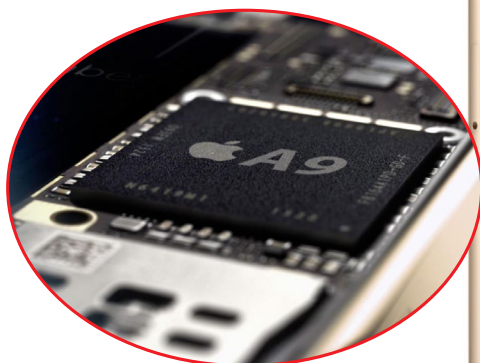


POTENTE E COMPATTO

L'Apple A9 misura solo 14,5 x 15 millimetri.



Apple A9, un SoC all'avanguardia

Di **Davide Piumetti**

Gli iPhone 6S e 6S Plus portano in dote un nuovo processore sviluppato da Apple che alza l'asticella prestazionale per tutti i concorrenti.

A differenza di tutti gli altri produttori di smartphone, Apple ha la peculiarità di progettare hardware e software completamente in casa propria. In questo modo può sviluppare delle sinergie maggiori tra i due elementi e permettersi (a fronte di spese di ricerca e sviluppo sensibilmente superiori) di ottenere esattamente quanto desiderato. Nei moderni smartphone infatti il concetto di chip dedicati è ormai scomparso, con un unico chip (SoC, *System on a Chip*) in grado di contenere tutto il necessario per il funzionamento globale, sempre più integrato e sempre più avanzato. Attualmente i maggiori produttori di SoC sono Apple stessa, Qualcomm con i modelli Snapdragon, HiSilicon (Huawei) c o n

Kirin, Samsung con Exynos, Nvidia con Tegra, Intel con Atom e Mediatek con varie versioni. Alcuni progettisti si legano poi a produttori esterni e fonderie dedicate per la produzione di massa: tra tutte Tsmc, Samsung e Intel.

La maggior parte di questi SoC (ovvero tutti tranne Intel) utilizzano un'architettura basata su Arm e non sulla tradizionale x86 presente nei moderni notebook e desktop. Il proliferare di varianti, di utilizzi, e la particolarità stessa di Android di utilizzare una sorta di macchina virtuale interna per il suo funzionamento, nega loro la stessa sinergia e integrazione che Apple, producendo un singolo SoC per un paio di modelli e un unico sistema operativo, può ottenere. Basti pensare alle specifiche tecniche di tali prodotti: i top di gamma utilizzano Cpu a 8 o 10 core, basati su Arm A53 o A72 con frequenze fino a 2,8 GHz, 4 Gbyte di memoria Ram e chip grafici multicore molto avanzati. Rispetto a modelli del genere, il SoC Apple A9 (dual core 1,8 GHz e 2 Gbyte di memoria) sembra di fascia nettamente inferiore. In realtà il

lavoro di affinamento fatto dal colosso californiano ha reso il nuovo processore montato su iPhone 6S estremamente efficiente, in grado di offrire prestazioni uguali o superiori ai concorrenti pur con caratteristiche sulla carta inferiori. Inoltre, il consumo elettrico è di molto inferiore rispetto ad altri modelli top di gamma, tanto che Apple può permettersi di utilizzare batterie grandi (e pesanti) la metà della concorrenza pur avendo la medesima autonomia operativa.

I SOC APPLE DAL 2007 A OGGI

Tutto integrato

Oltre a Cpu e Gpu, l'A9 integra il coprocessore M9 che gestisce i vari sensori esterni

Negli ultimi anni Apple ha intrapreso una politica di rinnovamento del proprio prodotto iconico, l'iPhone, che ricorda per molti versi quanto fatto da Intel nel settore delle Cpu. Tralasciando il primo iPhone del 2007, modello che da solo ha creato il fenomeno smartphone come lo conosciamo oggi, Apple ha seguito negli anni un modello costante a due passaggi. Nel 2008 venne lanciato iPhone 3G, con una forma tondeggiante che è stata ripresa in maniera identica l'anno successivo da iPhone 3GS. Questo



