

Aspetti legati ai costi, alle prestazioni e ai consumi hanno spinto l'industria a puntare maggiormente sull'integrazione. Il problema dell'integrazione tuttavia non è legato tanto al numero di transistor che possono essere contenuti su un singolo chip, che aumenta da una generazione all'altra secondo la legge di Moore, ma nel modo di combinare diverse funzioni nello stesso package senza penalizzazioni. I prodotti elettronici di ultima generazione sono caratterizzati da un grado maggiore di eterogeneità. Que-

time-to-market. Un approccio di tipo System-In-Package (SiP) o System-On-Package (SoP), per contro, consente di usare la tecnologia ottimale per ciascuna funzione e di ottenere progetti flessibili e modulari. La capacità di estendersi in 3

dimensioni in un volume ridotto è utile soprattutto nei telefoni cellulari 3G, nei palmari e nelle macchine fotografiche digitali. Altre applicazioni spaziano in campo consumer, automotive, dello storage, optoelettronico e medicale e includono moduli

consente di realizzare circuiti integrati su substrati sferici tridimensionali anziché su wafer planari. Questo massimizza la superficie disponibile a pari occupazione di spazio su scheda e migliora l'integrazione dei sensori e dei componenti passivi nel package.

I System-in-Package consentono di integrare sistemi sempre più complessi in un package con fattori di forma anche simili a quelli delle soluzioni su chip singolo

System-in-Package: al di là della legge di Moore

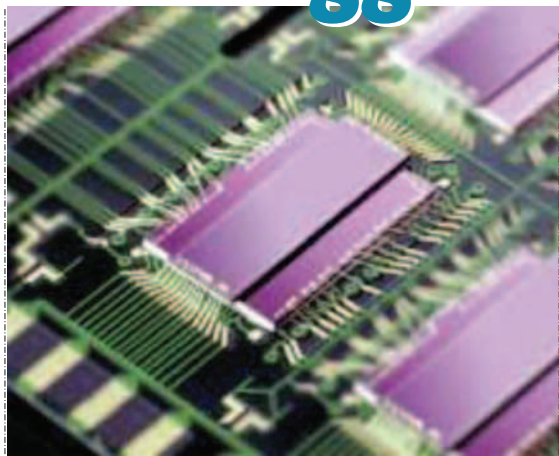


Fig. 1 - Il mercato delle soluzioni SiP per applicazione (fonte: NEMI)

Bluetooth e WLAN, alimentatori, unità grafiche e per la commutazione dei pacchetti nelle reti. La tecnologia SiP ha modificato la funzione del package da semplice supporto meccanico e strutturale a un elemento chiave per il funzionamento del sistema e per l'ottimizzazione delle sue prestazioni. La prossima frontiera è costituita dalla realizzazione di package SiP in forme non standard. Ne costituisce un esempio la tecnologia Ball brevettata da una società Texana, Ball Semiconductor, che

SOC E SiP A CONFRONTO

La tecnologia SiP combina più circuiti integrati, componenti discreti e passivi in un sistema funzionale completo su un singolo package che può essere manipolato come un componente standard durante l'assemblaggio su scheda.

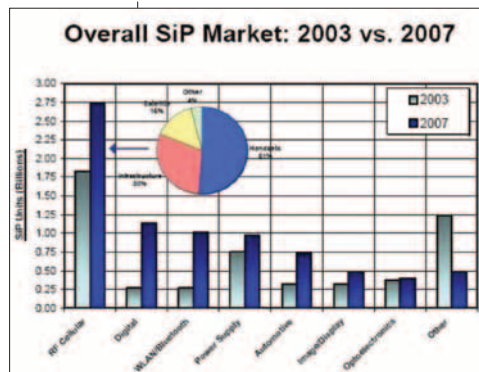
Attualmente esistono 4 tipi di SiP in commercio in volumi: i moduli multichip MCM (Multi-chip-Module), i die sovrapposti (stacked-die), i package-on-package (PoP) e i package 3D. I moduli multichip (MCM) usano più die e componenti passivi affiancati e sono principalmente usati per le applicazioni di alta fascia. I package a die sovrapposti (stacked-die) includono più dispositivi sovrapposti in senso verticale in un package standard. Sono ideali per le memorie e sono talvolta usati anche per integrare chip logici. I SiP "stacked package-on-package" (PoP) sovrappongono più dispositivi già pre-assemblati in package. Sono spesso usati per le DRAM ad alta densità.

