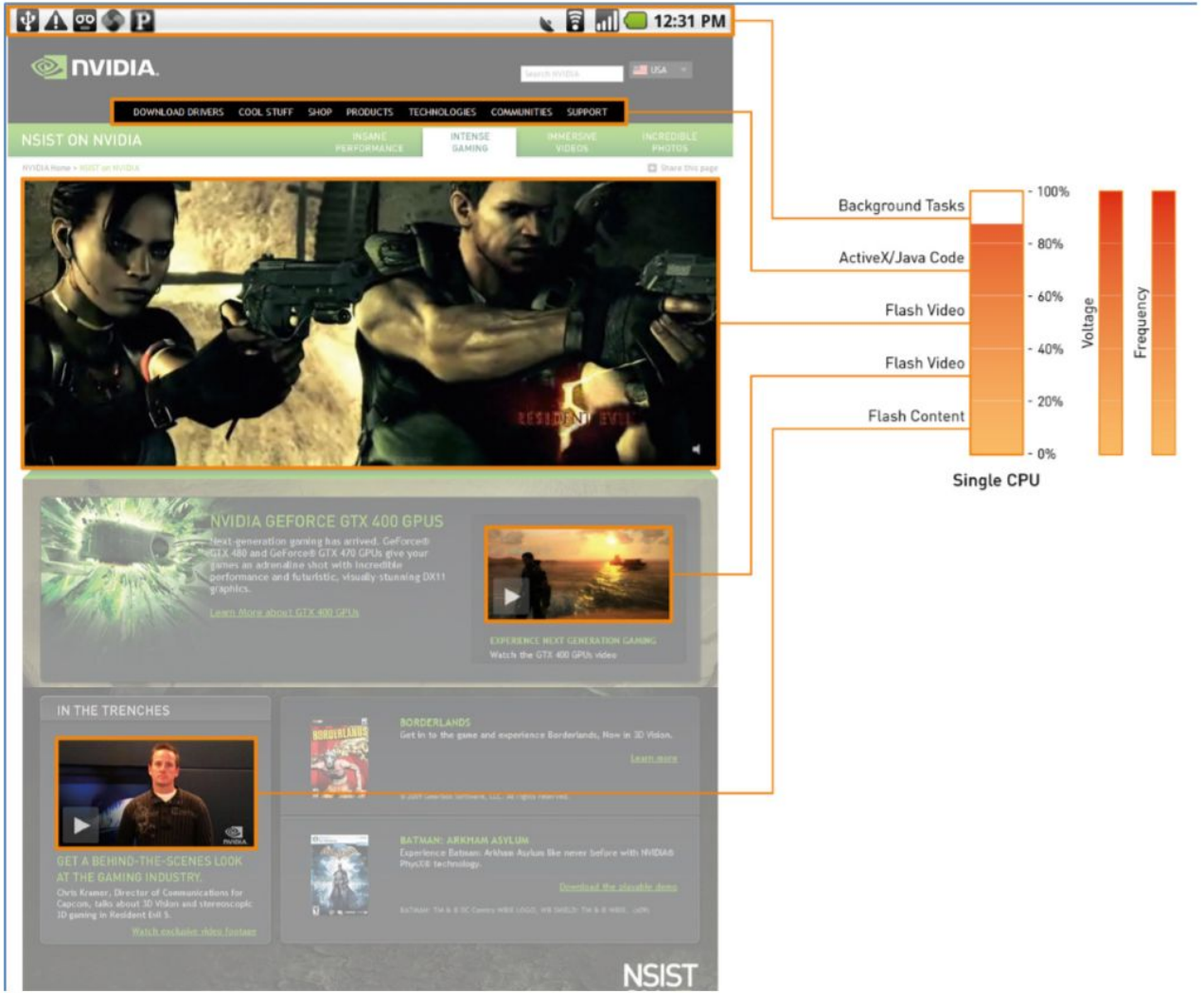
(SMP) Multiprocessamento Simultâneo:

- 2+ núcleos idênticos
- Compartilhamento de memória, único SO
- Núcleos versáteis

ARQUITETURA
O princípio

NVIDIA Tegra 2, o primeiro chip com suporte SMP

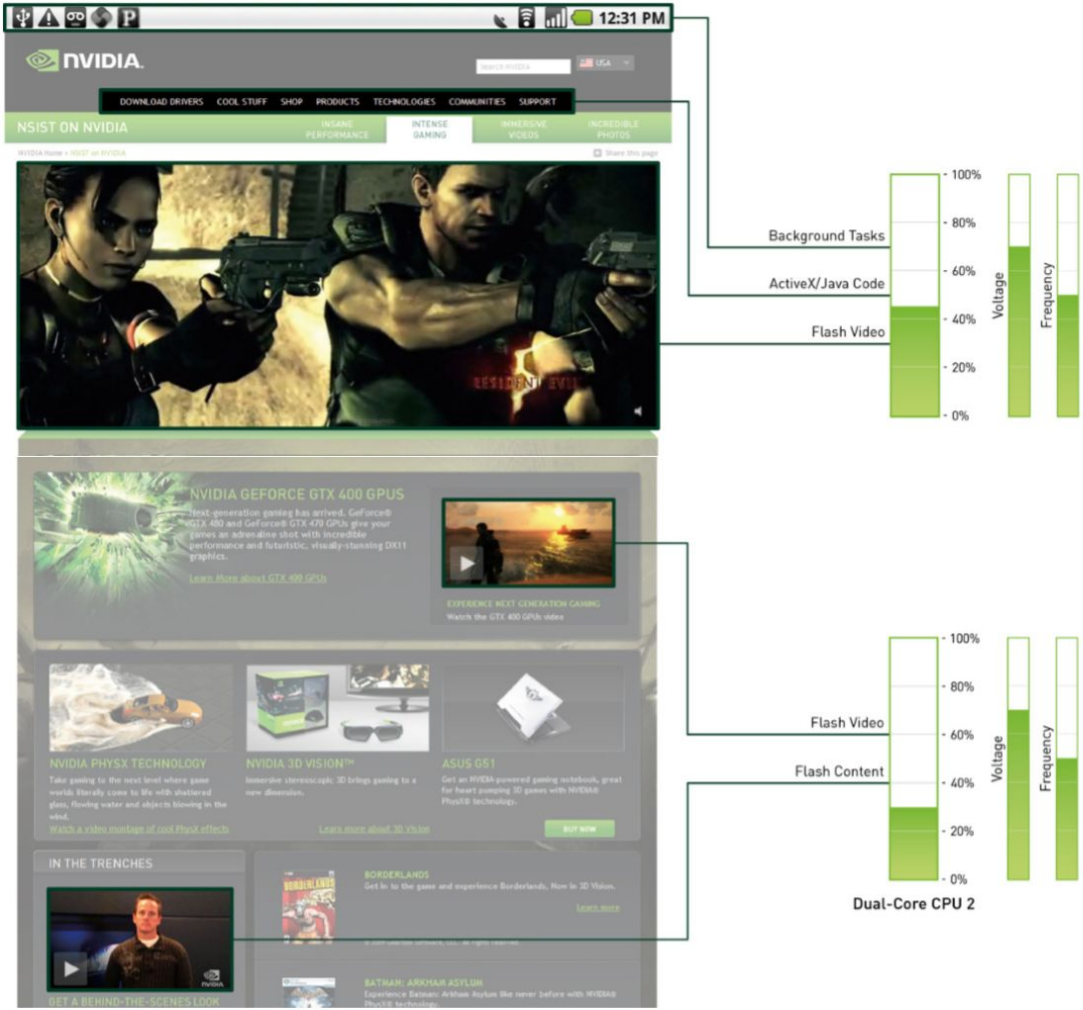
CPU: 2 Cortex-A9, 1GHz
VIDEO: 1080P 20Mbps
GRÁFICO: 8 Cores ULP GeForce
MEMÓRIA: LPDDR2 - 600, DDR2 - 667
IMAGEM: Ultra High Performance Image Processor
AUDIO: HW Audio
ARMAZ: EMMC, NAND, USB



Utilização típica da CPU de único núcleo em dispositivo móvel para Navegação na WEB.

ANDROID: 2.2

NAVEGADOR: Firefox



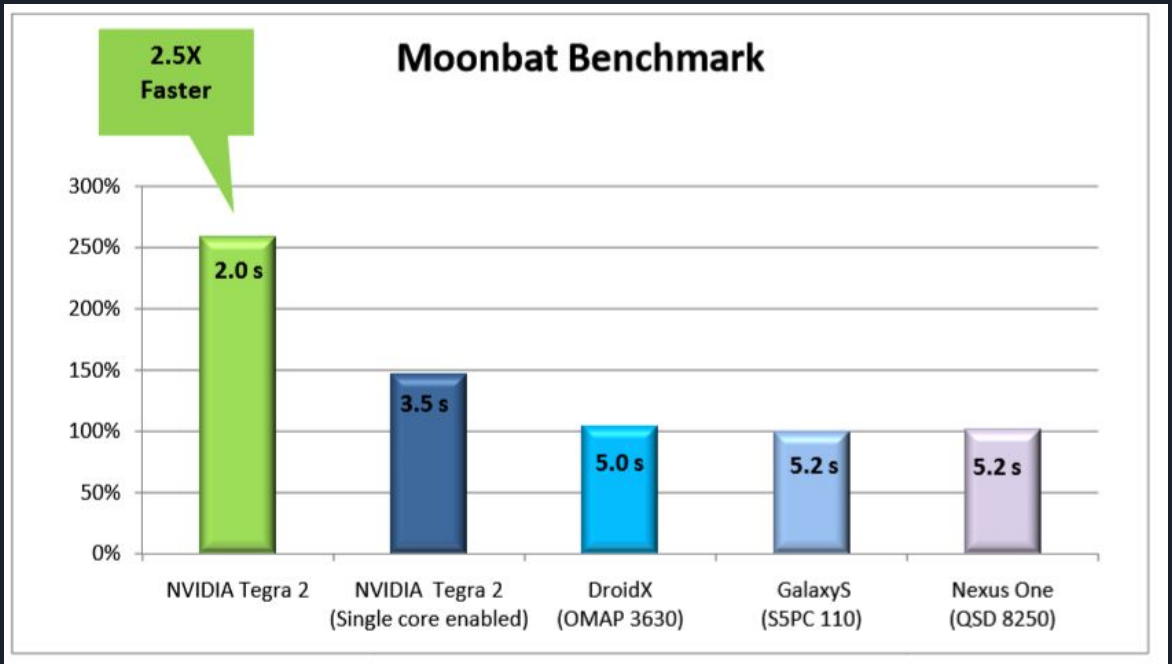
Utilização da CPU com dois núcleos em dispositivo móvel para navegação na WEB.

ANDROID: 2.2

NAVEGADOR: Firefox

ARQUITETURA
O princípio

Tempo de abertura de páginas JavaScript.
Multicore x Singlecore.



ARQUITETURA
O princípio

É importante ressaltar o quanto faz diferença a utilização de múltiplos threads.

Cada página WEB é um processo, cada processo tem seus threads dispostos em múltiplos cores.

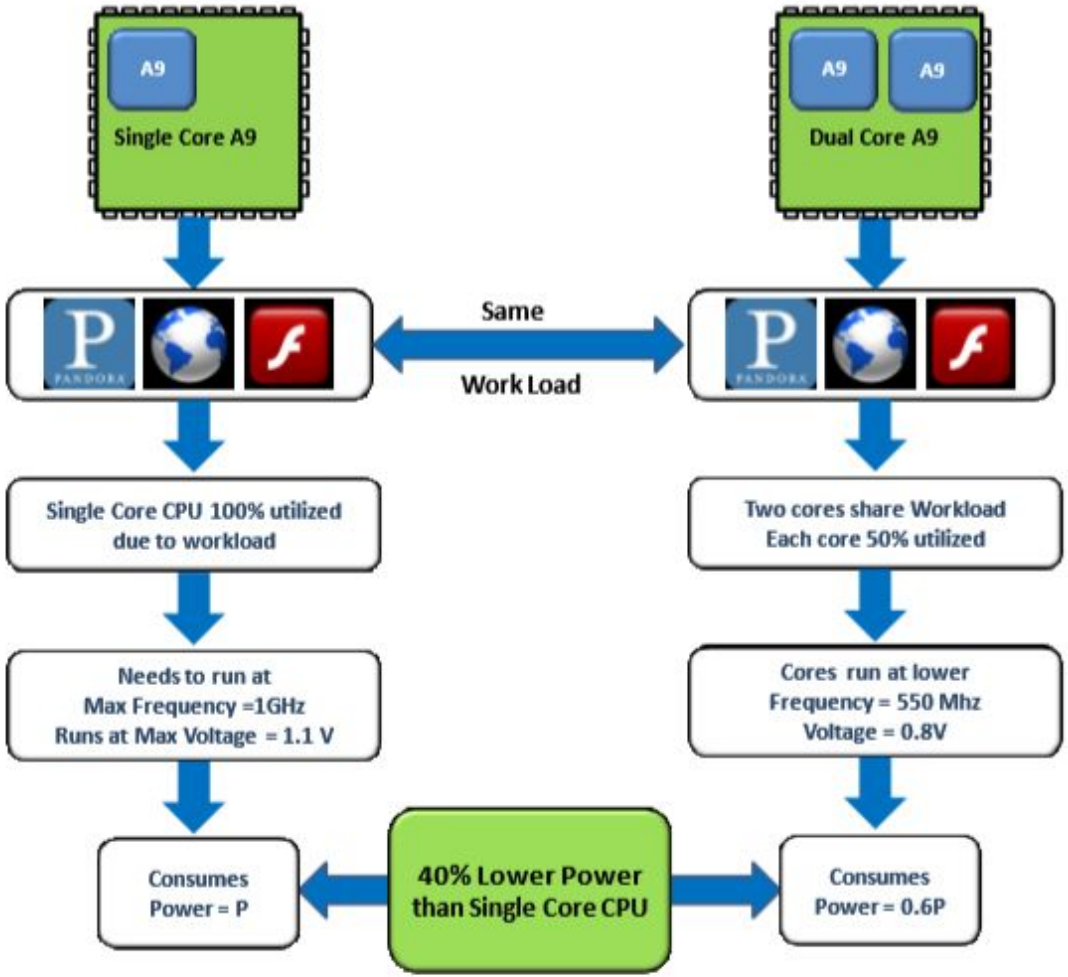


Figure 8 - Voltage and Frequency Scaling Benefits of Dual Core CPU

ARQUITETURA
O princípio

Além de abertura de páginas WEB agilizadas, o processador traz melhores performances em jogos.