foto: ifixit.com

L'EVOLUZIONE DEI SOC APPLE PER IPHONE



	IPHONE	IPHONE 3G	IPHONE 3GS	IPHONE 4	IPHONE 4S	IPHONE 5	IPHONE 5S	IPHONE 6	IPHONE 6S
SoC	1176JZ	1176JZ	S5PC100	Apple A4	Apple A5	Apple A6	Apple A7	Apple A8	Apple A9
Cpu	ARM1176	ARM1176	Cortex-A8	Cortex-A8	Cortex-A9	Swift	Cyclone	Typhoon	Twister
Micro architettura	Arm v6	Arm v6	Arm v7-A	Arm v7-A	Arm v7-A	Arm v7-A	Arm v8-A	Arm v8-A	Arm v8-A
Core	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Frequenza	412 MHz	412 MHz	600 MHz	800 MHz	800 MHz	1.300 MHz	1.300 MHz	1.400 MHz	1.850 MHz
Set istruzioni	Arm	Arm	Arm	Arm	Arm, Thumb-2	A32, T32	A64, A32, T32	A64, A32, T32	A64, A32, T32
Cache L1	32+32 KB per core	32+32 KB per core	32+32 KB per core	32+32 KB per core	32+32 KB per core	32+32 KB per core	64+64 KB per core	64+64 KB per core	64+64 KB per core
Cache L2	-	-	256 Kbyte	512 Kbyte	1 Mbyte	1 Mbyte	1 Mbyte	1 Mbyte	3 Mbyte
Cache L3	-	-	-	-	-	-	4 Mbyte	4 Mbyte	8 Mbyte
Gpu	ARM1176	ARM1176	PowerVR SGX535	PowerVR SGX535	PowerVR SGX543MP2	PowerVR SGX543MP3	PowerVR G6430	PowerVR GX6450	PowerVR GT7600
Gpu Core	1	1	1	1	2	3	4	4	6
Ram	128 MB eDram	128 MB eDram	256 MB eDram	512 MB Ddr	512 MB Lp-Ddr2	1 GB Lp-Ddr2	1 GB Lp-Ddr3	1 GB Lp-Ddr3	2 GB Lp-Ddr4
Processo	65 nm	65 nm	65 nm	45 nm	45 nm	32 nm	28 nm	20 nm	16/14 nm
Produttore	Tsmc	Tsmc	Samsung	Samsung	Samsung	Samsung	Samsung	Tsmc, Samsung	Tsmc, Samsung

modello, esteticamente uguale al precedente, aveva sotto la scocca un SoC prodotto da Samsung, basato su un core Arm A8 da 600 MHz coadiuvato da 256 Mbyte di Ram, un netto salto in avanti rispetto al precedente Arm 11 da 412 MHz e 128 Mbyte di memoria.

Solo con il modello successivo del 2010 Apple intraprese il corso attuale, con iPhone 4 che rivoluzionò il fattore estetico introducendo anche il primo SoC progettato direttamente a Cupertino (ma prodotto da Samsung), il primo modello di chip A, battezzato A4. In realtà i miglioramenti hardware erano ridotti, l'architettura era sempre Arm V8 con frequenza di 800 MHz.

Il grande salto fu fatto con iPhone 4S: dotato del chip Apple A5, il modello poteva vantare su una Cpu dual core da 1 GHz basata su Arm Cortex-A9 e nuova grafica PoverVR dual core.

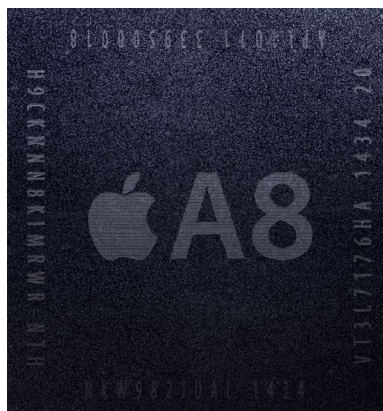
Il successivo iPhone 5 (2012) cambiò nettamente l'estetica mantenendo il SoC Apple A6 molto simile (1,3 GHz la frequenza massima), con iPhone 5S che portò i grandi sviluppi: Apple A7 con una Cpu basata su istruzioni Arm ma sviluppata interamente in casa e battezzata Cyclone: la prima mobile a 64 bit. Pur dotato di frequenza uguale alla precedente (1,3 GHz) questo SoC

aveva prestazioni quasi doppie rispetto al precedente, che usava Cpu Arm standard, inaugurando il nuovo corso del produttore divenuto ormai anche progettista hardware integrato. Lato Gpu il salto fu simile, visto che A7 adottò la nuova architettura Rogue di PowerVR, in grado di raddoppiare le prestazioni ottenibili con il modello precedente.

