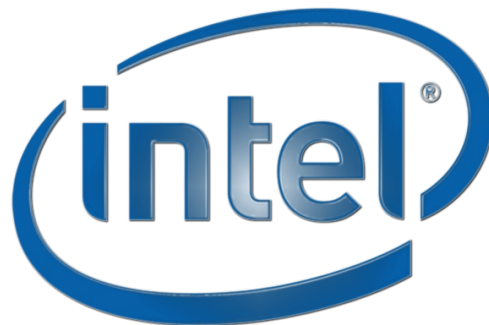




Intel Sandy Bridge - Architettura



LINK (<https://www.nexthardware.com/focus/processor-chipset/152/intel-sandy-bridge-architettura.htm>)

Analisi dell'architettura delle CPU Codename Sandy Bridge

A poco più di un anno dal lancio della piattaforma Intel basata su socket 1156, il produttore americano rinnova la sua lineup di processori, introducendo la nuova micro architettura "Sandy Bridge".

Intel ci ha abituati ad un processo di sviluppo basato sulla filosofia "Tick-Tock", che prevede l'alternanza di un rinnovo architetturale con un miglioramento del processo produttivo. L'esigenza di seguire questo approccio è dettata dalla intrinseca complessità dello sviluppo di una nuova CPU, che può essere gestito con più tranquillità utilizzando processi produttivi già noti. AMD, al contrario, non segue questa strategia e ha spesso rilasciato un upgrade "doppio" dei propri prodotti, ma non si può dire che questo approccio abbia sempre pagato causando, talvolta, ritardi consistenti nel rilascio dei nuovi processori.

Intel® Core™ Microarchitecture	Intel® Core™ Microarchitecture codename Nehalem		Intel® Microarchitecture codename Sandy Bridge	
Penryn	Nehalem	Westmere	Sandy Bridge	Ivy Bridge
NEW Process Technology 45nm	NEW Microarchitecture 45nm	NEW Process Technology 32nm	NEW Microarchitecture 32nm	NEW Process Technology 22nm
TICK	TOCK	TICK	TOCK	TICK

Con l'introduzione di Sandy Bridge, nome in codice della seconda generazione di processori Intel Core, non si è rinnovata solo l'architettura della CPU, ma è stato aggiornato anche il socket,

i chipset supportati e le rispettive piattaforme mobile. Le nuove CPU non possono funzionare sulle vecchie schede madri con socket 1156, ma devono essere abbinati alle nuove offerte basate su socket 1155. Questa scelta, a nostro avviso, non sarà particolarmente gradita dall'utenza più avanzata, maggiormente incline all'aggiornamento del singolo processore nella vita del sistema, ma non colpirà la gran parte degli utenti, che generalmente sostituiscono l'intera macchina ad ogni cambio di PC.

Il nuovo socket non è meccanicamente compatibile con il precedente, rendendo di fatto impossibile l'installazione di una nuova CPU sulle vecchie schede madri e viceversa; dal punto di vista elettrico, però, sono presenti molte affinità ed i bus di collegamento sono in gran parte uguali come, ad esempio, il bus DMI per il collegamento con il Platform Control HUB (chipset).

In questo focus analizzeremo le novità architetture di Sandy Bridge, mentre l'analisi prestazionale sarà trattata ampiamente nelle future recensioni dei singoli processori e schede madri con socket 1155.

Buona lettura!

↔

↔

1. Modelli e Branding

1. Modelli e Branding

↔

Le CPU Sandy Bridge sono disponibili sia in versione mobile che in versione desktop e sono caratterizzate dal brand Intel Core, con una sigla che include tutte le informazioni necessarie per identificare chiaramente il modello di processore.

- i3, i5, i7 - Identifica la classe del processore
- Desktop: i3 = dual core + HT, i5 = quad core + Turbo, i7 = quad core + HT + Turbo
- Mobile: i3 dual core + HT, i5 = dual core + HT + Turbo, i7 = dual o quad core + HT + Turbo
- 2xxx - Identifica lo SKU del processore, il primo numero è sempre il 2 ed indica che queste CPU sono della seconda generazione della famiglia Intel Core
- K, S, T, M, QM - Identificano alcune funzionalità speciali: K = moltiplicatore sbloccato, S/T consumi ridotti, M versioni mobile, QM versioni mobile quad core

↔

Brand	CORE i5	CORE i5	CORE i5	CORE i7	CORE i7	CORE i3	CORE i3	CORE i5
Processor Number	i5-2400	i5-2500	i5-2500K	i7-2600	i7-2600K	i3-2100	i3-2120	i5-2300
Price (TKu)	\$184	\$205	\$216	\$294	\$317	\$117	\$138	\$177
TDP	95W	95W	95W	95W	95W	65W	65W	95W
Cores/Threads	4/4	4/4	4/4	4/8	4/8	2/4	2/4	4/4
CPU Base Freq (GHz)	3.1	3.3	3.3	3.4	3.4	3.1	3.3	2.8
Max Turbo Freq (GHz)	3.4	3.7	3.7	3.8	3.8	N/A	N/A	3.1
DDR3 (MHz)	1333MHz	1333MHz	1333MHz	1333MHz	1333MHz	1333MHz	1333MHz	1333MHz
L3 Cache	6MB	6MB	6MB	8MB	8MB	3MB	3MB	6MB
Intel® HD Graphics 2000/3000	2000	2000	3000	2000	3000	2000	2000	2000
Graphics Max Dynamic Frequency	up to 1100MHz	up to 1100MHz	up to 1100MHz	up to 1350MHz	up to 1350MHz	up to 1100MHz	up to 1100MHz	up to 1100MHz
Intel® Hyper-threading Technology	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Intel® Advanced Vector Extensions (AVX)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intel® Quick Sync Video	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intel® vPro / TXT / VT-d / Intel® SIPP	Yes	Yes	No	Yes	No	No	No	No
Intel® AES-NI	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes
Intel® Virtualization Technology	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Package	LGA-1155	LGA-1155	LGA-1155	LGA-1155	LGA-1155	LGA-1155	LGA-1155	LGA-1155

↔

Specifiche Processori Sandy Bridge Desktop - Standard e K

↔

Tutte le CPU basate su micro architettura Sandy Bridge, inoltre, sono dotate di un chip grafico integrato, Intel HD Graphics 3000 per le CPU Desktop K e CPU Mobile, Intel HD Graphics 2000 per le CPU Desktop standard.