I package 3D infine sono costituiti da una combinazione di

dispositivi standard pre-assemblati e impilati in senso verticale. La maggior parte dei SiP in commercio integrano da 2 a 4 die. Le più recenti tecniche di assottigliamento dei die e di stacking 3D consentono di ottenere package multichip con lo stesso fattore di forma di un dispositivo su chip singolo.

dimensioni fornisce ai progettisti più gradi di libertà. L'approccio SiP consente di estendere la legge di Moore al di là della semplice integrazione monolitica su silicio, per includere, in ultima analisi, tutte le funzioni di un sistema in un unico package.

La tecnologia SiP ha già riscosso un notevole successo nei componenti di memoria per i terminali mobili. La capacità di assemblare memorie di grandi



La tecnologia SiP consente di integrare circuiti fabbricati in processi ottimizzati (ad esempio al SiGe, GaAs o al silicio), componenti passivi di alta qualità, display, tastierini e connettori direttamente sul package, riducendo così il numero di componenti e l'occupazione di area su scheda. Migliorano anche i tempi di trasmissione dei segnali e la dissipazione di potenza dato che i carichi capacitivi fra i singoli circuiti integrati sono minimizzati. Un altro vantaggio dei SiP si ha nei prodotti a segnale misto come i telefoni cellulari, i quali richiedono che componenti digitali, analogici ed RF coesistano senza impattare sull'affidabilità. L'approccio SiP separa fisicamente la sezione RF dagli altri circuiti, riducendo così gli effetti delle interferenze elettromagnetiche (EMI). Questo inoltre semplifica la progettazione a livello di sistema, l'assemblaggio e i requisiti per il test. L'approccio SiP consente di usare componenti standard già ampiamente collaudati, il che assicura tra l'altro la continuità nell'approvvigionamento e la riduzione dei costi. Le tecnologie SoC e SiP sono complementari. I SiP sono caratterizzati da costi per NRE trascurabili rispetto a quelli dei SoC. Il ciclo di sviluppo di un progetto SoC può estendersi da 6 a 18 mesi, mentre per mettere a punto una soluzione SiP bastano da 1 a 2 mesi. Dato che nei SoC il prezzo e i volumi sono inversamente proporzionali, la tecnologia SoC è preferita nei progetti standard in grossi volumi, come le console per videogame. La tecnologia SiP è più adatta per progetti a basso costo e caratterizzati da rese elevate o da un alto grado di differenziazione, oppure da un ciclo di vita relativamente breve: basta pensare ai telefoni cellulari, ai lettori MP3, alle videocamere e alle fotocamere digitali. In altri casi i SiP



Fig. 2 - Fra le principali applicazioni della tecnologia SiP figurano i cellulari e i moduli Bluetooth e WLAN (fonte: Freescale)

possono essere usati per le prime versioni di un progetto, per poi passare a una realizzazione SoC una volta raggiunto un grado sufficiente di maturità. È possibile ricorrere alla tecnologia SiP per integrare un SoC con componenti passivi quali antenne, filtri, sensori e attuatori nello stesso package. La tecnologia SiP presenta ancora dei limiti relativi alle prestazioni e alla dissipazione di potenza. Inoltre le rese sono determinate dal prodotto delle rese dei singoli die integrati nel package SiP. Il principale ostacolo alla diffusione della tecnologia SiP era dettato in passato dalla mancanza di tool di progettazione integrati che consentissero di analizzare il chip e il package nel loro insieme. Il comitato internazionale Jisso (il nome significa in giapponese "soluzione totale"), ha proposto un approccio ad alto livello standardizzato, che tiene conto delle interconnessioni, dell'assemblaggio, del packaging, del montaggio e della progettazione a livello di sistema. Fra i membri del comitato figurano Am-