Il successivo Apple A8, utilizzato su iPhone 6, fu un'evoluzione del precedente, con una nuova Cpu Typhoon dual core a 1,4 GHz derivata in maniera evidente dalla precedente e un nuovo sottosistema grafico.

L'attuale iPhone 6S porta in dote il SoC Apple A9: dotato di una Cpu riprogettata, dual core Twister da 1,85 GHz e una nuova grafica PowerVR 7XT, rappresenta il traguardo ultimo raggiunto dal produttore. Apple dichiara che questo chip ha il 70% di prestazioni Cpu in più rispetto al precedente e il 90% in più in termini grafici.

Il modello tick-tock è dunque chiaro: ad ogni iPhone identificato con un "nuovo numero" Apple sfoggia un nuovo design e nuove caratteristiche esterne. Ad ogni modello "S" relega invece il salto generazionale dovuto ai miglioramenti del SoC.



I due SoC Apple che equipaggiano, rispettivamente, iPhone 6 e iPhone 6S.

foto: ifixit.com

La minuscola scheda madre dell'iPhone 6S: il chip Apple 9 è più piccolo persino dello slot nano Sim posto al suo fianco.

APPLE A8 CONTRO A9

Questo processo evolutivo a due fasi permette agli ingegneri Apple di potersi dedicare a una nuova architettura con 2 anni di tempo a disposizione, dovendo solo operare piccoli aggiustamenti negli anni caratterizzati dalla presentazione di un nuovo modello "non S".

Il chip A9 presente nell'iPhone 6S è l'esempio lampante di tutto ciò; mentre il modello che lo ha preceduto era solo una piccola evoluzione di A7, A9 rappresenta un consistente salto in avanti in termini di capacità di calcolo, consumi e ingegnerizzazione.

Innanzitutto il cambiamento è anche produttivo. Come per il passato A8, l'azienda si è dovuta affidare a due fonderie diverse per la produzione del proprio SoC, per via degli elevati volumi richiesti (parliamo di diverse decine di milioni di pezzi), difficili da raggiungere per un solo produttore. La scelta è ricaduta per ovvi motivi (sono gli unici) su Samsung e su Tsmc.

Qui la prima grande differenza: mentre per tutti i chip - fino ad A8 compreso - il processo produttivo si è affinato progressivamente rimanendo però ancorato al classico sviluppo planare, per A9 sono maturati i tempi per il ricorso a una più avanzata tecnologia 3D. Sia Tsmc sia Samsung sono infatti stati in grado di sviluppare internamente il processo produttivo di transistor FinFET, ovvero a struttura

tridimensionale, in grado di offrire a parità di spazio e consumi delle prestazioni nettamente superiori al passato.

Le due fonderie non hanno però lo stesso identico processo, ragion per cui il chip A9 prodotto dalle due aziende risulta diverso in molti punti. Samsung adotta un più raffinato processo a 14 nm, riuscendo a inserire il SoC Apple caratterizzato da più di 2 miliardi di transistor in 96 mm², mentre Tsmc adotta un processo a 16 nm che proietta lo stesso chip su una superficie di 104,5 mm². A titolo comparativo A8 è caratterizzato da poco meno di 2 miliardi di transistor che, a 20 nm planari, occupavano una superficie di 89 mm². Il primo segno di questo passaggio produttivo è la frequenza del core, che su A8 era limitata a 1.400 MHz e che invece raggiunge 1.850 MHz su A9.



I due nuovi iPhone 6S e 6S plus sono i primi dispositivi ad integrare il SoC Apple A9.

DUE FONDERIE, DUE CHIP

A questo punto sorge spontaneo il dubbio sull'equivalenza dei chip A9 prodotti da Samsung o da Tsmc. Chip con diverso processo produttivo, con diverse dimensioni e con un'ingegnerizzazione interna lievemente differente, possono essere uguali in termini prestazionali ed energetici?