Observe: Utilização de todos os cores disponíveis para divisão das threads.

Figure 9 - Dungeon Defender using both cores of the NVIDIA Tegra Processor

ARQUITETURA
O princípio

A tendência é: diminuir “tamanho” das tarefas e aumentar o número de thread, para que sejam designados a núcleos específicos.

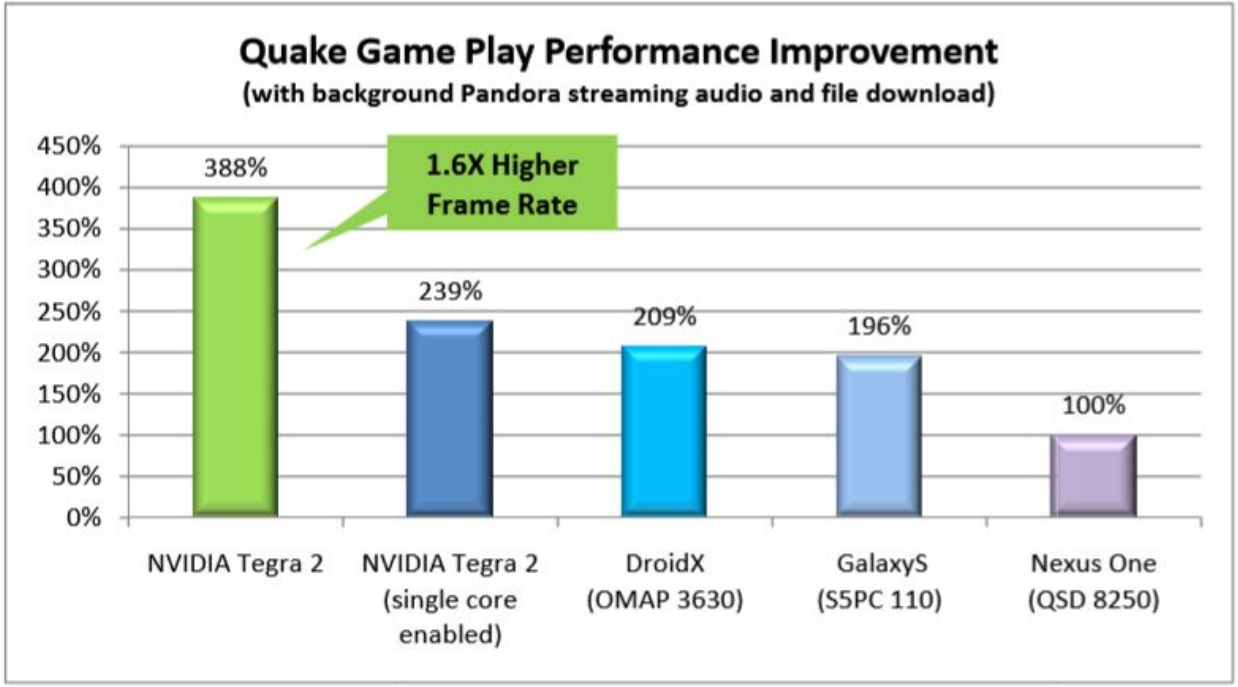
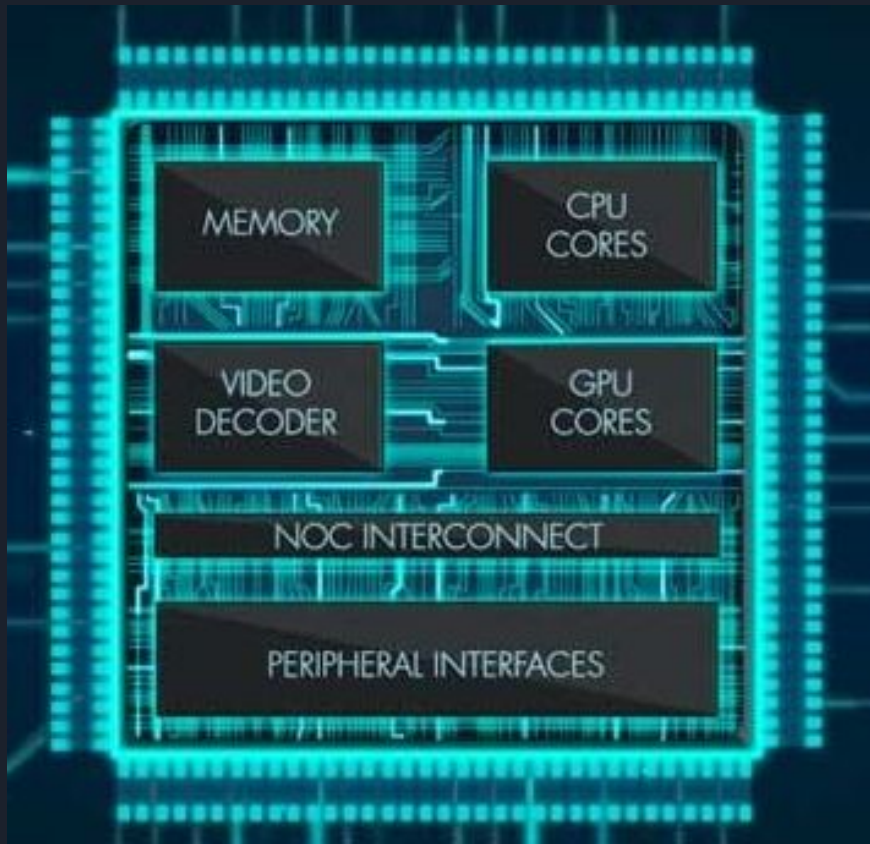


Figure 12 - Quake game play FPS improvement due to dual core A9 under heaving multitasking conditions[8]

ARQUITETURA ARM

Dominando 75% do mercado de SoC, a ARM HOOLDINGS já fabricou e distribui centenas de bilhões de chips.

- System on a Chip (SoC)
- (A partir de ARMv7, temos o Cortex.
  - Cortex M - microcontroladores
  - Cortex R - Real time
  - Cortex A - Aplicação (3rd Parties)



ARQUITETURA
ARM(32 e 64bits) big.LITTLE

32bit

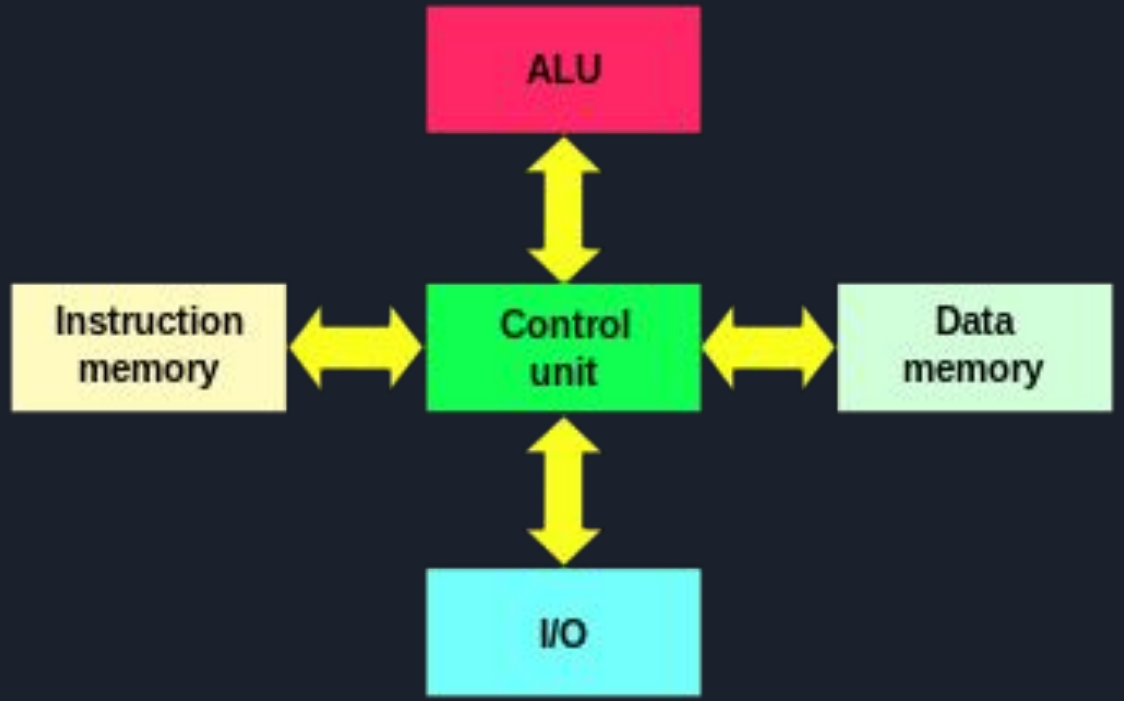
- Utiliza a arquitetura RISC, não de forma única.
- Load-Store. Instruções THUMB e ARM
- 16 registradores de 32bits para uso geral
- Manipulação de E/S através de coprocessador. Suporte para interrupção.
- Pipeline de 3 a 15 estágios.

64bit (diferenças, lançado em 2011)

- Novo conjunto de instruções.
- 31 registradores de 64bits para uso geral
- PC não é mais acessível diretamente como registrador

ARQUITETURA ARM HARVARD

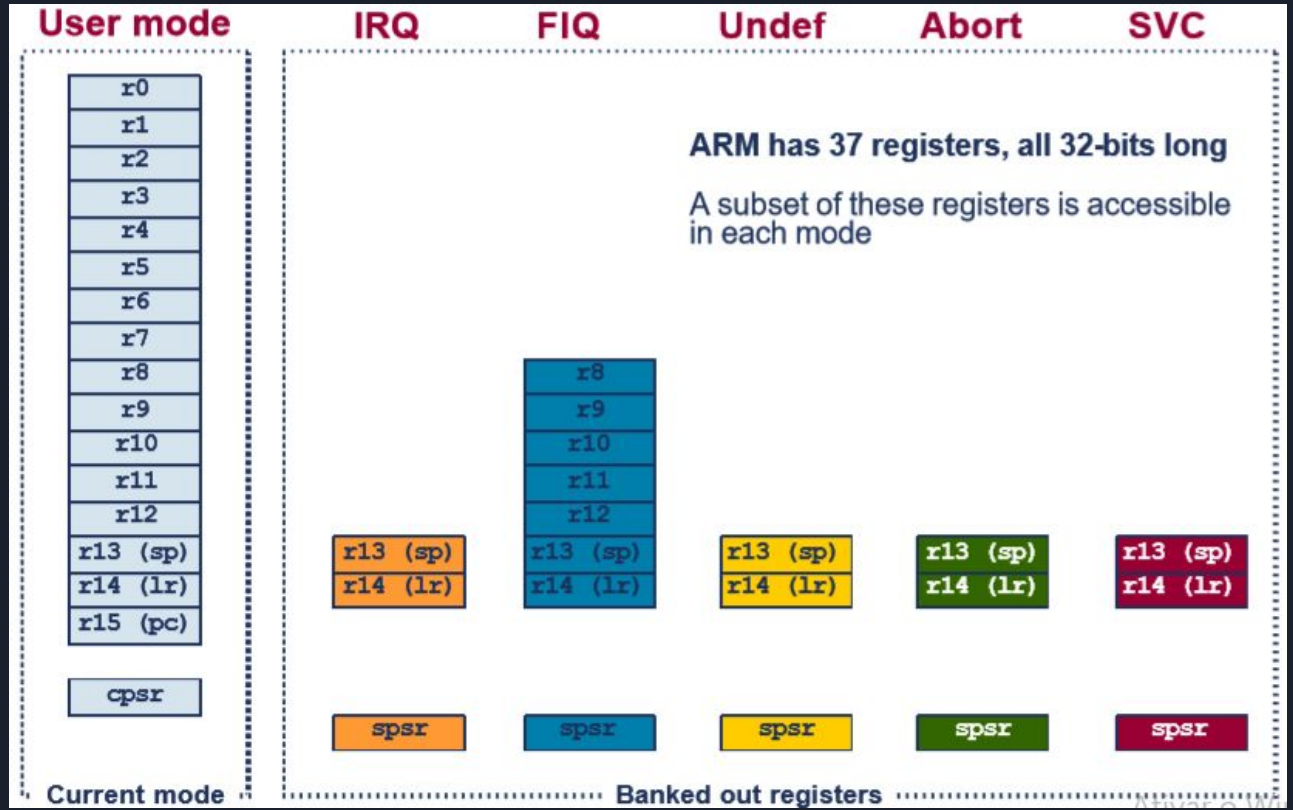
- Utilizado a partir do Cortex, e em alguns anteriores
- Mais recente que a de Von Neumann
- Trabalha mais rápido
- Possui memórias e barramento independentes de acesso a dados e instruções
- Pode buscar uma nova instrução com dados enquanto executa outra



ARQUITETURA
ARM Modos

Mode	Description	
Supervisor (SVC)	**Entered on reset and when a Software Interrupt instruction (SWI) is executed**	Privileged modes
FIQ	**Entered when a high priority (fast) interrupt is raised**	
IRQ	**Entered when a low priority (normal) interrupt is raised**	
Abort	**Used to handle memory access violations**	
Undef	**Used to handle undefined instructions**	
System	**Privileged mode using the same registers as User mode**	
User	**Mode under which most Applications / OS tasks run**	Unprivileged mode

