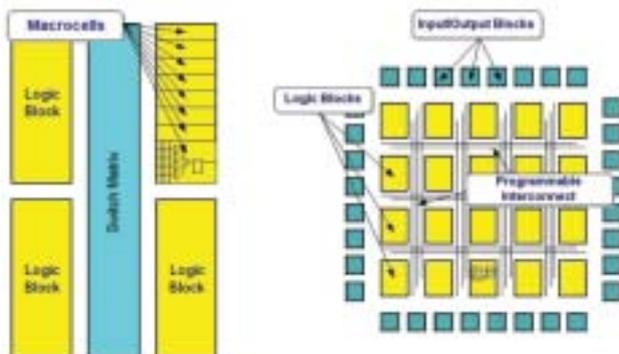


# Le logiche programmabili nel mondo Embedded

Con la crisi economica che da qualche anno ha investito diversi settori dell'industria, e in modo particolare il settore delle telecomunicazioni, è divenuto di vitale importanza per i costruttori di logiche programmabili ampliare gli orizzonti di mercato diversificando i potenziali scenari di interesse: questi nuovi orizzonti sono rappresentati dal mercato dei prodotti automotive e consumer

**Catello De Rosa**

**L**e Logiche Programmabili sono il prodotto più innovativo degli ultimi anni nel panorama dei componenti elettronici. Con consenso rapidamente crescente in diversi settori di mercato stanno divenendo la soluzione privilegiata di quasi tutti i costruttori di sistemi elettronici. Una logica programmabile è un circuito integrato in grado di esplicitare una funzionalità programmabile da utente, ottenibile mediante un insieme di strumenti software che supportano tutti i passi necessari del flusso di progettazione (scrittura del codice, sintesi, implementazione fisica). Il risultato di questo flusso, definito file di programmazione o di configurazione, è un file binario che contiene l'immagine virtuale della logica di utente. Questa, una volta caricata nel componente selezionato mediante un'operazione di download, fornirà un'immagine reale del progetto. Queste caratteristiche



**Architettura a Macrocelle, tipica di una PLD (a sinistra) architettura a Celle Logiche, tipica di un FPGA (a destra)**

rendono questo tipo di circuito integrato particolarmente utile in applicazioni dove è fondamentale il time-to-market, ovvero il tempo che intercorre dall'analisi dei requisiti alla realizzazione e vendita del prodotto finale, e il time-in-market, ovvero la capacità di modificare le funzionalità supportate una volta che il prodotto è in possesso del cliente. Il principale termine di confronto di questi dispositivi è la tecnologia ASIC, acronimo di Application Specific Integrated Circuit. Con tale tecnologia si realizzano circuiti integrati di tipo semi-custom che non sono riconfigurabili, richiedono costi iniziali non trascurabili e un minimo di quantità ordinabile.

Il flusso di progetto non è semplice e agile come avviene nel caso delle Logiche Programmabili e le modifiche, per cambi di specifica o per risolvere dei bug scoperti in fase di verifica, non sono immediate, impattando negativamente sulle pianificazioni. Si noti che in mercati particolarmente dinamici, come ad esempio il consumer, il tempo di sviluppo di un ASIC supera il tempo di vita del prodotto, fenomeno che sollecita qualche riflessione.

## **Architettura e tecnologia realizzativa**

Da un punto di vista architettonico è possibile dividere le Logiche Programmabili in tre categorie: PLD (Programmable Logic Device), FPGA (Field Programmable Gate Array) e SoPC (System on Programmable Chip). Le PLD sono costituite da blocchi logici circondati da una struttura predefinita di canali di interconnessione a ritardo controllato. Tali blocchi, denominati Macrocelle, realizzano somme di prodotti e sono particolarmente indicati per integrazione di logica sparsa o per la creazione di contatori, macchine a stati, controllori di periferiche, porte espansive di un sistema a microprocessore. Le Macrocelle sono formate da reti logiche di tipo AND-OR che alimentano un Flip-Flop che, se non necessario, può essere escluso. Gli FPGA sono formati da blocchi logici circondati da una complessa struttura di canali di interconnessione (altrimenti detta routing) segmentati o meno. I blocchi logici, denominati in questo caso Celle Logiche, sono costituiti da una tabella, detta anche LUT (acronimo di Look-Up Table) e da un Flip-Flop. La LUT realizza una funzione logica con metodologia diversa da quella della somma di prodotti. Si comporta come una memoria in cui viene memorizzato il risultato di una funzione logica di tipo complesso (un insieme di AND, OR, NOT) sugli ingressi che agiscono come indirizzi. Tipicamente il numero di ingressi di una LUT è quattro. Tale numero è ritenuto un buon compromesso tra esigenze di routing, area e velocità, ed è stato verificato che per la maggior parte dei progetti è una dimensione ottimale. In

alcuni casi la LUT può essere usata in alternativa come memoria 16x1 o come registro a scorrimento a 16 stadi, in altri agisce solo come funzione logica.