↔

↔

2. Turbo Boost 2.0, Hyper Threading, Unlocked Core

2. Turbo Boost 2.0, Hyper Threading, Unlocked Core

↔

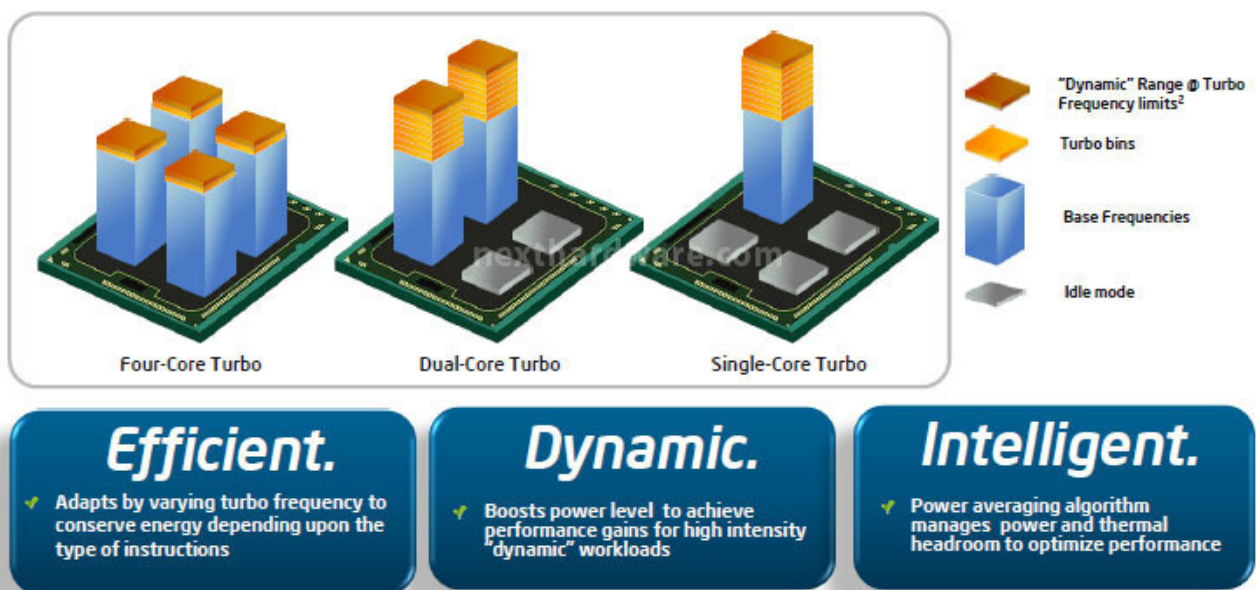
Turbo Boost 2.0

↔

La tecnologia Turbo Boost è stata introdotta per la prima volta nelle CPU Intel Core i7 abbinata al Chipset Intel X58 ed ha subito diverse modifiche nel corso degli anni. Turbo Boost è nata dall'esigenza di compensare la scarsa ottimizzazione dei software commerciali per quanto riguarda l'uso delle CPU Multi Core; purtroppo, i produttori di software non hanno abbracciato la multi programmazione sin dalle sue origini a causa dell'intrinseca complessità e del ridotto numero di macchine dotate di più di un processore. Quando un applicativo tradizionale entra in esecuzione, la frequenza del core su cui sta lavorando viene innalzata al fine da compensare il non utilizzo degli altri core. Turbo Boost modifica in modo dinamico il moltiplicatore della CPU da 1 a 4 step, a seconda del carico e della revisione della tecnologia integrata nel processore.

↔

Intel® Turbo Boost Technology 2.0



↔

Nelle CPU della famiglia "Sandy Bridge", ogni incremento del moltiplicatore aggiunge 100 MHz alla frequenza di base delle stesse fino ad un massimo di 4 "bins", quando un singolo core è attivo. Nelle schede madri più avanzate è possibile personalizzare le soglie di intervento di Turbo Boost, andando a specificare il livello massimo del TDP (Thermal Design Power) della CPU, migliorandone le performance in presenza di un sistema di raffreddamento efficiente.

Anche la GPU integrata è dotata di una tecnologia che incrementa della frequenza operativa quando il carico di lavoro è maggiore ma, in ogni caso, il consumo della CPU+GPU resterà entro i limiti imposti da Intel, riducendo eventualmente le frequenze degli altri componenti.

↔

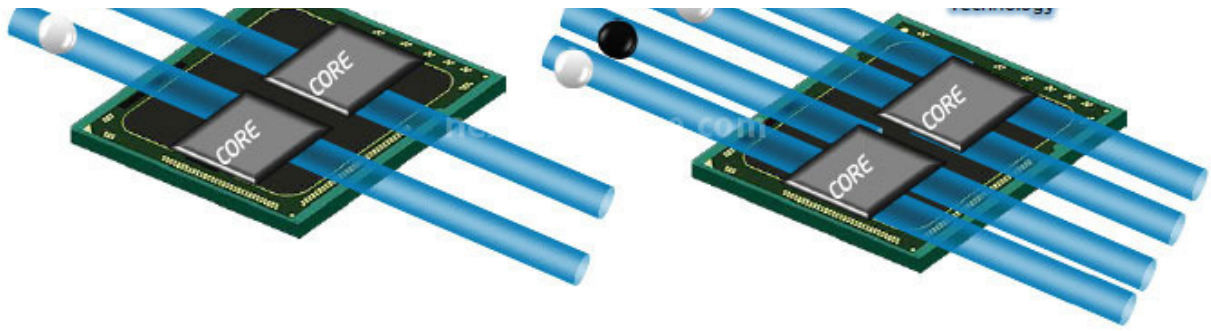
Hyper Threading

↔

La tecnologia Hyper Threading è stata introdotta per la prima volta con i processori Intel Pentium 4, quando le soluzioni multi core erano ancora allo stadio di sviluppo. L'Hyper Threading rende disponibile al sistema operativo un numero di core doppio rispetto a quelli fisicamente presenti nella CPU, al fine di migliorare le prestazioni con l'aggiunta di un numero contenuto di transistor. Ogni core fisico è in grado di gestire fino a 2 threads con un certo grado di parallelizzazione, andando a sfruttare tutte le unità di elaborazione non in uso.