La risposta è no. I due chip A9, sulla carta identici, che equipaggiano i terminali iPhone 6S e 6S plus, non sono identici. Semplicemente guardando una microfotografia del die si nota come i due chip siano leggermente diversi, con prestazioni e consumi che possono differire tra loro. Il punto è stabilire quanto siano differenti.

Fortunatamente per gli utenti, Apple ha lavorato molto duramente per evitare che la cosa fosse rilevante, dovendo anche sostenere costi enormi per la gestione di due fonderie produttive. Avendo infatti Apple il progetto globale del chip, possiamo stimare che i costi per la messa in opera dei meccanismi necessari alla produzione siano praticamente raddoppiati, con un onere complessivo molto elevato, giustificato solo dalla necessità di poter disporre di un numero così elevato di SoC data la grande richiesta di terminali prevista dopo il lancio.

Dopo varie analisi specializzate e approfondite in vari laboratori sparsi per il mondo la conclusione è abbastanza chiara. Esistono delle piccolissime differenze prestazionali tra i due chip, che si aggirano però al di sotto del singolo punto percentuale e che non inficiano l'esperienza d'uso o la durata della batteria. I numeri offerti da Apple mostrano inoltre come la distribuzione dei chip sia piuttosto costante, con il 66% dei terminali dotati del modello Samsung e il 33% che adotta la versione Tsmc.

CPU: TWISTER CONTRO TYPHOON

La Cpu rimane di tipo dual core. A differenza della metodologia big.Little utilizzata dagli altri produttori (in cui ci sono alcuni core molto potenti e altri che consumano meno e adattabili al carico istantaneo del sistema), Apple predilige avere solo due core in grado però di autoregolarsi in base alle necessità del sistema.

Come già detto la Cpu sale in frequenza in maniera netta rispetto al passato, offrendo grandi miglioramenti

prestazionali. Nei fatti il passaggio al nuovo processo produttivo permette di guadagnare ben 450 MHz rispetto ad A8, con un salto di oltre il 32%.

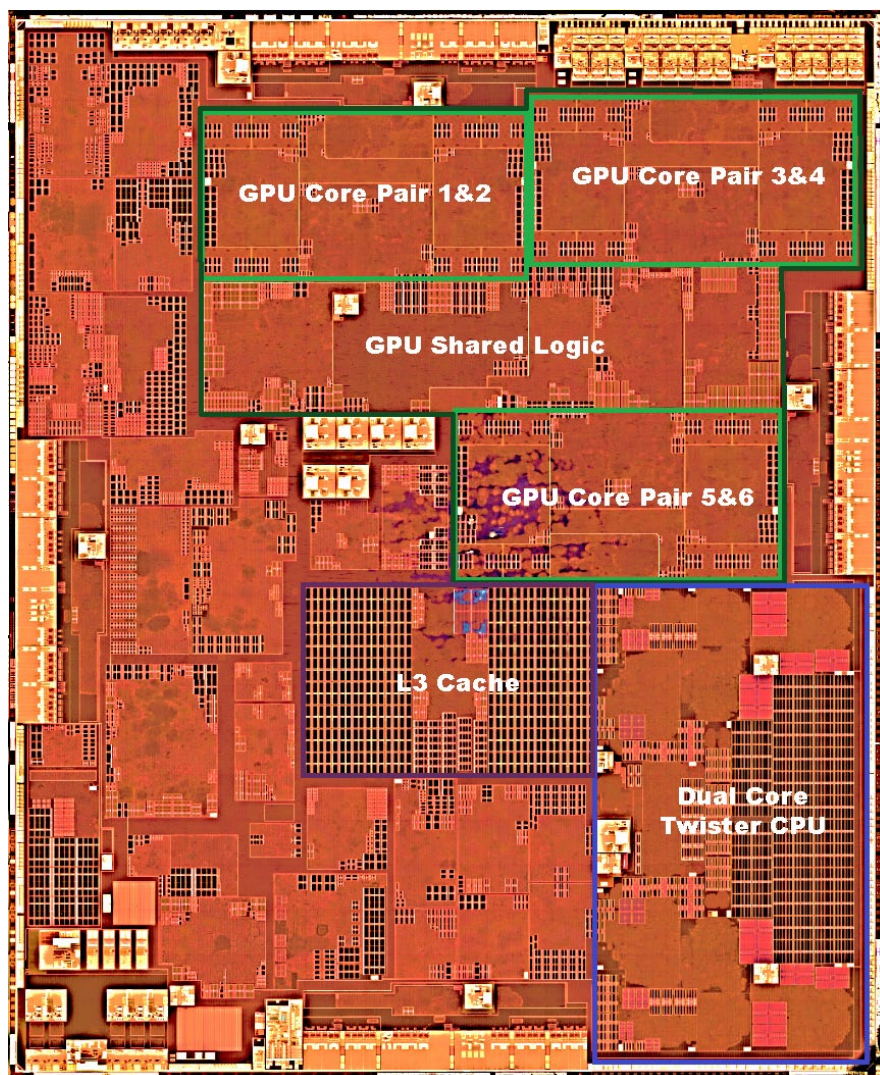
La frequenza non è la sola cosa a portare vantaggi tangibili: la Cpu si evolve con nove strutture e capacità. Pur basata sul medesimo set di istruzioni cambia di molto la struttura di branch prediction (e diminuisce la penalità relativa). Cala anche del 20-25% la latenza nelle operazioni FP32, e raddoppia il numero di unità di shift interne.