ARQUITETURA
ARM Registradores



ARQUITETURA
Pipeline

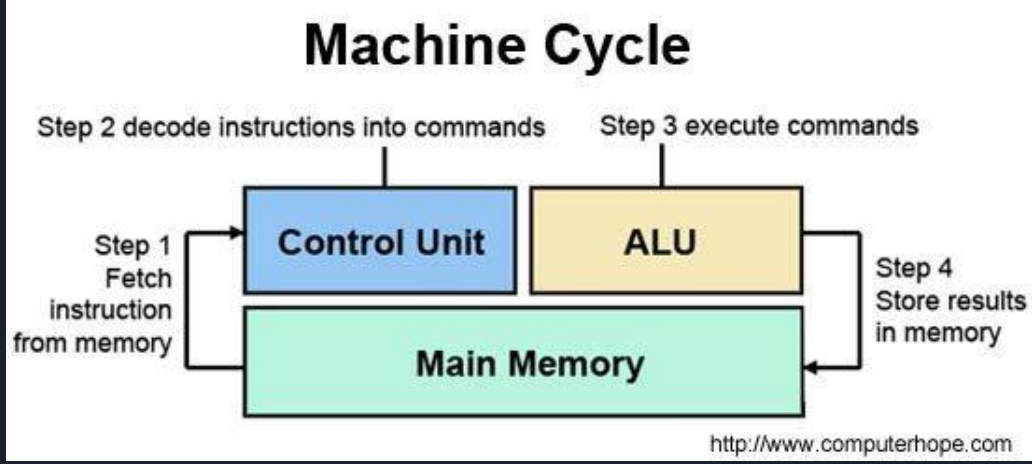
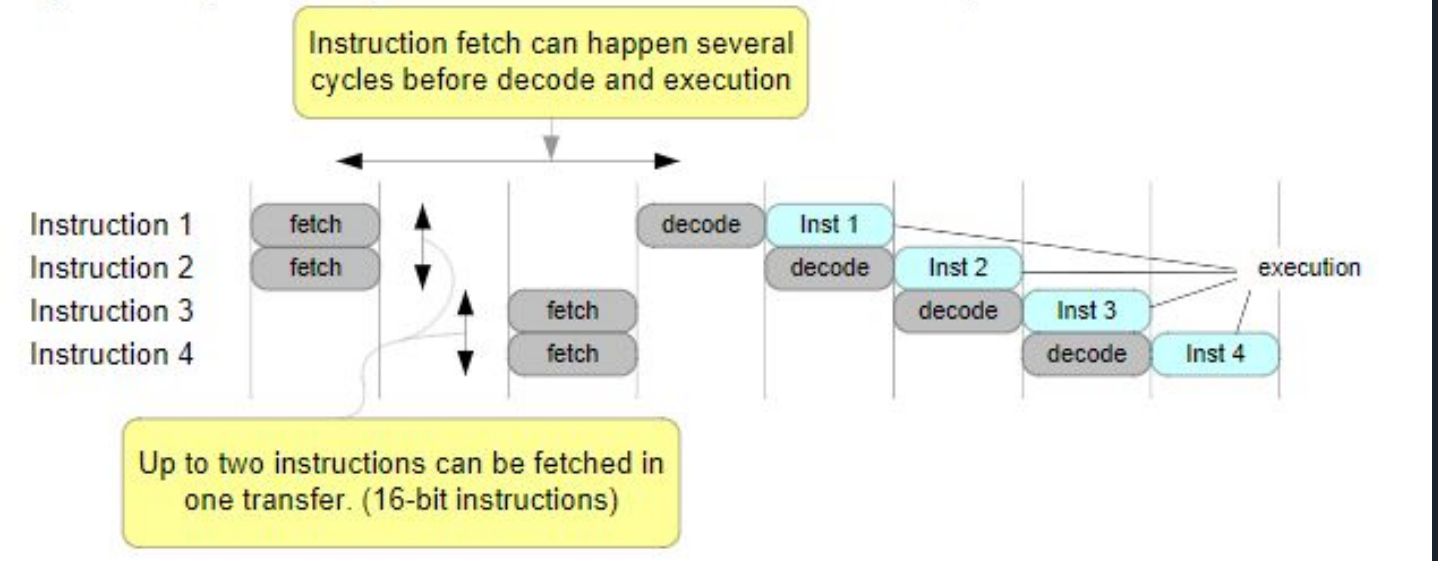
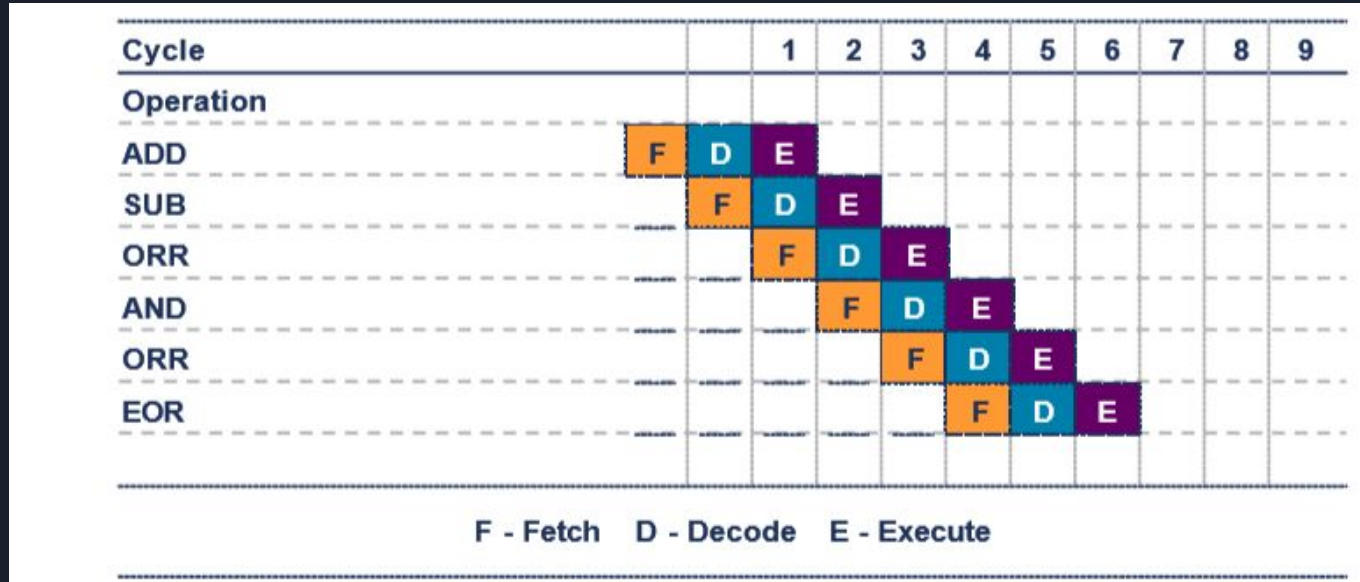


Figure 2. Pipeline stages in the Cortex-M3 and Cortex-M4 processors



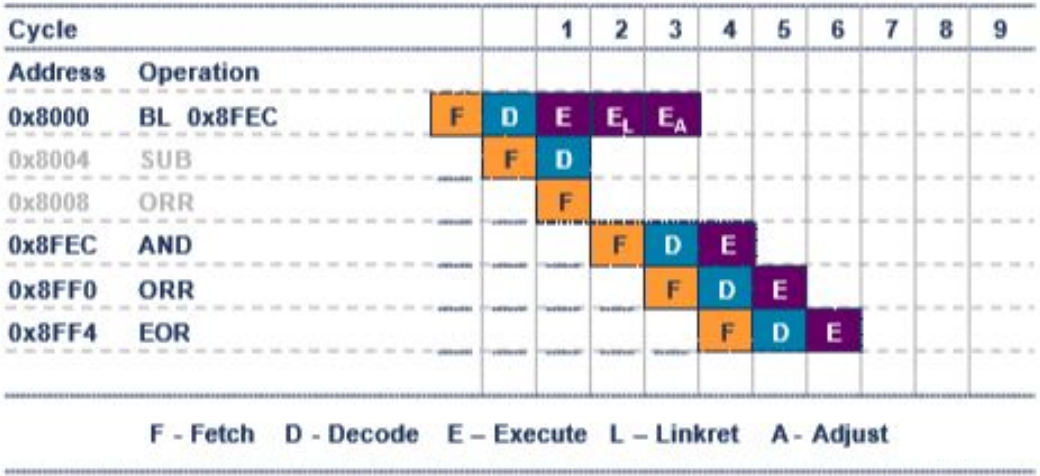
ARQUITETURA
Pipeline 3 estágios



- All operations here are on registers (single cycle execution)
- In this example it takes 6 clock cycles to execute 6 instructions
- Clock cycles per Instruction (CPI) = 1