↔





↔

Essendo la maggior parte dei circuiti condivisi, non è possibile ottenere un incremento delle prestazioni pari a quello di una soluzione con due core nativi, i vantaggi sono però tangibili in molte applicazioni. Questa tecnologia è presente solo nelle CPU Intel Core i3 e i7, gli i5 non ne sono provvisti.

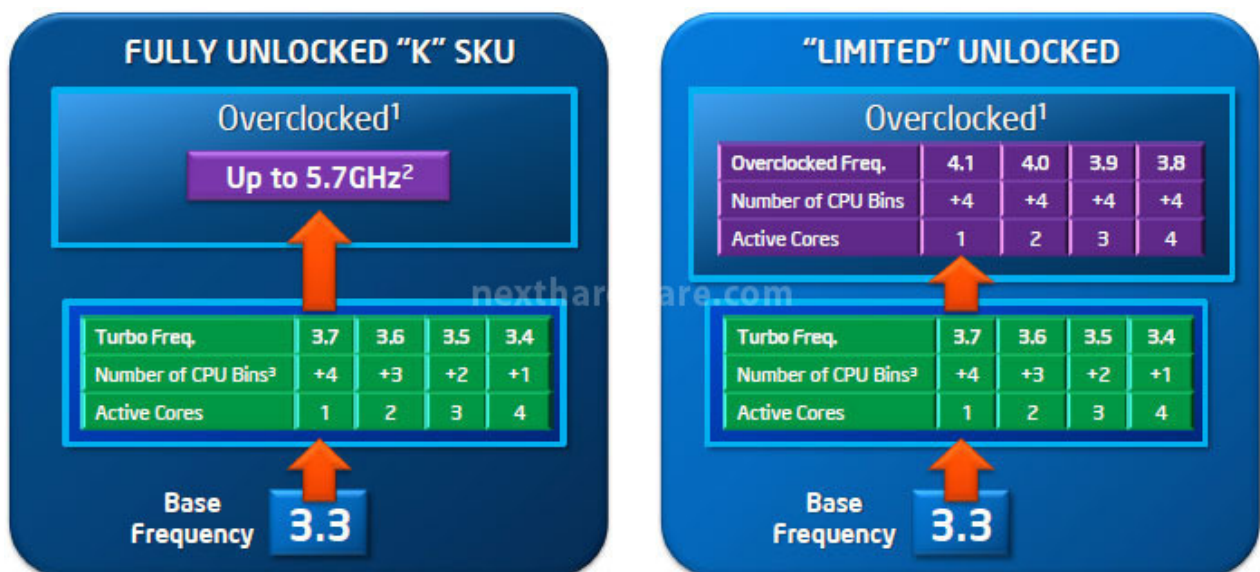
↔

Unlocked Core

↔

La versioni K dei processor “Sandy Bridge” sono dotate di moltiplicatore completamente sbloccato e sono le uniche che permettono ampi margini di overclock senza intervenire sul BUS di sistema.

Le altre CPU delle serie i7 e i5 integrano un moltiplicatore parzialmente sbloccato, che consente l’incremento dello stesso, fino a 4 step oltre la massima frequenza Turbo Boost per un totale di 8 a quello di base. Ad esempio, la CPU i7-2600 è caratterizzata dalla frequenza di base di 3.4 GHz (moltiplicatore 34), massima frequenza Turbo Boost 3.8 GHz (moltiplicatore 38) e massima frequenza impostabile 4.2 GHz (moltiplicatore 42, 34 + 4 + 4).



Tutte le CPU i7 e i5 sono inoltre dotate di moltiplicatore della memoria sbloccato.

Le funzionalità di overclock sono presenti solo sulle schede madri dotate di chipset Intel P67, le schede entry level, dotate di chipset Intel H67, permettono solo l’overclock della GPU integrata.

↔

↔

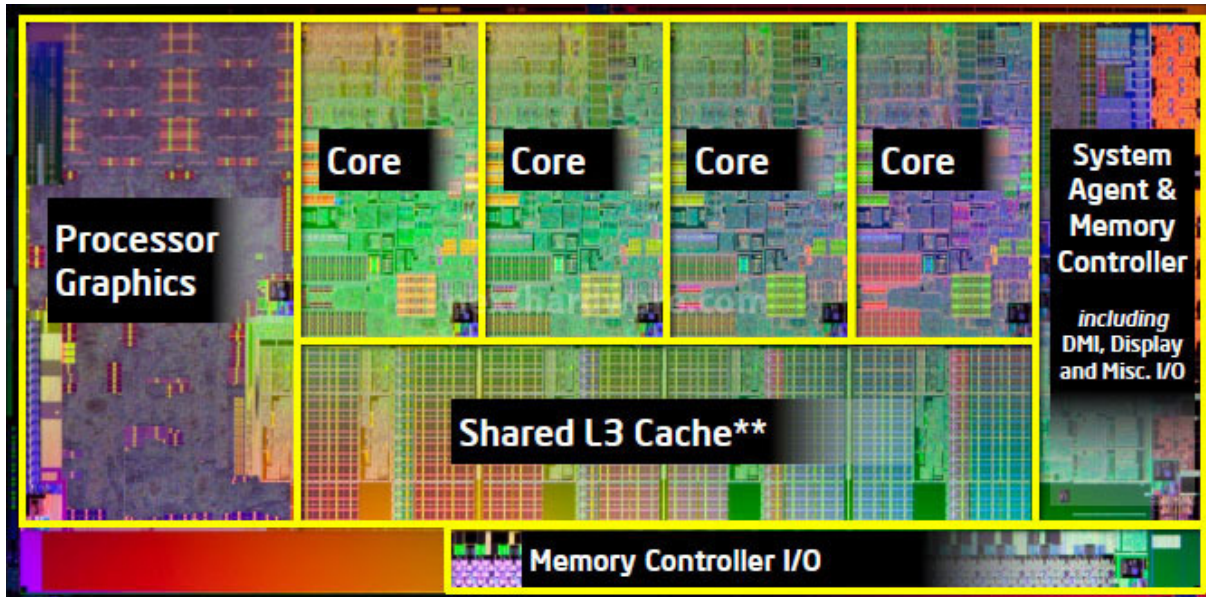
3. Architettura Sandy Bridge

3. Architettura Sandy Bridge

↔

I processori Sandy Bridge integrano in uno solo chip sia la CPU che la GPU, abbandonando l'approccio Multi Chip Package utilizzato fino ad oggi.