Queste modifiche, piuttosto particolari, sono mirate a risolvere i punti deboli della Cpu precedente. Uno dei punti di forza di Apple è infatti di poter analizzare le proprie app e quelle di terze parti e capire in maniera semplice quali miglioramenti architetturali possano portare i benefici maggiori.

Nei risultati dei test, ciò è reso evidente mostrando come i vantaggi prestazionali di A9 siano relativi solo in parte alla frequenza, con miglioramenti notevoli anche per i piccoli cambiamenti architetturali interni. Nella tabella dei risultati dei test abbiamo incluso i valori normalizzati, ottenuti depurando i risultati del chip A9 dall'incremento di frequenza.

Anche la memoria, ora di tipo Lp-Ddr4 (a 3.200 MHz), fa segnare valori di banda molto superiori a quanto ottenibile con A8, che utilizzava della più semplice Lp-Ddr3 a 1.600 MHz.

In ogni caso i miglioramenti sono notevoli, con valori dal 20 all'80% superiori. Anche a parità di frequenza di clock l'architettura garantisce prestazioni mediamente superiori del 25%.



Le sezioni logiche del chip A9 di Apple. La Cpu occupa meno del 20% della superficie, mentre la Gpu si rivela ben più grande. Considerevole anche lo spazio occupato dalla cache.

A9X: PIÙ POTENZA PER L'IPAD PRO



Il primo tablet di grandi dimensioni dell'azienda monta sotto la scocca un SoC completamente nuovo, derivato nella struttura da A9 ma ancora più potente. L'architettura di massima è la stessa, con una Cpu dual core Twister che guadagna in frequenza passando da 1,85 a 2,26 GHz (con un +23%) e una sezione grafica sempre gestita da una Gpu PowerVR serie 7. Quest'ultimo componente però, denominato GT7900, è dotato di ben 10 cluster di elaborazione invece dei 6 propri di A9. Anche la memoria gestita passa a 4 Gbyte che, con un bus di ampiezza doppia (e dual channel) permette una banda nettamente superiore. Il produttore in questo caso è il solo Tsmc con il proprio processo produttivo 16 nm FinFet.

GPU: POWERVR SI EVOLVE

In ambito Gpu Apple è riuscita ad integrare nel proprio SoC di punta la nuova versione della già ottima grafica PowerVR. In questo caso il salto è abbastanza netto, con il passaggio dalla versione 6 (PowerVR GX6450) alla 7 (PowerVR GT7600). La nuova grafica adotta miglioramenti sia dal punto di vista architetturale sia in termini di potenza bruta vera e propria. Il numero dei core aumenta del 50%, passando dai 4 della scorsa generazione ai 6 attuali. Al centro della sezione grafica esiste una zona di controllo che coordina il lavoro di questa Gpu, in maniera sempre più simile a quanto accade sulle schede grafiche da Pc. La nuova scheda supporta nativamente la tessellation hardware, anche se al momento non vi sono Api offerte da Apple per il suo utilizzo nella programmazione. Sono state inoltre migliorate le sezioni di scaling della geometria e lo scheduling operativo, in modo da permettere una migliore razionalizzazione dei contenuti elaborati. In termini di potenza e prestazioni il nuovo modello surclassa il precedente in maniera piuttosto netta, con un miglioramento teorico di quasi il 90%.