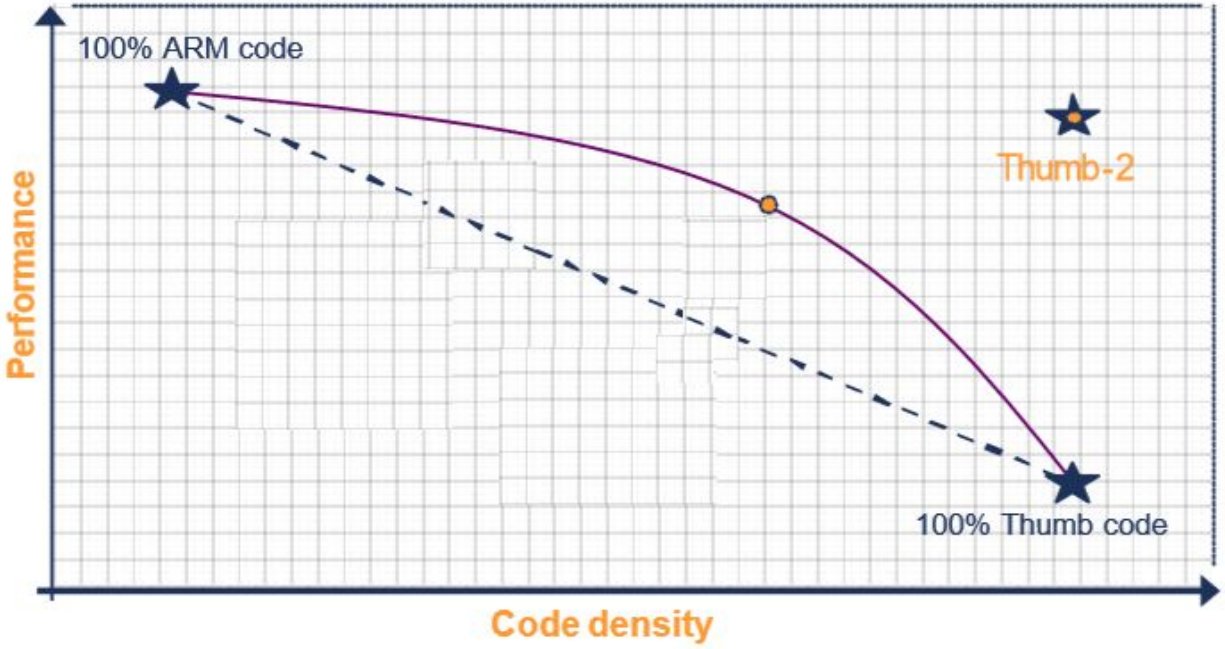
ARQUITETURA
Pipeline Branch

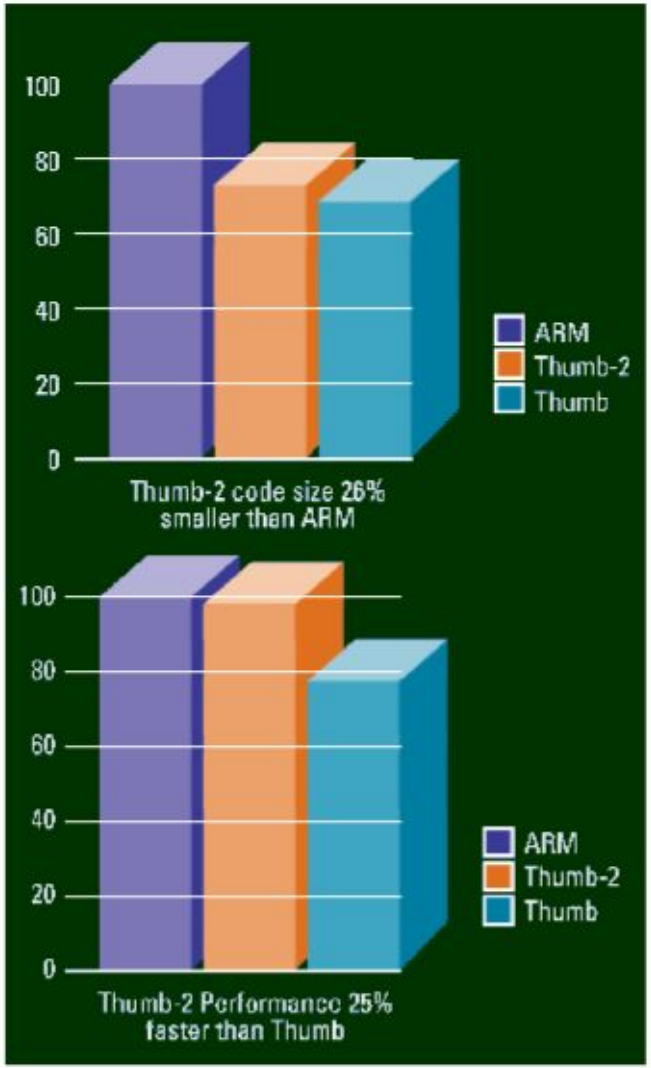
Branch Pipeline Example



- Breaking the pipeline

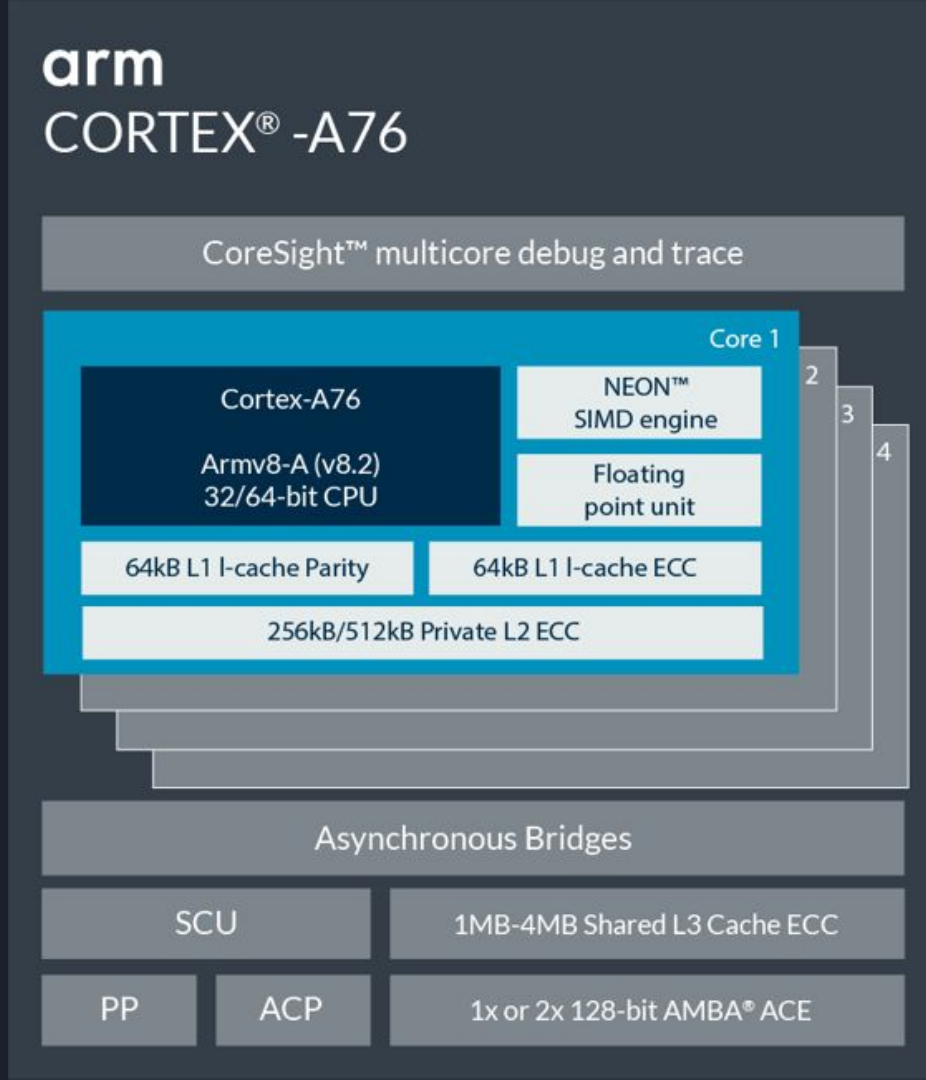
ARQUITETURA ARM - THUMB





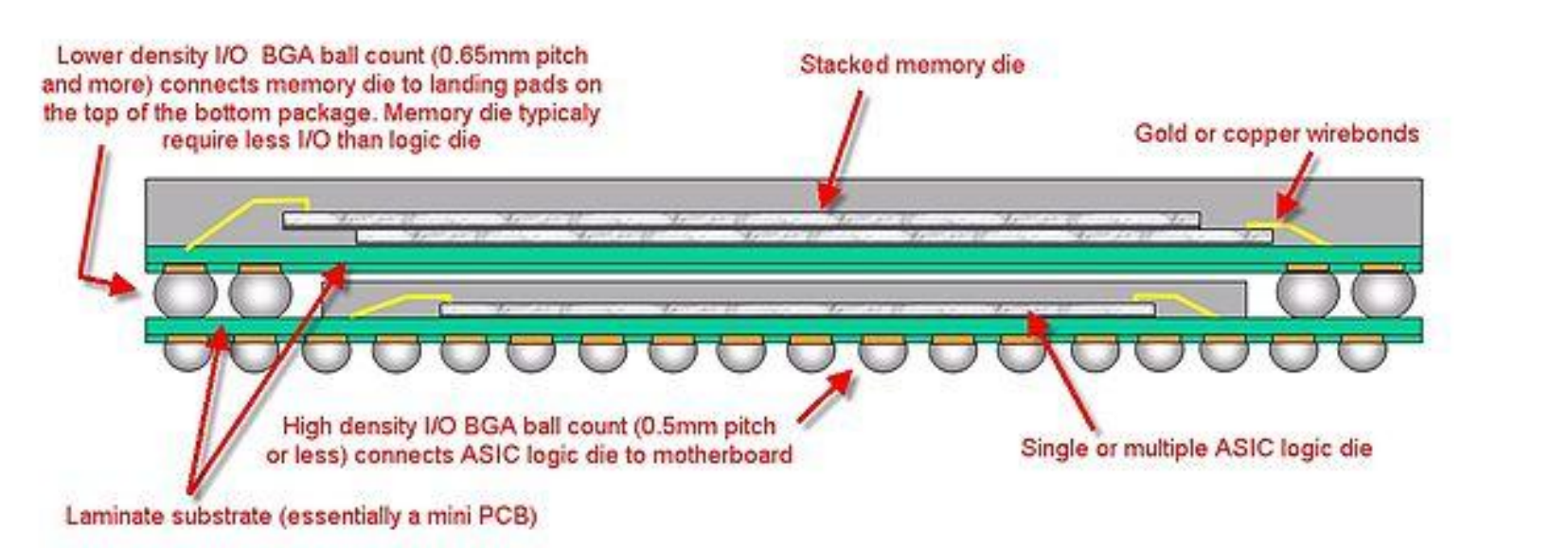
FAMÍLIAS
Cortex A76

- Coresight: responsável pelo debugg.
- NEON: SIMD. Acelera execução de áudio, vídeo, reconhecimento facial, deep learning e visão computacional.
- Cache parity: rvalidação dos dados da cache. Caso erro, resolicita na memória.
- Cache ECC: cache capaz de idetificar e corrigir erros de bit único em dados.
- SCU: Registrador de Status de energia, informar o estado do processador(ativo, dormente, desligado).

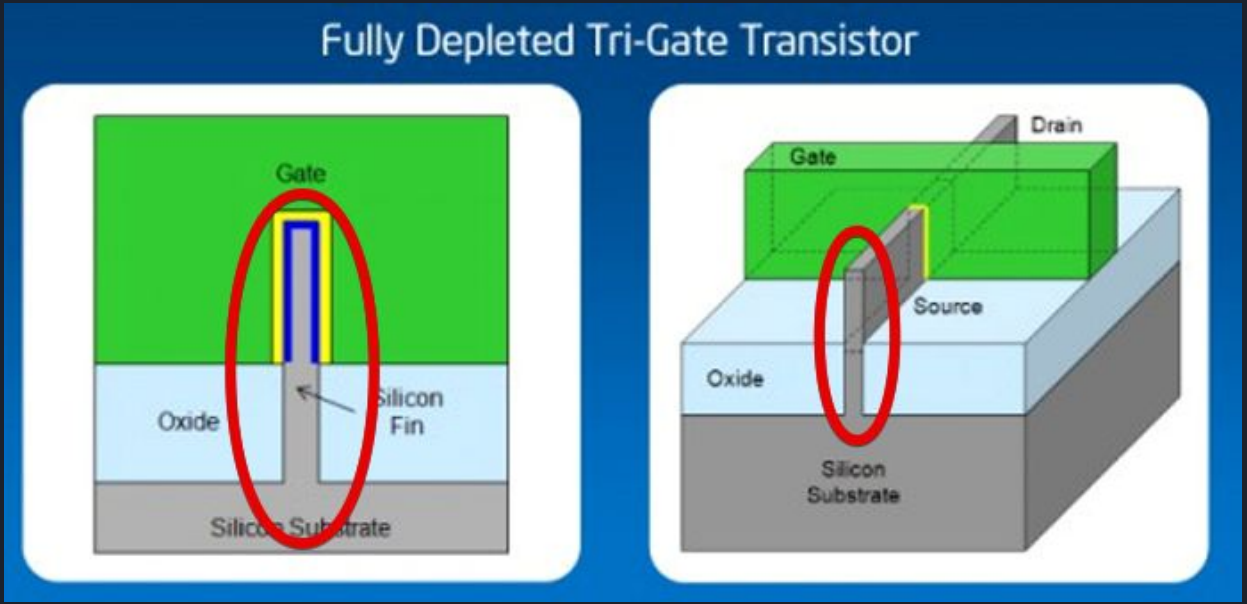


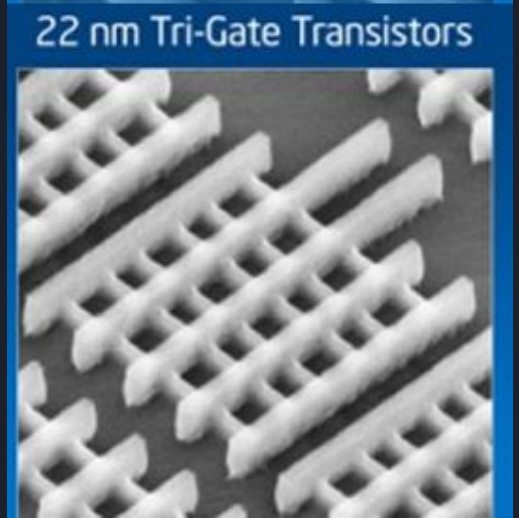
FAMÍLIAS
Package on Package(PoP) e Branch

Empilhamento puro de memória x Empilhamento misto lógico-memória

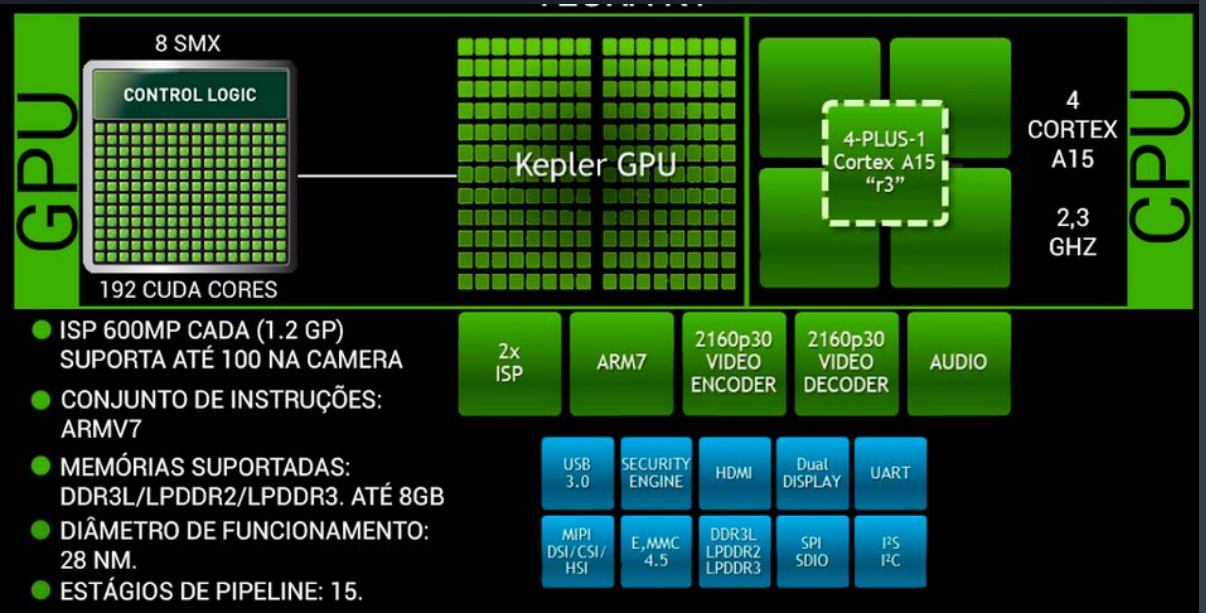


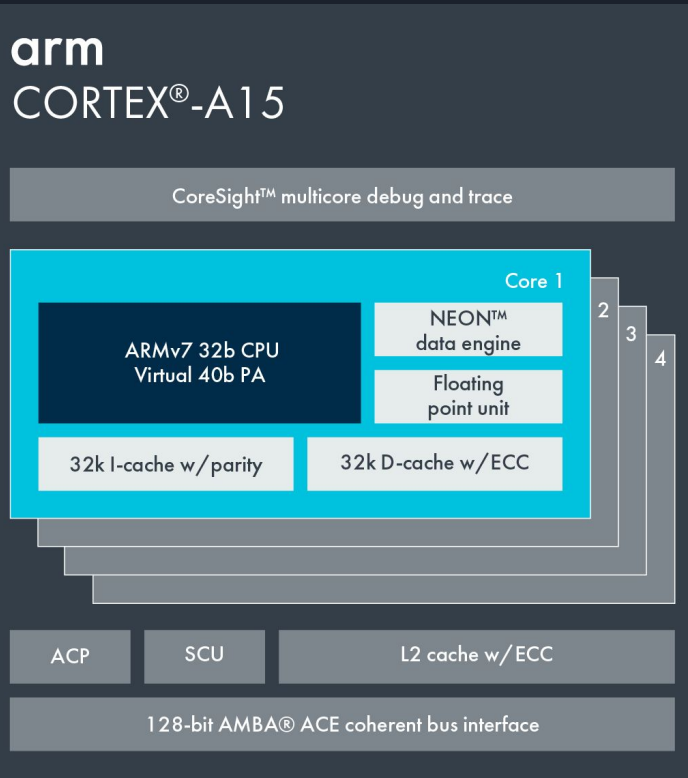
FAMÍLIAS
FinFet



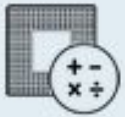


FAMÍLIAS
NVIDIA Tegra K1



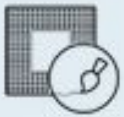


FAMÍLIAS
SAMSUNG Exynos 9810



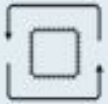
CPU

Up to 2.9GHz Quad-core (Custom CPU) +
Up to 1.9GHz Quad-core (Cortex®-A55)



GPU

Mali™-G72 MP18



Process

2nd gen. 10nm FinFET Process

Display

WQUXGA (3840x2400),
4K UHD (4096x2160)

LTE Modem

LTE Cat.18 6CA 1.2Gbps (DL) /
Cat.18 2CA 200Mbps (UL)