↔



↔

All'interno di ogni Sandy Bridge troviamo:

- 1 CPU dotata di 2 o 4 Core x86-64
- 1 Cache L3 condivisa tra CPU e GPU
- 1 GPU (con 6 o 12 Unità di elaborazione)
- 1 System Agent con controller della Memoria DDR3 e 16 linee PCI-E 2.0

↔

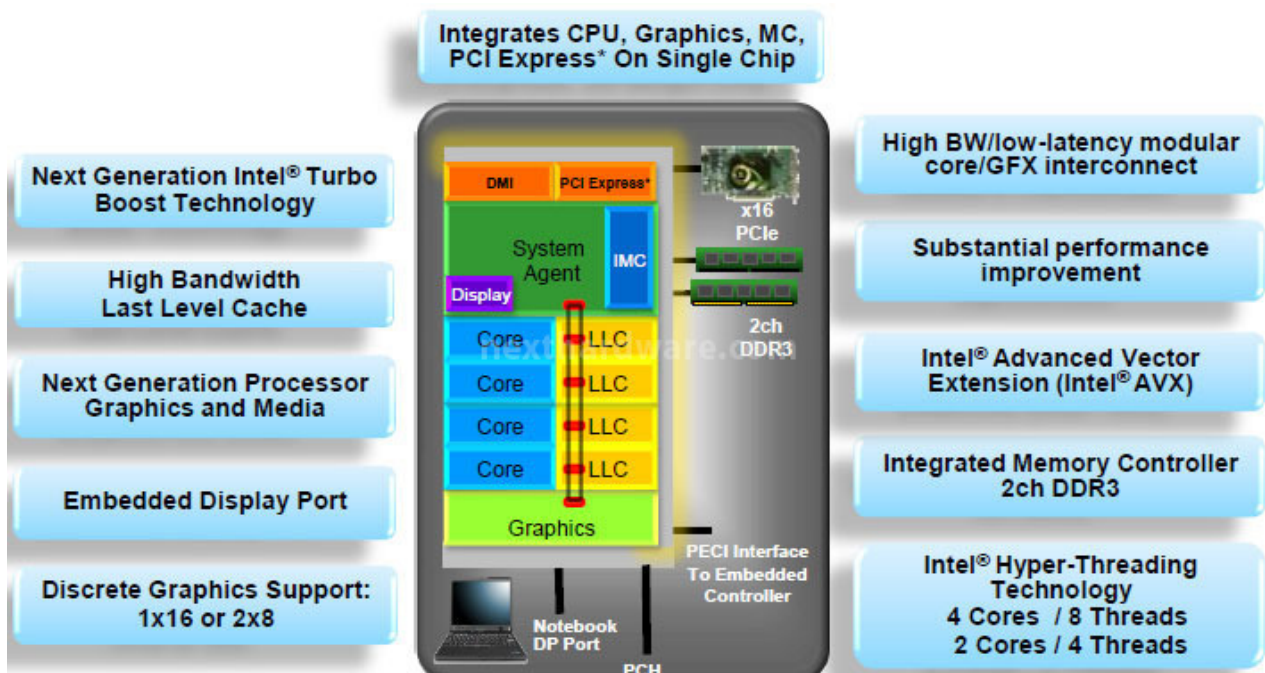
System Agent

↔

Il System Agent ricopre tutte le funzionalità che erano in passato integrate nel north bridge e che nelle CPU Nehalem è identificabile come Uncore. A differenza di quest'ultimo, però, la frequenza operativa non può essere gestita in modo indipendente da quella della CPU.

Il controller di memoria integrato è di tipo DDR3 Dual Channel con supporto ufficiale a moduli con frequenza di 1333 MHz. Per le CPU i7 e i5 è possibile impostare divisori della memoria differenti, alzando la frequenza delle stesse sino a 2133 MHz senza innalzare il BUS.

↔



↔

La CPU mette a disposizione 16 linee PCI-E 2.0 per il collegamento di una GPU discreta, eventualmente allocabili in due canali da 8 linee ciascuna per il supporto di configurazioni AMD CrossFireX o NVIDIA SLI. A causa del ridotto numero di linee PCI-E, molti produttori di schede madri hanno deciso di integrare bridge PCI-E al fine di aumentare il numero massimo di linee utilizzabili dai vari controller integrati (PLX, NVIDIA NF200, etc.).

Attraverso il BUS DMI, il System Agent collega la CPU al PCH (Platform Controller HUB). Questo BUS è caratterizzato da un'ampiezza di banda pari a 20 Gb/s suddiviso in 4 canali da 5 Gb/s ed è il principale collo di bottiglia per la piattaforma Sandy Bridge, basti pensare che ogni porta SATA di ultima generazione può occupare fino a 6 Gb/s di banda e che ogni controller USB 3.0 occupa 5 Gb/s.

↔

Cache L3

↔

La cache di terzo livello è condivisa tra tutti i componenti del processore ed è collegata a questi con un Ring BUS. Non è presente un gestore centralizzato come in Nehalem, migliorando di fatto la scalabilità di questa soluzione al crescere del numero dei core. Ogni componente ha un accesso dedicato sul BUS e può accedere a tutti i dati presenti nella cache L3. La GPU può utilizzare la cache L3 per le sue operazioni, ma il quantitativo massimo allocabile è fissato a priori e varia a seconda del modello di processore; i core, invece, non hanno invece alcun limite di questo tipo. Su alcune schede madri è possibile variare la quantità di cache L3 allocabile per la GPU, ma questa operazione sembra causare instabilità o mancato avvio della macchina.