LE PRESTAZIONI REALI

In questa prova ci siamo concentrati sul valutare le vere differenze prestazionali tra due generazioni successive del SoC Apple. I risultati sono evidenti. In ogni condizione, sia in termini di sistema globale, sia per quanto riguarda la grafica o la memoria di sistema, Apple ha fatto un ottimo lavoro. Basta guardare i vantaggi percentuali rispetto al già ottimo A8 per rendersene conto. Sia in ambito di puro calcolo Cpu (dove i vantaggi sono importanti e compresi tra il 30 e oltre il 100% con una media di circa il 60%) sia in ambito grafico dove l'andamento è simile (la media di vantaggio è del 65%) il nuovo chip è nettamente superiore a qualunque altro prodotto da Apple (tralasciando A9X di cui parliamo a parte). Anche il confronto a parità di frequenza, che mette in luce la bontà del lavoro architetturale fatto da Apple, è impietoso. La nuova Cpu Twister è molto più veloce della vecchia a prescindere dal clock operativo. In ogni caso i vantaggi sono evidenti. Un SoC davvero ben realizzato e studiato per limitare i consumi (la batteria di iPhone 6S è anche più piccola della precedente) pur offrendo prestazioni ottimali.

LE GPU DELL'IPHONE A CONFRONTO

	POWERVR SGX 543MP3	POWERVR G6430	POWERVR GX6450	POWERVR GT7600
SoC	A6 (iPhone 5)	A7 (iPhone 5S)	A8 (iPhone 6)	A9 (iPhone 6S)
Numero Simd	12	4	4	6
Mad per Simd	4	32	32	32
Mad totali	48	128	128	192
GFlops @ 300 MHz	28,8	76,8	76,8	115,2
Pixel per clock	n.d.	8	8	12
Texel per clock	n.d.	8	8	12

PRESTAZIONI

	APPLE A8	APPLE A9	A9 VS A8	A9 (1,4GHZ) VS A8
Test di sistema				
<i>Basemark OS II</i>				
Overall	1.627	2.467	+ 51,6%	+ 14,6%
System	3.042	5.022	+ 65,1%	+ 24,8%
Memory	983	1.565	+ 59,2%	+ 20,4%
Graphics	2.394	4.298	+ 79,5%	+ 35,7%
Web	977	1.096	+ 12,2%	- 15,2%
<i>Geekbench 3</i>				
Integer	1.640	2.552	+ 55,6%	+ 17,6%
Integer (multi thread)	3.250	4.983	+ 53,3%	+ 15,9%
Floating Point	1.577	2.528	+ 60,3%	+ 21,2%
Floating Point (multi thread)	3.091	4.858	+ 57,2%	+ 18,8%
Memory	1.649	2.618	+ 58,8%	+ 20,0%
Memory (multi thread)	1.832	2.613	+ 42,6%	+ 7,8%
Test Grafica				
<i>3DMark 1.2 Unlimited</i>				
Overall	16.889	27.453	+ 62,5%	+ 22,9%
Graphics	22.795	41.045	+ 80,1%	+ 36,1%
Physics	8.856	12.715	+ 43,6%	+ 8,5%
<i>GFXBench 3.1</i>				
Manhattan (Onscreen)	1.864	3.257	+ 74,7%	+ 32,1%
Manhattan (Offscreen)	1.192	2.359	+ 97,9%	+ 49,6%
T-Rex HD (Onscreen)	2.772	3.350	+ 20,9%	- 8,6%
T-Rex HD (Offscreen)	2.460	4.392	+ 78,5%	+ 35,0 %
Test browser Web				
Sunspider 1.0.2 (ms)*	411,3	225,9	+ 45,1%	+ 27,3%
Kraken 1.1 (ms)*	2.837,7	1.714,3	+ 39,6%	+ 20,1%
Google Octane v2 (punteggio)	8.114	16.378	+ 101,8%	+ 52,6%
Webxprt 2015 (punteggio)	131	196	+ 49,6%	+ 13,1%

* A valori inferiori corrispondono prestazioni superiori