GNSS

GPS, GLONASS, BeiDou

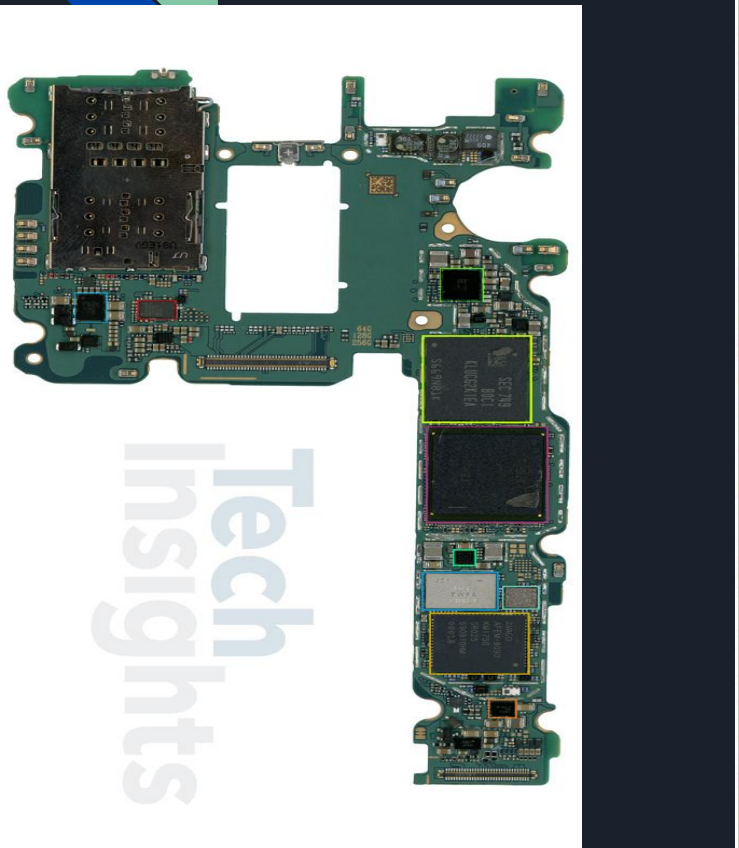
Storage

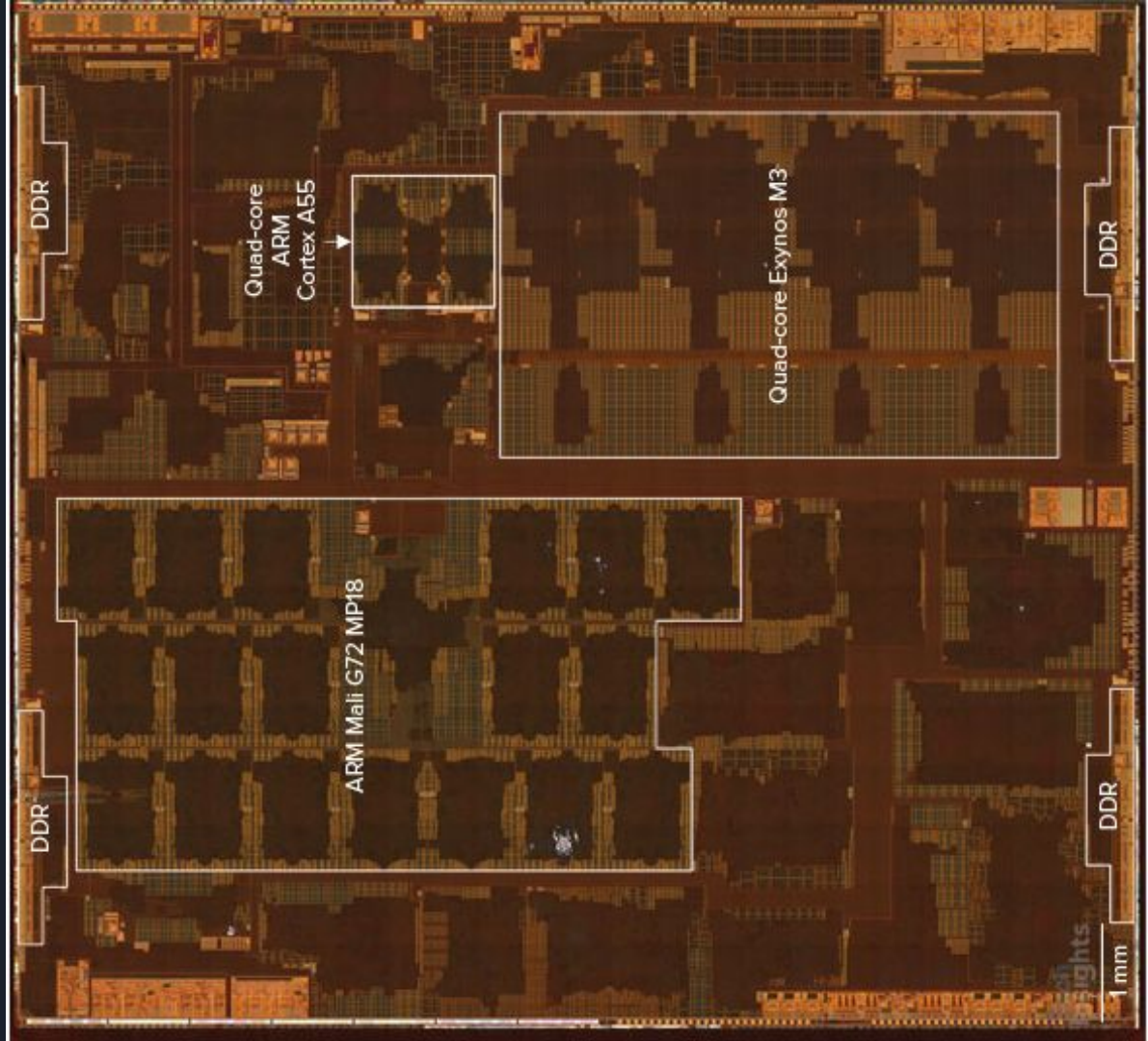
UFS 2.1, SD 3.0

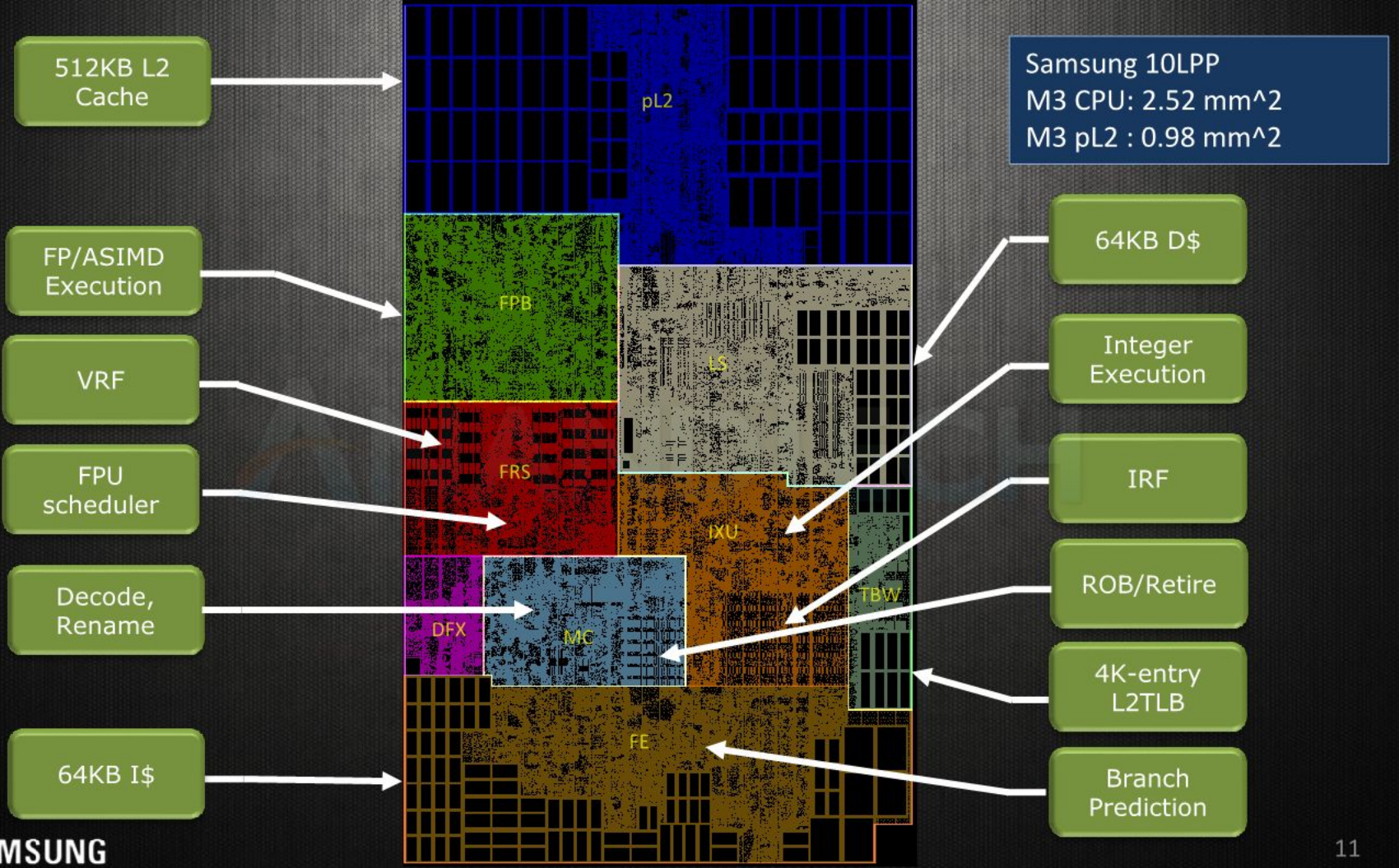
Memory

LPDDR4x

Exynos 9810

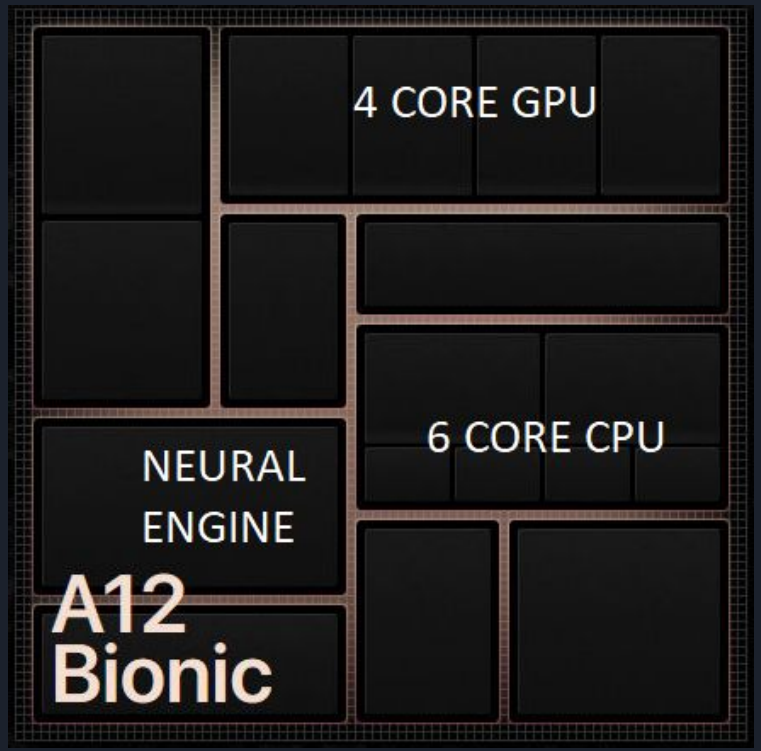

Tech Insights


DDR
Quad-core ARM Cortex A55
Quad-core Exynos M3
DDR
DDR
ARM Mali G72 MP18
DDR
1 mm


512KB L2 Cache
pL2
Samsung 10LPP
M3 CPU: 2.52 mm^2
M3 pL2 : 0.98 mm^2
FP/ASIMD Execution
FPB
64KB D$
LS
VRF
Integer Execution
FRS
FPU scheduler
IRF
IXU
Decode, Rename
ROB/Retire
TBW
DFX
MC
4K-entry L2TLB
FE
64KB I$
Branch Prediction

SAMSUNG

FAMÍLIAS
APPLE A12 Bionic



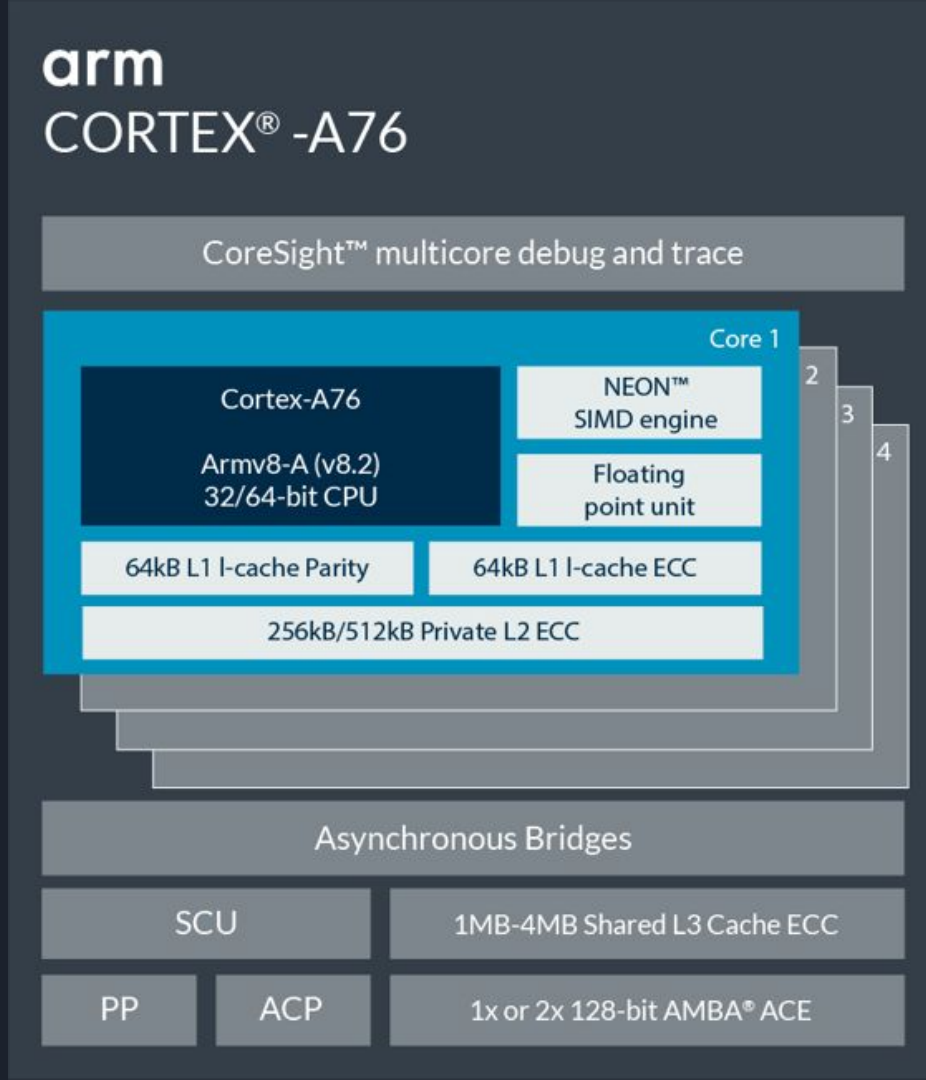
- 5% menor. 15% mais rápido. 50% menos consumo que A11B.
- Cortex A76, 6 cores, 7nm, FinFet.
- Vortex: 2 núcleos, alta performance. 2.49GHz
- Tempest: 4 núcleos, low battery
- 6.9 Bilhões transistores..