↔

↔

4. Front End, Physical Register File e Execution Cluster

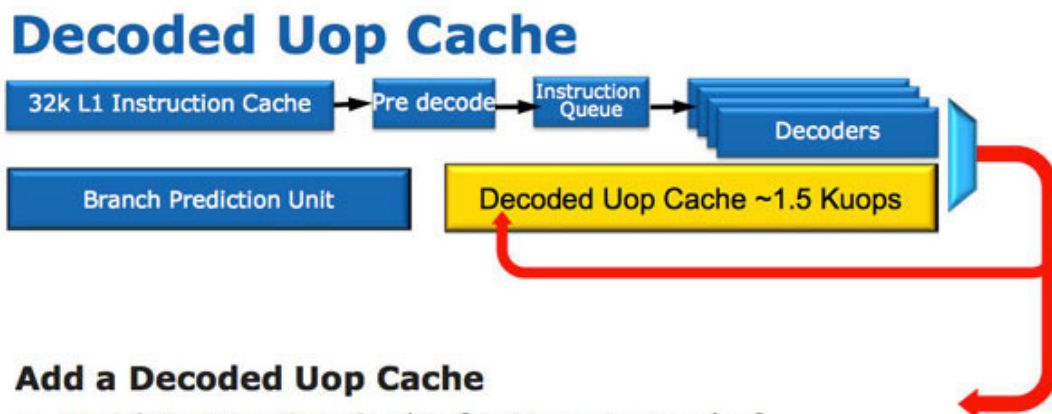
4. Front End, Physical Register File e Execution Cluster

↔

Front End

↔

La gestione del Front End delle CPU Intel ha avuto un notevole miglioramento con l'introduzione del Loop Stream Detector (LSD) nelle CPU Intel Core 2, componente che può rilevare l'esecuzione di un ciclo in un software, disattivare automaticamente la logica dedicata al branch prediction e le unità di fetch e decode, al fine di risparmiare energia. In Sandy Bridge è stata aggiunta una cache dedicata alle micro-op, chiamata Decoded Uop Cache, che si occupa di memorizzare le prossime operazioni da eseguire disattivando tutte le unità non più necessarie. Questa cache può essere considerata di livello 0 e contiene circa 1500 micro-ops, secondo fonte Intel, e dovrebbe coprire l'80% delle operazioni normalmente eseguite dalle applicazioni, migliorando di fatto la latenza e limitando gli accessi agli altri livelli di cache e memoria.



Add a Decoded Uop Cache

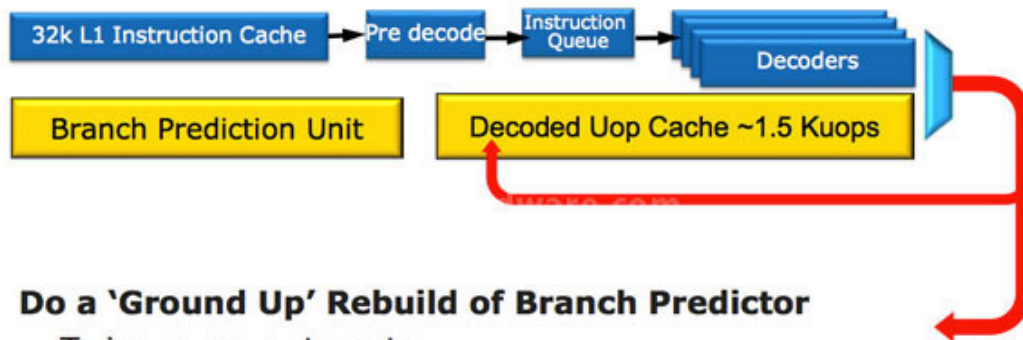
- An L0 Instruction Cache for Uops instead of Instruction Bytes
 - ~80% hit rate for most applications

- Higher Instruction Bandwidth and Lower Latency
 - Decoded Uop Cache can represent 32-byte / cycle
More Cycles sustaining 4 instruction/cycle
 - Able to 'stitch' across taken branches in the control flow

↔

A differenza di quanto implementato nelle CPU Pentium 4, la Decoded Uop Cache non memorizza la "storia" delle istruzioni eseguite, ma le istruzioni vere e proprie, replicando questa informazione, a sua volta, nella cache di livello 1.

Branch Prediction Unit



Do a 'Ground Up' Rebuild of Branch Predictor

- Twice as many targets
- Much more effective storage for history
- Much longer history for data dependent behaviors

↔

Altra importante novità è l'introduzione di una nuova Branch Prediction Unit, che riesce a prevedere in modo più efficiente quale sarà la prossima operazione da eseguire, al fine di migliorare il carico della CPU e limitare gli accessi agli altri componenti, memoria in primis. Sandy Bridge mantiene inoltre una history più lunga delle operazioni eseguite, in modo da eseguire un confronto più accurato con le previsioni fatte.

↔

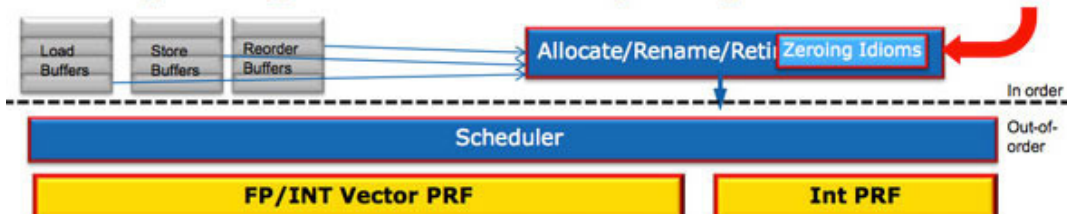
Physical Register File e Execution Cluster

↔

Al pari di AMD, anche Intel ha deciso di utilizzare per le sue nuove CPU un Physical Register File che consente di mappare tutte le operazioni in registri e puntare di volta in volta a questi, senza dover eseguire copie che risultano particolarmente esose in termini energetici e prestazionali.