Fig. 4 - La nuova tecnologia System-in-package 3D sviluppata da Sharp

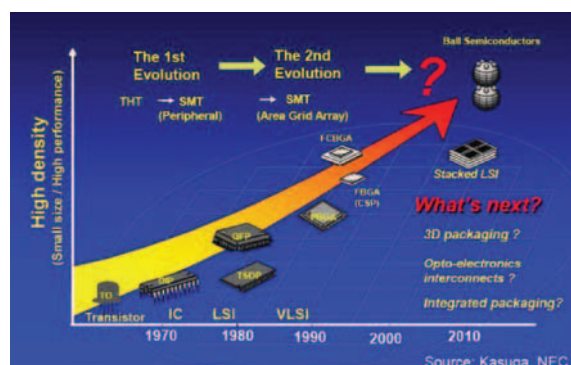
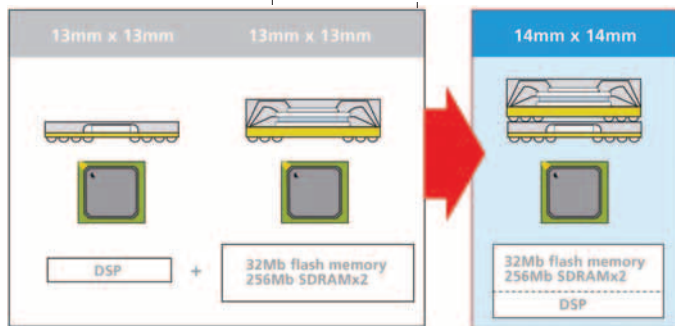


Fig. 3 - In futuro le soluzioni SiP integreranno tutte le funzioni di un sistema in un unico package (fonte: NEC)

kor, Celestica, Flextronics, Freescale, Fujitsu, IBM, Infineon, NEC, Philips Semiconductor, Sony e STMicroelectronics.

ALCUNE APPLICAZIONI DELLA TECNOLOGIA SiP

Gli analisti sono concordi nell'attribuire alla tecnologia SiP un enorme potenziale di mercato. La sua diffusione è stata eccezionalmente rapida se si considera che nel 2000 era a malapena menzionata nella roadmap NEMI (National Electronics Manufacturing Initiative). Semico Research prevede che i ricavi per le aziende che producono package SiP passeranno da 82 milioni di dollari nel 2002 a 747,9 milioni di dollari nel 2007, a fronte di un CAGR (Compound Annual Growth Rate) del 55,6 %. La tecnologia SiP è diventata così importante in Giappone che diverse università e aziende, fra cui Renesas e Hitachi, hanno deciso di costituire nel 2003 consorzio dedicato allo sviluppo di soluzioni SiP di prossima generazione. Le applicazioni della tecnologia SiP sul mercato sono numerose.

Intel mette a disposizione soluzioni system-in-package che integrano dispositivi di memoria con chip logici, come i processori della famiglia PXA. Samsung ha sviluppato una soluzione SiP che contiene una CPU da 300 MHz per apparecchi mobili, 1 Gb di memoria flash NAND e 256 Mb di DRAM. Freescale Semiconductor fa uso della tecnologia SiP per sviluppare dispositivi per cellulari 3G delle dimensioni di un francobollo (appena 18 - 20 mm). A Giugno ha annunciato una soluzione SiP per applicazioni ZigBee, che sarà disponibile nel terzo trimestre di quest'anno. In occasione del 3GSM World Congress di Cannes di quest'anno, Philips ha annunciato che nel quarto trimestre 2005 commercializzerà un SiP con un ricevitore digitale TV completo per telefoni cellulari basato sullo standard DVB-H. STMicroelectronics ha realizzato un package SiP di tipo BGA alto appena 1,6 mm e in grado di contenere fino a 8 chip di memoria sovrapposti spessi appena 40µm. Sharp ha annunciato una nuova tecnologia SiP 3D che offre una superficie notevolmente ridotta rispetto alle soluzioni convenzionali. I primi dispositivi in tecnologia SiP 3D, di Sharp, siglati LR38683 e LR38682, sono prodotti in volume da Luglio di quest'anno e verranno inizialmente utilizzati sulle fotocamere digitali. La tecnologia SiP 3D è ideale anche per gli apparecchi mobili, come i telefonini e i palmari.