- 4 cores GPU própria, 50% mais rápido que A11B

- Neural Engine própria. 5 trilhões op/sec. 9X mais rápido que A11B.

FAMÍLIAS
APPLE A12 Bionic

- Coresight: responsável pelo debugg.
- NEON: SIMD. Acelera execução de áudio, vídeo, reconhecimento facial, deep learning e visão computacional.
- Cache parity: rvalidação dos dados da cache. Caso erro, resolicita na memória.
- Cache ECC: cache capaz de idetificar e corrigir erros de bit único em dados.
- SCU: Registrador de Status de energia, informar o estado do processador(ativo, dormente, desligado).



FAMÍLIAS
MEDIATEK Helio X30

Processor

CPU Cluster 1:
ARM Cortex-A73 @ 2.6GHz

CPU Cluster 2:
ARM Cortex-A53 @ 2.2GHz

CPU Cluster 3:
ARM Cortex-A35 @ 1.9GHz

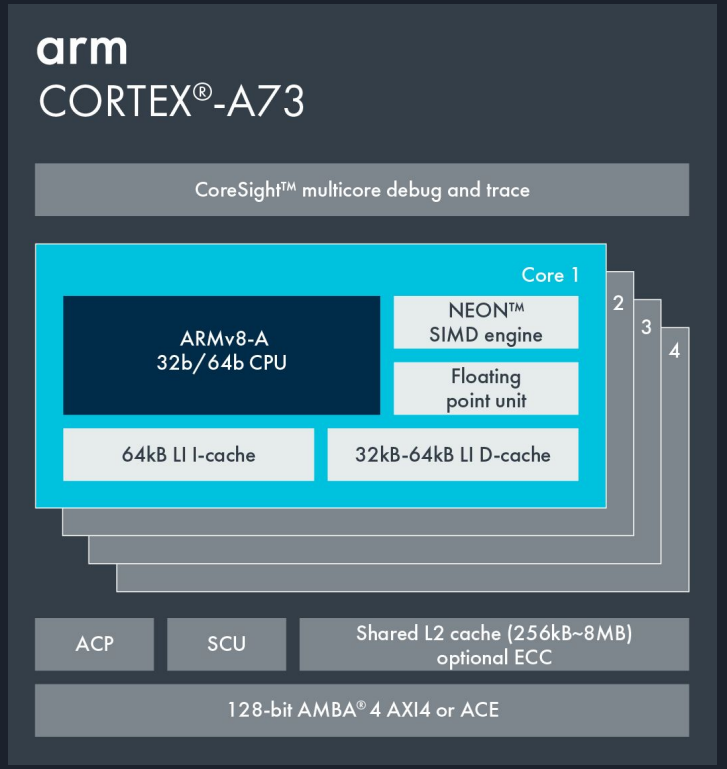
Cores:
Deca (10)

CPU Bit:
64-bit

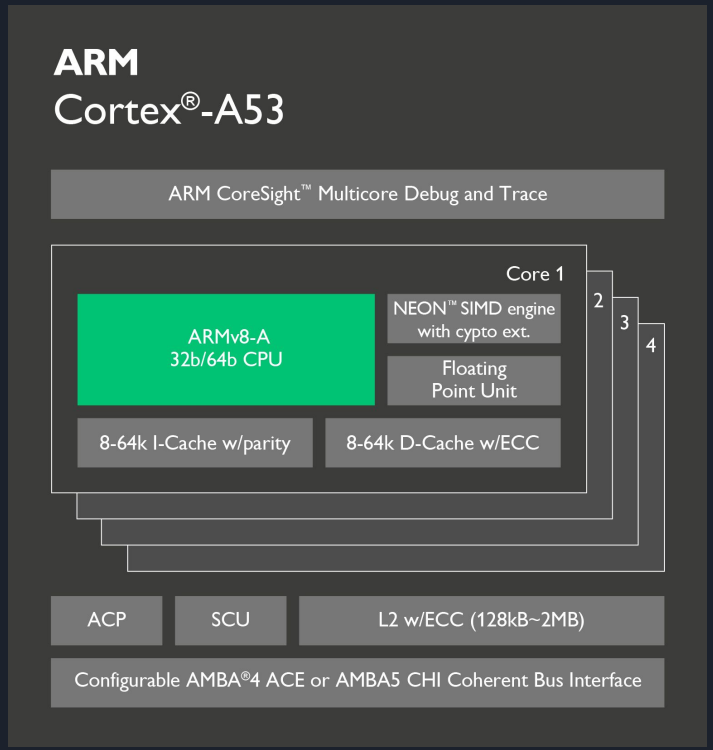
10nm resulta em 22% melhor performance que 16nm

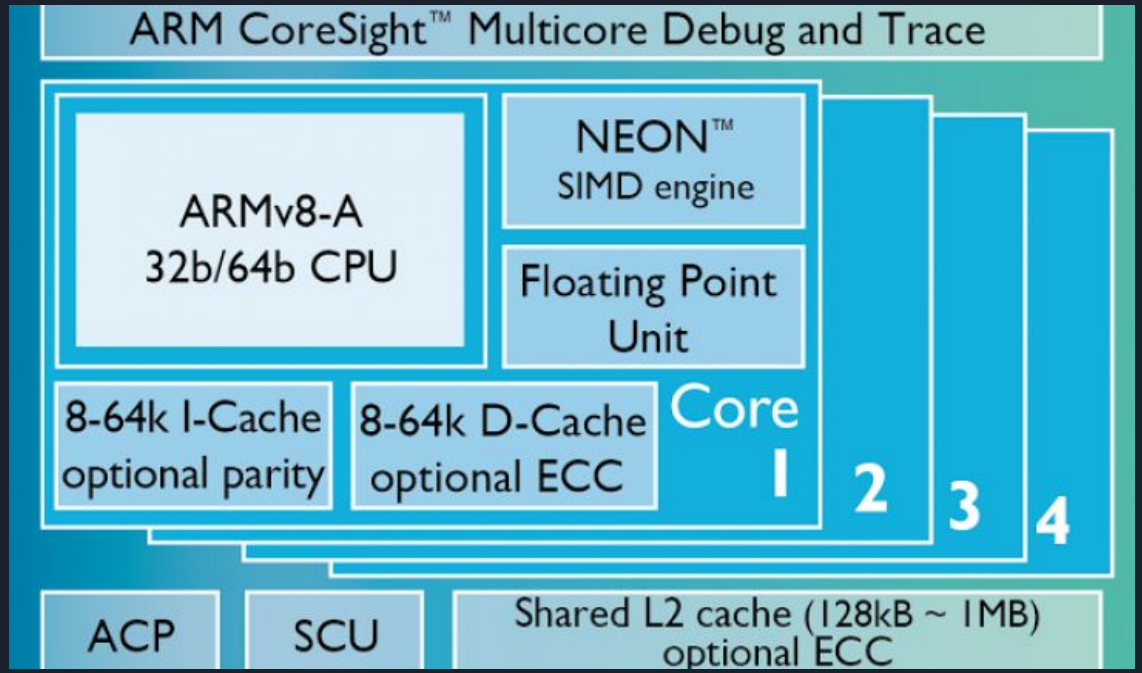
35% maior performance e 50% economia energia helio x20