↔

Sandy Bridge Out-of-Order (OOO) Cluster



- Method: Physical Reg File (PRF) instead of centralized Retirement Register File
 - Single copy of every data
 - No movement after calculation
- Allow significant increase in buffer sizes
 - Dataflow window ~33% larger

PRF is a "Cool" feature better than linear performance/power

re.com	Nehalem	Sandy Bridge
Load Buffers	48	64
Store Buffers	32	36
RS - Scheduler Entries	36	54
PRF Integer	N/A	160

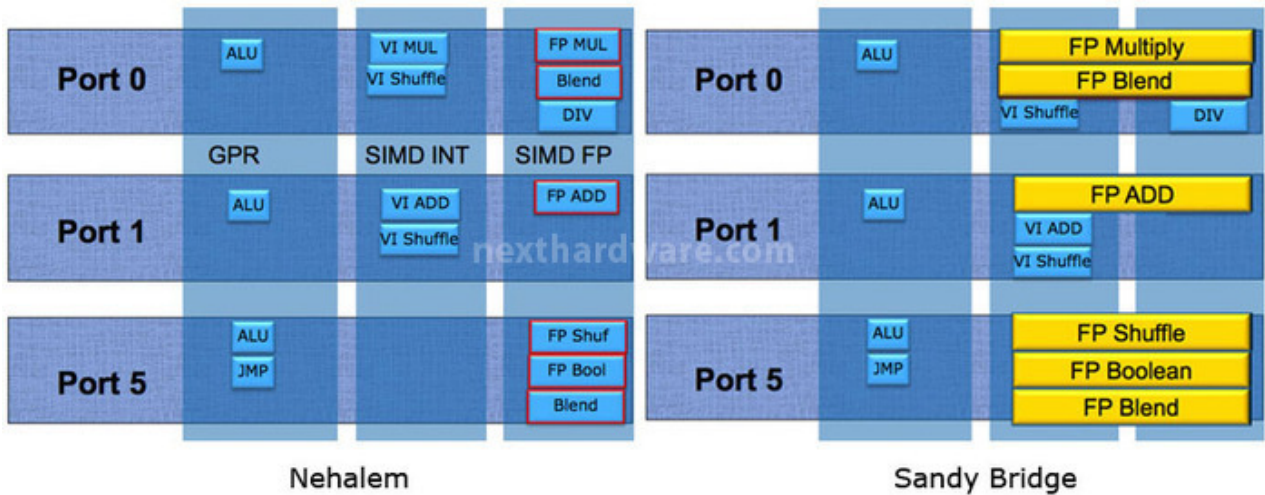
Key enabler for Intel® Advanced Vector Extensions (Intel® AVX)

PRF float-point	N/A	144
ROB Entries	128	168

↔

Questa modifica è stata resa necessaria anche per migliorare la velocità di esecuzione delle istruzioni AVX (Advanced Vector Extensions), che supportano operandi a 256-bit e che avrebbero avuto bisogno di un elevato bandwidth per poter lavorare correttamente.

↔



↔

↔

L'Execution Cluster di Sandy Bridge differisce da quello di Nehalem perché utilizza un numero maggiore di unità condivise e consente l'esecuzione di operazioni a 256-bit, utilizzando due stack a 128 bit, senza la necessità di duplicare parte della circuiteria e raddoppiando di fatto i FLOPs. Diretta conseguenza della modifica degli Execution Cluster, è una massiccia riorganizzazione del Memory Cluster, che deve riuscire a fornire un numero doppio di dati per poter gestire le nuove istruzioni al doppio della velocità di elaborazione.

↔

↔

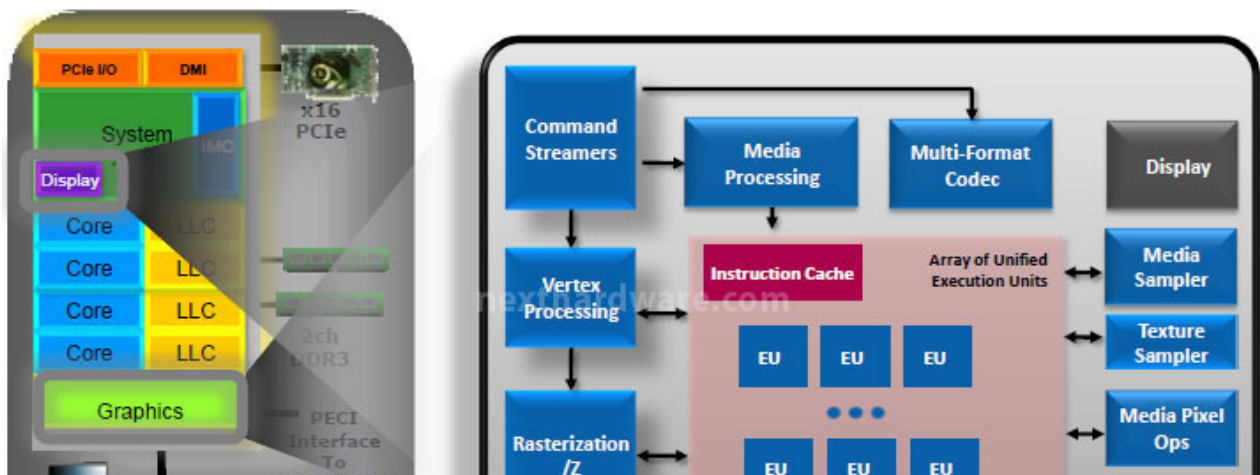
5. GPU integrata

5. GPU integrata

↔

Una delle principali caratteristiche di Sandy Bridge è l'integrazione di una scheda video all'interno del die del processore. A differenza dei precedenti modelli in uso nelle CPU Intel Core i3 e i5 di prima generazione, la nuova GPU condivide non solo il controller della memoria DDR3, ma anche la cache di terzo livello, con le limitazioni di cui abbiamo già discusso.

↔





↔

A differenza di AMD e NVIDIA, la GPU non è costruita attorno ad un elevato numero di unità generiche programmabili, ma a fa largo uso di circuiti fixed function che, seppur riducendo la flessibilità della GPU, consente una più semplice integrazione all'€™ interno della CPU. In ogni caso è presente una matrice di unità programmabili, chiamate EU (Execution Unit), che sono necessarie per poter supportare le API DirectX 10. Il supporto DirectX 11 è stato escluso sia per motivi tecnici che per motivi prestazionali: le API più recenti richiedono, infatti, una notevole potenza di calcolo che la GPU integrata di Intel non può offrire.

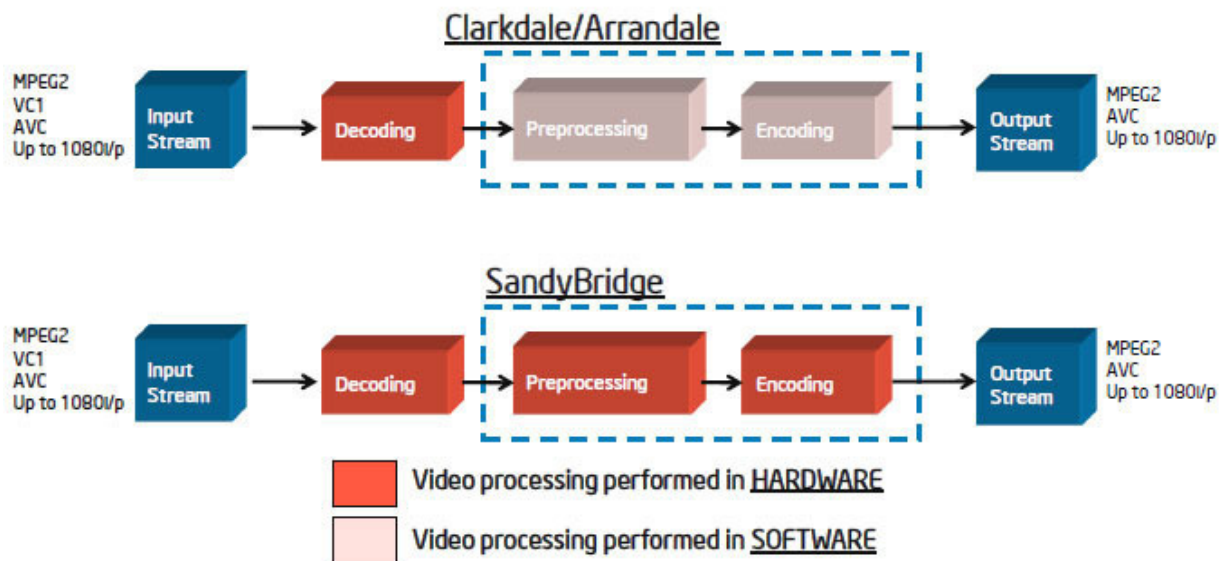
Le CPU Sandy Bridge possono integrare due differenti tipi di GPU:

- HD Graphics 2000 dotata di 6 EU
- HD Graphics 3000 dotata di 12 EU

La prima è quella utilizzata in quasi tutte le CPU Desktop ad eccezione dei modelli K, la seconda è invece standard per tutte le CPU Mobile. Perché integrare una CPU più potente sui notebook rispetto ai Desktop? La scelta è probabilmente dettata dalla maggior flessibilità delle piattaforme desktop che possono includere schede video discrete, anche in un momento successivo all'€™ acquisto, mentre i sistemi mobile sono invece vincolati all'€™ hardware inizialmente previsto, senza possibilità di espansione. Lucid e NVIDIA stanno lavorando alle loro soluzioni discrete per sistemi portatili, al fine di rendere possibile il passaggio dalla grafica integrata a quella discreta senza il riavvio della macchina.

↔

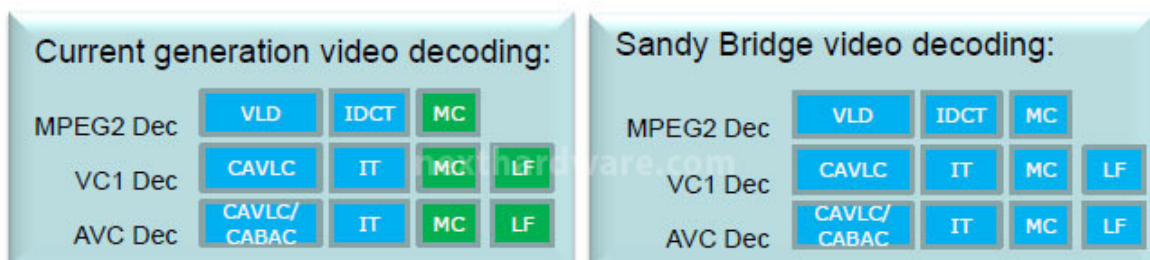
Intel® Quick Sync Video Implementation



↔

Al pari delle soluzioni concorrenti, le GPU HD Graphics integrano tutta la circuiteria necessaria per accelerare la riproduzione video di flussi in SD e HD senza però andare ad utilizzare le EU, approccio utilizzato da NVIDIA e AMD. Questa scelta porta ad una diminuzione dei consumi; infatti, la GPU lavora solo con un sottoinsieme specializzato delle sue unità di elaborazione e riduce il bandwidth necessario per la comunicazione intra GPU/CPU. Per chi desiderasse applicare filtri e controllo del colore, la GPU può anche utilizzare le unità EU, sfruttandone la logica programmabile.

↔



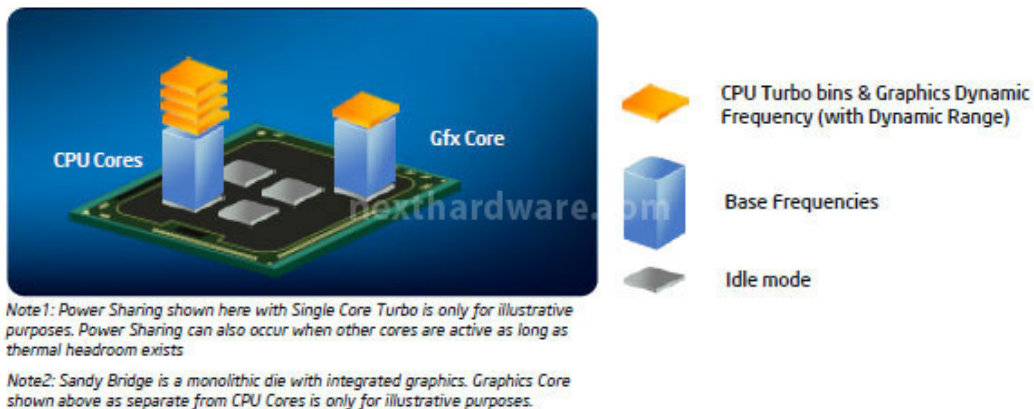
↔

Intel ha rilasciato le Media SDK, una serie di API nate al fine di sfruttare al meglio la GPU di Sandy Bridge, rendendo possibile la creazione di applicazioni che traggono beneficio diretto delle funzionalità avanzate della scheda video integrata.