Suporte para câmera dupla

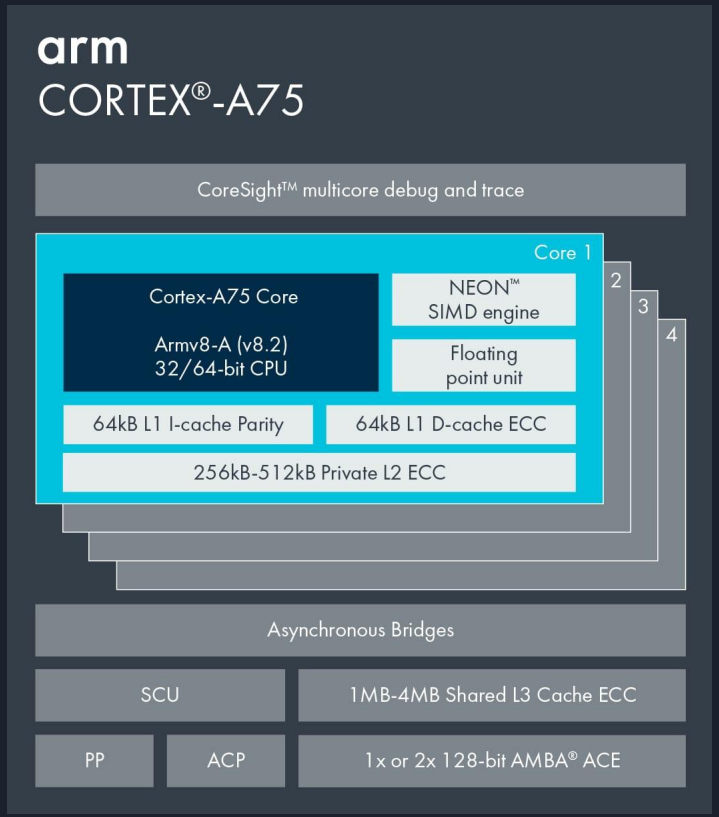


FAMÍLIAS
MEDIATEK Helio X30

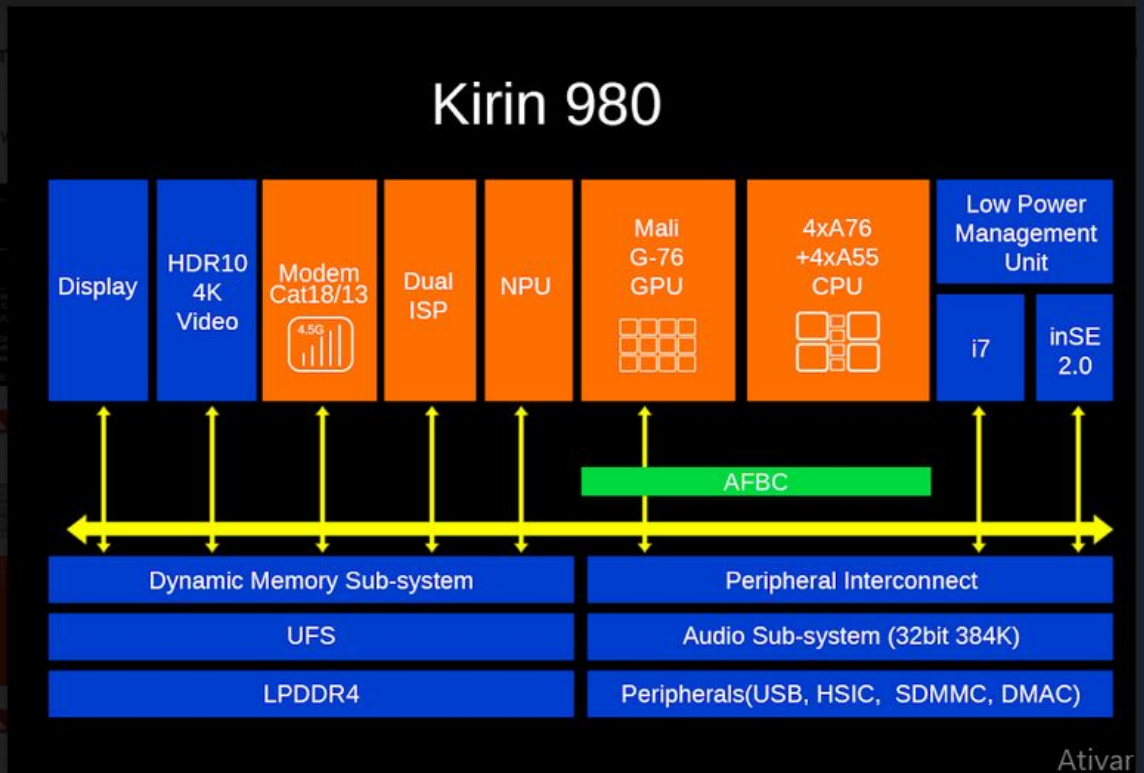




FAMÍLIAS
QUALCOMM Snapdragon 845



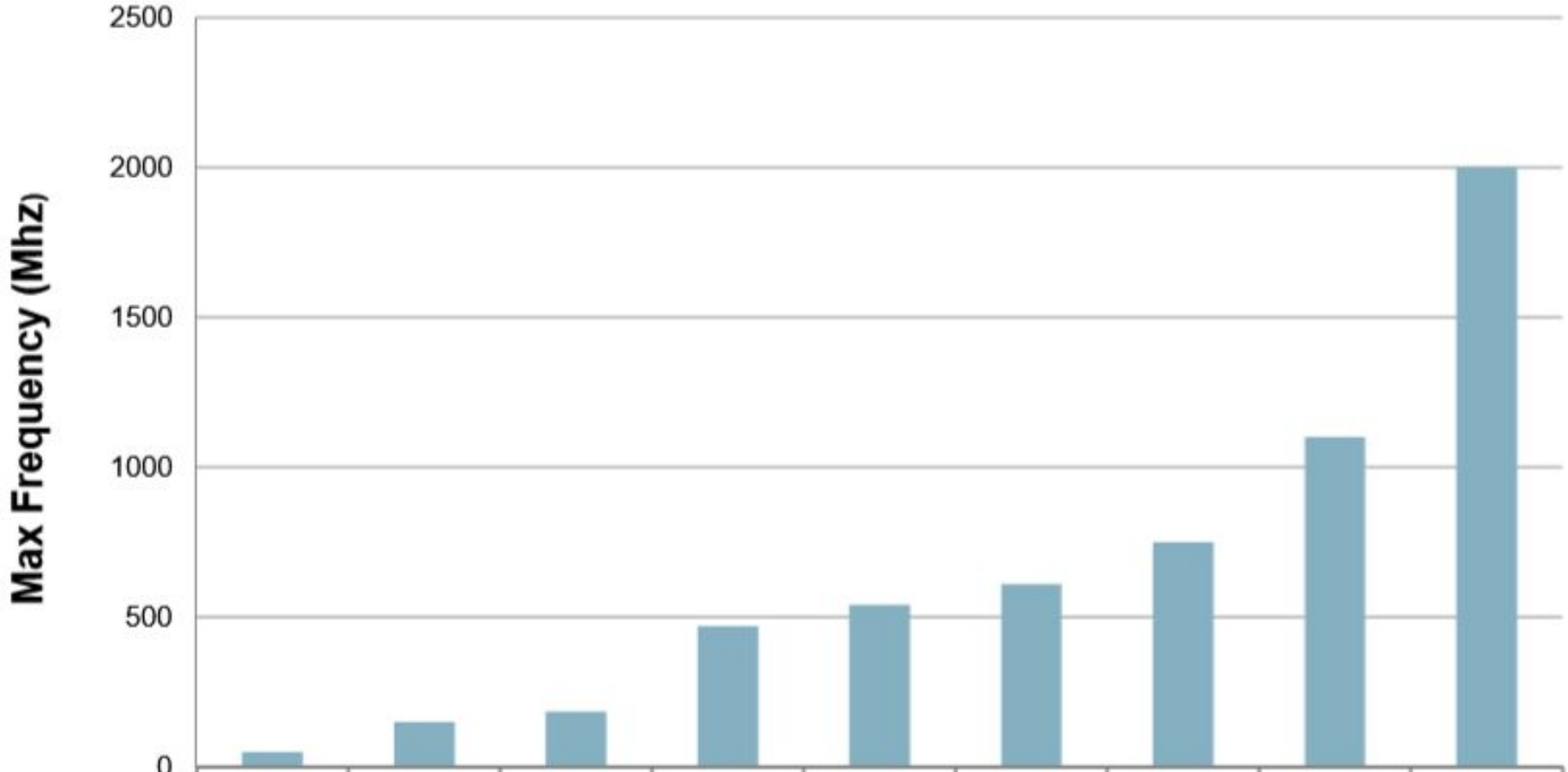
FAMÍLIAS
HISILICON Kirin 980



- Utiliza o Cortex A76 e Cortex A55.
- Note que o A76 suporta apenas 4 núcleos por cluster, utilizando do A55 para obter oito cores. Multicluster
- O CortexA75 tem basicamente as mesmas características, mas apresenta até 8 cores por cluster, multicluster.

COMPARAÇÕES

Nos slides a seguir serão apresentadas comparações de benchmark, uso de energia, frequência máxima entre outros.



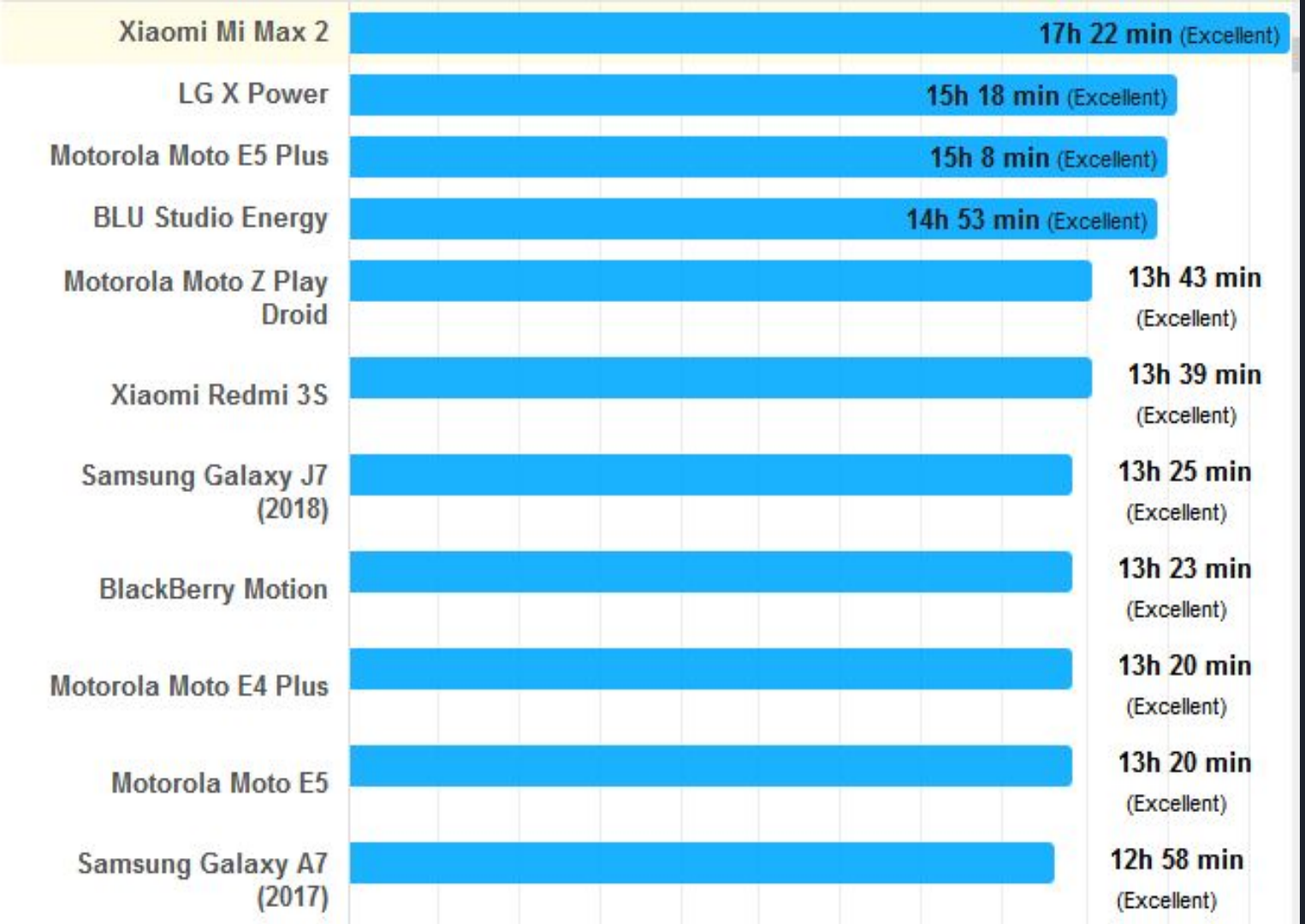
	Cortex-M0	Cortex-M3	ARM7	ARM926	ARM1026	ARM1136	ARM1176	Cortex-A8	Cortex-A9 Dual-core
Max Freq (MHz)	50	150	184	470	540	610	750	1100	2000
Min Power (mW/MHz)	0.012	0.06	0.35	0.235	0.36	0.335	0.568	0.43	0.5

Table 1.A

	Workstation processor				*Embedded processor*				*Mobile processor*			
	Min	Avg	Max	PentiumPro	Min	Avg	Max	AMD2940	Min	Avg	Max	ARM 710
Freq(MHz)	110	214	500	200	25	63	133	50	20	52	200	40
Cache(I/D)	8K/8K	32K/32K	64K/64K	8K/8K	1K	4K/4K	16K/8K	8K/8K	512/0K	4K	16K/16K	8K
IC process	0.29u 5M	0.4u 4M	0.5u 4M	0.35u 4M	0.35u 3M	0.65u 3M	0.8u 3M	0.7u 3M	0.35u 3M	0.6u 2M	1.0u 2M	0.6u 2M
Voltage(V)	3.3	4	5	3.3	3.3	4	5	3.3	2.0/3.3	3.6	5	5
# of xtors	2.3 M	6.4M	15M	5.5M	0.35M	1.43M	2.53M	1.2M	0.256M	0.695M	2.1M	0.57 M
Die (mm^2)	84	226	335	196	25	100	217	119	25	44	82	25
Power (W)	9	25	40	35	0.5	2.1	4.5	1.7	0.12	0.54	1.1	0.424
mfg cost	$25	$150	$375	$175	$8	$25	$75	$20	$4	$10	$18	$9

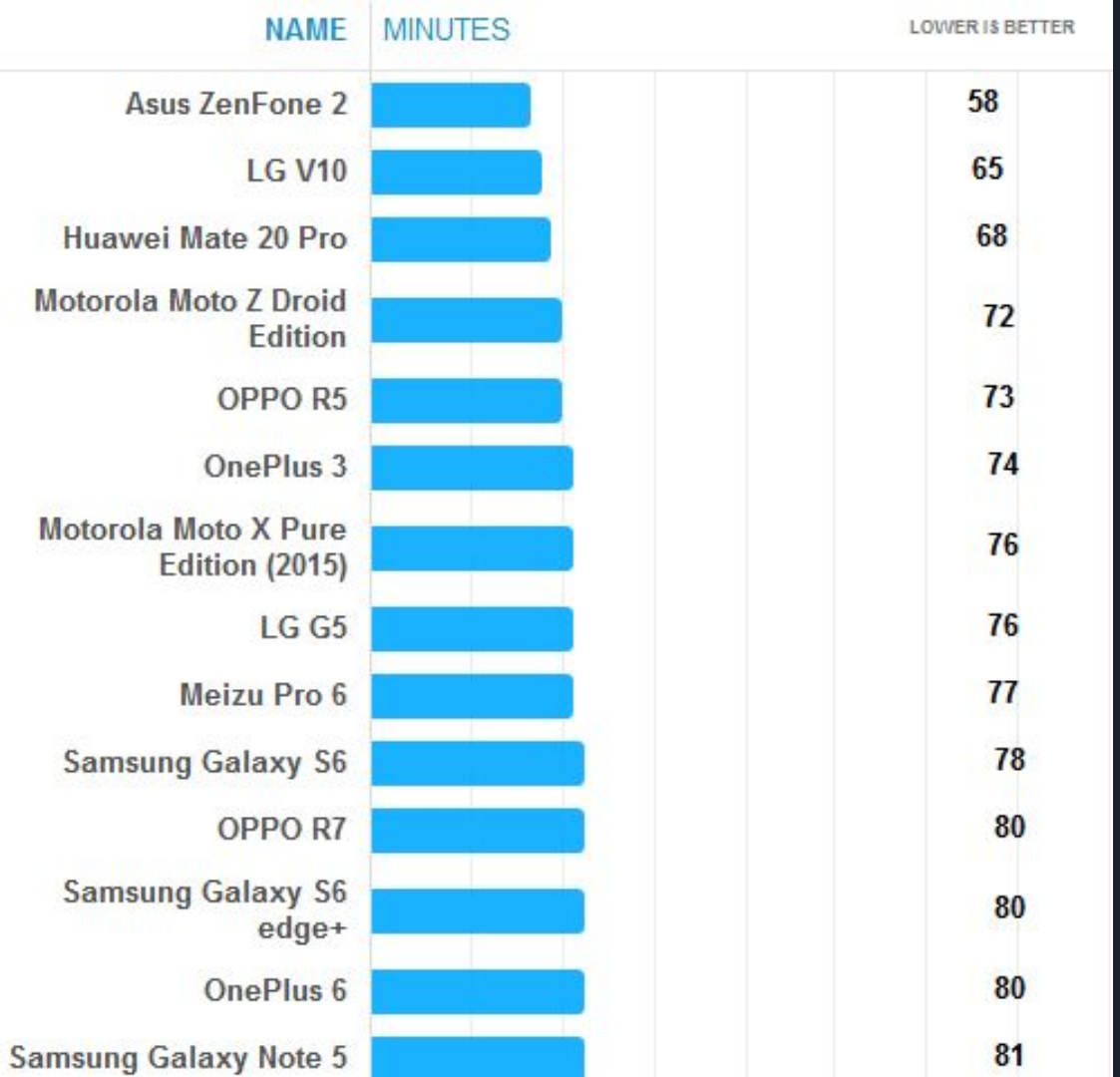
Table 1.B

	Workstation processor				*Embedded processor*				*Mobile processor*			
	Min	Avg	Max	Intel PIII	Min	Avg	Max	AMD486DX5	Min	Avg	Max	ARM 710
Freq(MHz)	296	550	1000	1000	25	125	400	133	25	75	233	25
Cache(I/D)	16K/16K	64K/64K	512K/1M	16/16/256	1K	16K/16K	32K/32K	16K	2K	8K	16K/16K	8K
IC process	0.18u 6M	0.25u 5M	0.29u 4M	0.18u 6M	0.18u	0.35u 3M	0.7u 3M	0.35u 3M	0.25u 3M	0.5 3M	0.8u 2M	0.8u 2M
Voltage(V)	2.5	3	3.3	2.5	1.35/3.3	3.3	5	3.3	2.0/3.3	5	3.3	3.3
# of xtors	3.8M	26M	130M	24M	0.35M	2M	28M	1.2M	0.341M	2 M	7M	0.341 M
Die (mm^2)	83	185	477	106	27	62	119	43	22	55	154	40
Power (W)	13	40	75	23	0.4	2.6	10	2.75	0.12	0.29	0.42	0.12
Mfg cost	$40	$130	$330	$40	$8	$16	$39	$11	$4	$18	$65	$9



Tempo de vida de bateria. Maior é melhor. Aberto página web-script. Brilho (200 nit). Iphone XR encontra-se em 36º lugar, com 11 horas e 1 minuto de bateria.

A53SD8, A53SD4, A53SD4, A53MT4, A53SD8



Tempo de carregamento em minutos. Menor é melhor.