Le schede video HD Graphics, inoltre, sono compatibili con lo standard Blu-Ray 3D e HDMI 1.4 (High Speed).

Al pari della tecnologia Turbo Boost, anche la GPU offre la regolazione dinamica delle frequenze di funzionamento in base al carico della stessa.

↔



↔

Le performance offerte dalla versione HD Graphics 2000 sono paragonabili a quelle delle GPU integrate nelle CPU Clarkdale; la HD Graphics 3000 offre, invece, un boost prestazionale più consistente. Se dovessimo confrontarle con le GPU di fascia bassa, dovremmo utilizzare, come riferimento, la fascia di mercato della ATI Radeon HD 5450.

↔

↔

6. Conclusioni

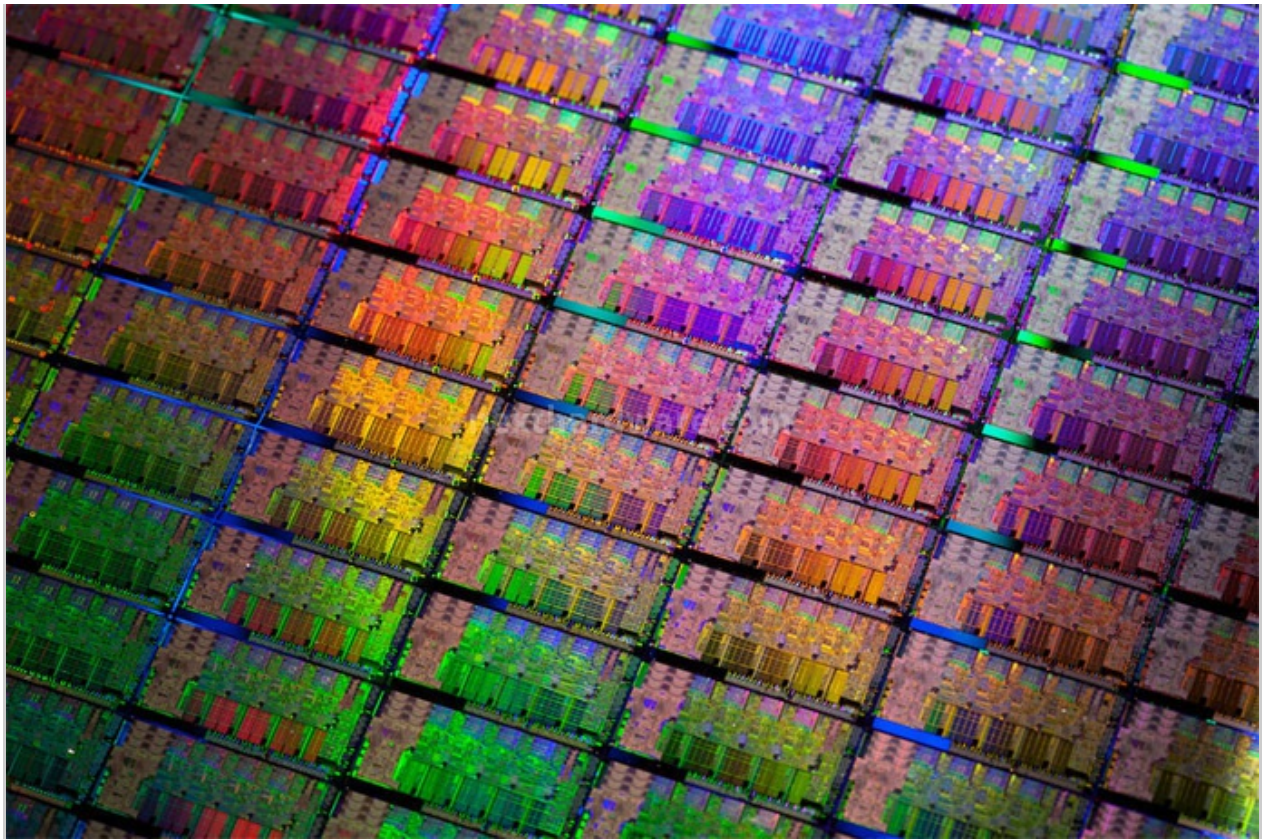
6. Conclusioni

↔

In questo focus sull'architettura Sandy Bridge abbiamo messo in evidenza come Intel abbia lavorato al fine di migliorare le prestazioni e i consumi delle sue CPU integrando, allo stesso tempo, una GPU adatta a molte tipologie di applicazioni.

Sandy Bridge non è nato per sostituire la piattaforma X58, ma va a rimpiazzare tutta la fascia media del mercato; tuttavia, le prestazioni offerte dai processori top di gamma, si rilevano di tutto rilievo, andando ad insidiare e spesso superare i ben più costosi processori Core i7 per socket 1366. Il sostituto dell'X58 arriverà nel corso del 2011 e sarà caratterizzato dalla presenza di un numero maggiore di linee PCI-E 2.0 e di un controller di memoria migliorato.

↔



Wafer di CPU Sandy Bridge pronte al taglio: sono chiaramente visibili i 4 Core, la GPU e la cache L3

Anche se AMD è stata la prima azienda ad ipotizzare un design monolitico che unisce GPU e CPU, Intel è stata la prima a commercializzarlo con un anticipo di alcune settimane rispetto alla diretta concorrente, riaccendendo la sfida su più fronti.

Nel prossimi articoli analizzeremo le prestazioni e le capacità di overclock di Sandy Bridge in abbinamento alle nuove schede madri basate su chipset Intel P67 e Intel H67.