IA4
A53SD4+A57SD2
A53KI4+A73KI4
A53SD8
A53SD8

Pos	Model	Codename	MHz - Turbo	Cores	Process (nm)	Architecture	64 Bit	Geekbench 4.1/4.2 64 Bit Single-Core Score	Geekbench 4.1/4.2 64 Bit Multi-Core Score
☐ 313*	Apple A12 Bionic		- 2490	6	7	ARM	✔	4799 n2	11421 n2
☐ 314*	Apple A11 Bionic	Monsoon / Mistral	- 2390	6	10	ARM	✔	4263 n3	10380 n3
☐ 315*	Apple A10X Fusion	Cyclone 4?	2390	6	10	ARM	✔	3928.5 n2	9325.5 n2
☐ 446*	HiSilicon Kirin 980	Cortex-A76/-A55	- 2600	8	7	ARM	✔	3378	10024
☐ 447*	Samsung Exynos 9810	Exynos M3 / Cortex-A55	- 2900	8	10	ARM	✔	3688 n3	8874 n3
☐ 456	HiSilicon Kirin 970	Cortex-A73/-A53	2400	8	10	ARM	✔	1901 n8	6714.5 n8
☐ 457	HiSilicon Kirin 960	Cortex-A73/-A53	2400	8	16	ARM	✔	1869 n7	6445 n7
☐ 458	HiSilicon Kirin 960s	Cortex-A73/-A53	2100	8	16	ARM	✔	1634	5809
☐ 477	Apple A9X	Cyclone 3	2260	2	14	ARM	✔		
☐ 497*	Samsung Exynos 8895 Octa	Mongoose / Cortex-A53	2300	8	10	ARM	✔	2015 n3	6711 n3
☐ 498	Samsung Exynos 8890 Octa	Mongoose / Cortex-A53	2600	8	14	ARM	✔		

OUTROS USOS
AMD e INTEL

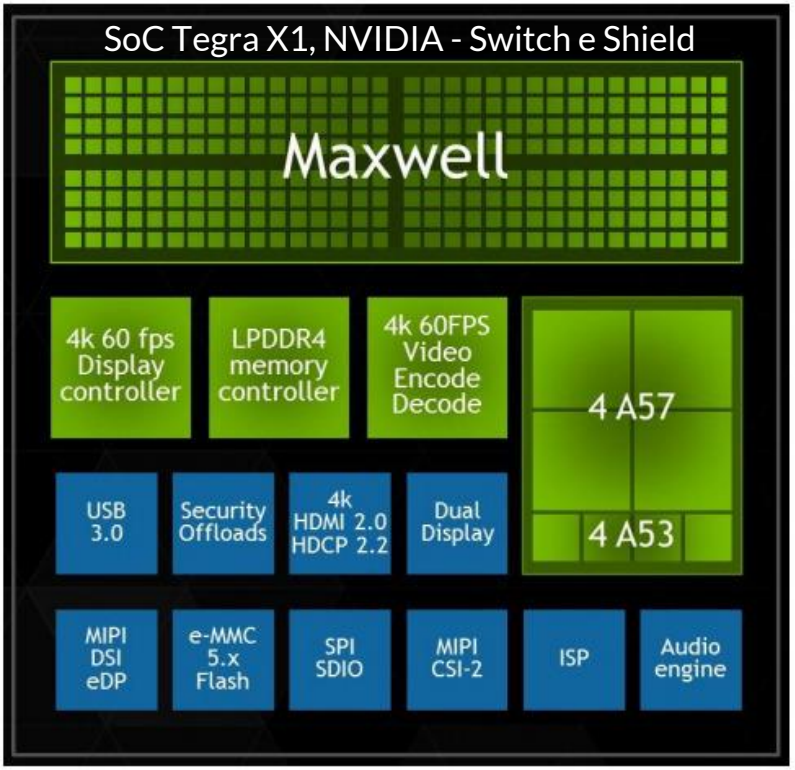
- Mobile não é apenas celular.
- Há uma dominação em notebooks por parte da Intel, e alguns AMDs aparecem em destaque.
- Segue um benchmark de notebooks

Pos	Model	Codename	L2 Cache + L3 Cache	MHz	Cores / Threads	Process (nm)	Architecture	3DMark06 CPU	Cinebench R10 32Bit Single	Cinebench R10 32Bit Multi	Cinebench R15 CPU Single 64Bit	Cinebench R15 CPU Multi 64Bit
4*	Intel Xeon W-2145	Skylake-W	8MB + 11MB	3700	8/16	14	x86				177	1682 n2
10	Intel Core i9-8950HK	Coffee Lake	1.5MB + 12MB	2900	6/12	14	x86	11055 n3	7219 n2	35909 n2	200 n8	1230 n8
11	Intel Xeon E-2186M	Coffee Lake	1.5MB + 12MB	2900	6/12	14	x86					
18	Intel Xeon E-2176M	Coffee Lake	1.5MB + 12MB	2700	6/12	14	x86	9757 n3	6973 n3	32132 n3	187 n3	1095 n3
19	Intel Core i7-8850H	Coffee Lake	1.5MB + 9MB	2600	6/12	14	x86	10938	6693 n3	32009 n3	178 n5	1057 n7
24	Intel Core i7-8750H	Coffee Lake	1.5MB + 9MB	2200	6/12	14	x86	10391 n8	6472.5 n10	34170.5 n10	175 n40	1107.5 n42
36	Intel Core i7-8809G	Kaby Lake-G	1MB + 8MB	3100	4/8	14	x86	8837	6668	25809	179 n2	865 n2
42	Intel Xeon E3-1535M v6	Kaby Lake	1MB + 8MB	3100	4/8	14	x86	8227.5 n2	6426	20729	175.5 n4	806 n4
43*	Intel Core i5-8400H	Coffee Lake	1MB + 8MB	2500	4/8	14	x86					
44*	Intel Core i7-8709G	Kaby Lake-G	1MB + 8MB	3100	4/8	14	x86					
45*	Intel Core i7-8706G	Kaby Lake-G	1MB + 8MB	3100	4/8	14	x86		6549	24130	172	767
46*	Intel Core i7-8705G	Kaby Lake-G	1MB + 8MB	3100	4/8	14	x86		6436	23794	169.5 n2	703 n2
48	Intel Core i7-7920HQ	Kaby Lake	1MB + 8MB	3100	4/8	14	x86		6169	24138	163	814
56	Intel Xeon E3-1505M v6	Kaby Lake	1MB + 8MB	3000	4/8	14	x86	7713.5 n2	6332	23780	170 n3	737 n3
57*	Intel Core i5-8300H	Coffee Lake	1MB + 8MB	2300	4/8	14	x86		6463.5 n4	22266.5 n4	170 n14	803 n14
58*	Intel Xeon E3-1575M v5	Skylake	1MB + 8MB	3000	4/8	14	x86					
60	Intel Core i7-4940MX	Haswell	1MB + 8MB	3100	4/8	22	x86	7678	5853	21022	157	708
62	Intel Core i7-7820HQ	Kaby Lake	1MB + 8MB	2900	4/8	14	x86	7679 n3	6118 n3	22369 n3	163 n4	736 n5

Pos	Model	Codename	L2 Cache + L3 Cache	MHz	Cores / Threads	Process (nm)	Architecture	3DMark06 CPU	Cinebench R10 32Bit Single	Cinebench R10 32Bit Multi	Cinebench R15 CPU Single 64Bit	Cinebench R15 CPU Multi 64Bit
☐ 122	Intel Core i7-4700HQ	Haswell	1MB + 6MB	2400	4/8	22	x86	6758.5 n10	4895 n11	18609 n11	132 n17	637 n17
☐ 123	Intel Core i7-4700MQ	Haswell	1MB + 6MB	2400	4/8	22	x86	6872 n29	4934 n25	19019 n25	132 n17	631 n17
☐ 124	Intel Core i7-4760HQ	Haswell	1MB + 6MB	2100	4/8	22	x86					
☐ 125*	Intel Core i7-8565U	Whiskey Lake-U	1MB + 8MB	1800	4/8	14	x86					
☐ 126	Intel Core i7-4722HQ	Haswell	1MB + 6MB	2400	4/8	22	x86					
☐ 129*	AMD Ryzen 7 2800H	Zen	2MB + 4MB	3300	4/8	14	x86					
☐ 130	Intel Core i7-2960XM	Sandy Bridge	1MB + 8MB	2700	4/8	32	x86	6820	4928	18300		
☐ 133	Intel Core i7-7567U	Kaby Lake	512KB + 4MB	3500	2/4	14	x86				159	432
☐ 134	Intel Core i7-8550U	Kaby Lake Refresh	1MB + 8MB	1800	4/8	14	x86	5845 n15	6423 n28	17321.5 n28	163.5 n60	556 n62
☐ 135*	Intel Core i5-8265U	Whiskey Lake-U	1MB + 6MB	1600	4/8	14	x86	5926	6165	16632	159	524
☐ 136	AMD Ryzen 7 2700U	Zen	2MB + 4MB	2200	4/8	14	x86	5366	4447 n2	11770.5 n2	143.5 n8	629 n8
☐ 137	AMD Ryzen 7 PRO 2700U	Zen	2MB + 4MB	2200	4/8	14	x86					
☐ 138*	AMD Ryzen 5 2600H	Zen	2MB + 4MB	3200	4/8	14	x86					
☐ 139	Intel Core i7-7660U	Kaby Lake	512KB + 4MB	2500	2/4	14	x86	5226.5 n2	6169.5 n2	13808.5 n2	158.5 n2	403.5 n2
☐ 140	Intel Core i7-7600U	Kaby Lake	512KB + 4MB	2800	2/4	14	x86	4720.5 n4	6253 n8	12482 n9	161 n14	344 n14
☐ 141	Intel Core i7-4712HQ	Haswell	1MB + 6MB	2300	4/8	22	x86		4445	13918	121.5 n2	517.5 n2

OUTROS USOS CONSOLE

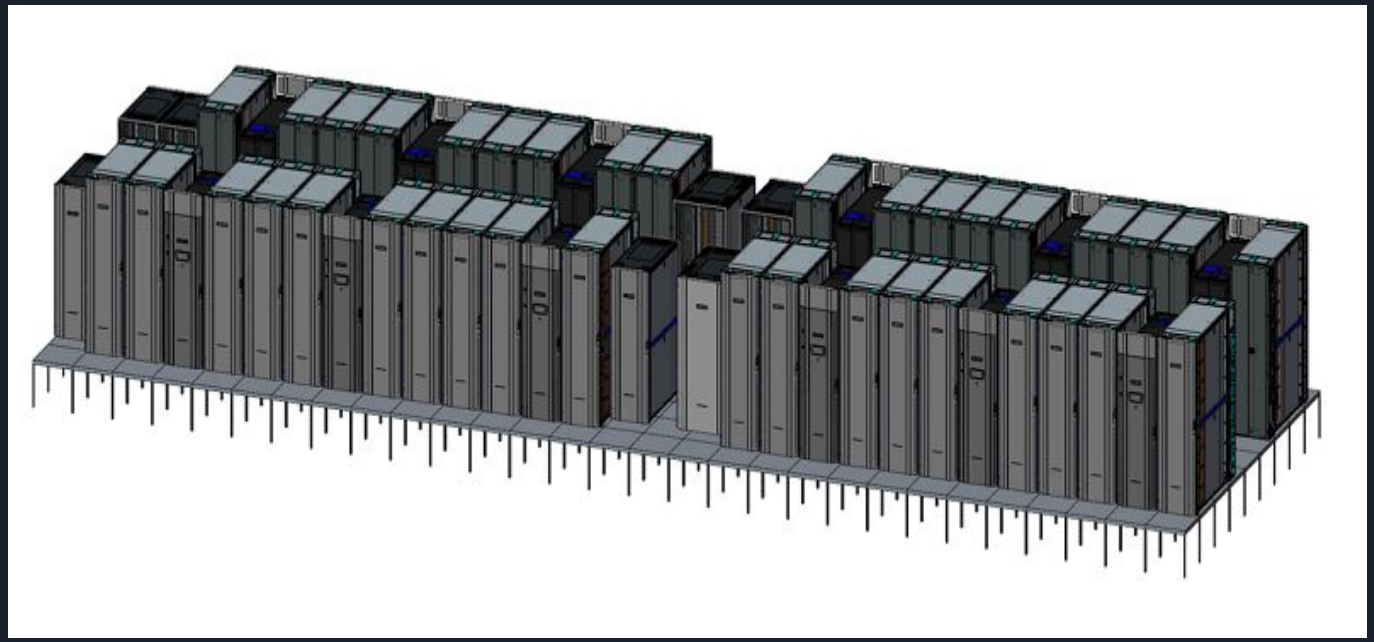
SoC Tegra X1, NVIDIA - Switch e Shield



			
PlayStation Vita By Sony	3DS By Nintendo	3DS XL By Nintendo	Shield By Nvidia
CPU: Cortex A9 quad-core 333/444 MHz GPU: SGX543MP4 + quad-core RAM: 512 MB RAM + 128 MB VRAM	CPU: ARM11 268MHz + ARM? 134MHz GPU: DMP PICA 268MHz RAM: 128MB + 6MB VRAM	CPU: Cortex 9 quad-core 804MHz GPU: DMP PICA RAM: 256MB + 10MB VRAM	SoC: Tegra X1 CPU: Cortex-A57 CPU GPU: Maxwell RAM: 3GB

OUTROS USOS
Supercomputadores

Astra, 2.592 dual-socket nodes e 145.152 cores. Um dos 24 não x86 dos top500



-CPU: 5,184 ARM based (Thunder X2) - 28 cores cada
-Clock CPU: 2GHz
-#87 na lista
-GOAL: keep workloads local.

FUTURO
Inteligência artificial

A maioria dos sistemas de inteligência artificial foca numa melhor experiência de navegação, captura de imagens, segurança e economia de energia.

Módulos de IA estão sendo integrados ao soc.

CONCLUSÃO

- Economia de energia/baixa temperatura x desempenho
- Importância do multicore e multithread
- SoCs e o domínio da ARM HOOLDINGS
- O avanço independente das marcas, mesmo usando arquiteturas básicas
- O futuro nos supercomputadores e inteligência artificial

REFERÊNCIAS

https://community.arm.com/processors/b/blog/posts/armv8-a-architecture-2016-additions

https://community.arm.com/processors/b/blog/posts/armv8-a-architecture-2016-additions

https://www.slideshare.net/embeddedcraftt/arm-processor-tutorial

https://www.elprocus.com/arm-architecture/

http://www.techinsights.com/about-techinsights/overview/blog/samsung-galaxy-s9-teardown/

https://www.samsung.com/semiconductor/minisite/exynos/newsroom/blog/the-samsung-exynos-9-series-spec-comparison/

http://www.techinsights.com/reports-and-subscriptions/open-market-reports/Report-Profile/?ReportKey=PKG-1212-802

+PDFs

FIM

Processadores de dispositivos móveis

IVAN LEONI

BRUNO BORGES

THIAGO DE SOUZA PEREIRA

LEONARDO RODRIGO DE SOUZA

LUIZ GUSTAVO PARENTE RIBEIRO