Nei dispositivi di ultima generazione sono disponibili, oltre alle celle logiche, memorie a blocchi, PLL, moltiplicatori e sommatore hardware. Tali caratteristiche rendono vasto il campo di applicazione degli FPGA: si va dalla realizzazione di periferiche a sistemi di calcolo riconfigurabile. I System on Programmable Chip sono degli FPGA che hanno uno o più microprocessori embedded e una serie di interfacce seriali ad alta velocità (al momento supportano 3,125 Gbit/s ma sono ormai annunciate velocità di 10 Gbit/s). Sono in grado di realizzare dei veri e propri sistemi integrati. Le tecnologie costruttive delle PLD sono principalmente di tipo EEPROM. In misura minore esistono soluzioni di tipo Flash o static-RAM. Le tecnologie costruttive degli FPGA sono prevalentemente static-RAM. Esistono soluzioni in tecnologia Flash e antifuse. I SoPC sono static-RAM. L'uso di una tecnologia in alternativa a un'altra implica la programmazione del dispositivo all'accensione con l'ausilio di un microprocessore o una memoria dedicata (tecnologia static-RAM), oppure la possibilità di avere dispositivi già funzionanti all'accensione (instant-on live), in quanto la programmazione è compiuta in fabbrica o all'occorrenza con un microprocessore embedded o un cavo di download.

### Verso i mercati automotive e consumer

Le Logiche Programmabili si sono affermate principalmente come prodotto destinato al mercato delle telecomunicazioni e nell'ambito della ricerca scientifica. Con la crisi economica che da qualche anno ha investito diversi settori dell'industria, e in modo particolare il settore delle telecomunicazioni, è divenuto di vitale importanza per i costruttori di questi dispositivi ampliare gli orizzonti di mercato diversificando i potenziali scenari di interesse. Questi nuovi orizzonti sono rappresentati dal mercato dei prodotti automotive e consumer. La migrazione verso questi nuovi mercati è stata perseguita mediante due driver tecnologici ben precisi: introduzione di componenti con range di funzionamento automotive, o esteso, e riduzione del costo, per prodotti destinati ai grossi volumi, con l'introduzione di dispositivi con tecnologia di canale più stretta e con subset funzionale di precedenti famiglie. Per queste applicazioni, attualmente le PLD si quotano in centesimi, gli FPGA in pochi euro.

### Soluzioni commerciali

Le principali compagnie che forniscono dispositivi programmabili sono: Actel, Altera, Atmel, Cypress, Lattice, QuickLogic, Triscend e Xilinx. Molte di queste hanno un portafoglio di soluzioni completo, altre sono specializzate per particolari applicazioni. Analizzando i fatturati si nota che le principali sono Xilinx e Altera seguite da Lattice e Actel e via via tutte le altre.

Per adeguare i portafogli prodotti ai nuovi mercati sono nate delle varianti dei dispositivi di punta mirate ai bassi costi e bassi consumi, pur fornendo una tecnologia che si colloca allo stato dell'arte. Inoltre ai tre range di funzionamento previsti (commerciale, industriale e militare) è stato aggiunto il range automotive, o esteso, che si colloca

tra quello militare e quello industriale. Nel campo PLD Lattice presenta soluzioni economiche a basso consumo della famiglia 4000, Cypress la Quantum-38K, rivisitazione economica della famiglia Delta-39K. Xilinx la CoolRunner-II, una famiglia nata per ridurre al minimo i consumi. Altera, che attualmente dispone della famiglia MAX7000, pianifica l'introduzione della famiglia MAX-2 che avrà più macrocelle e sarà più economica.

Nel campo FPGA static-RAM Altera ha presentato la nuova famiglia Cyclone che ha subito riscosso un immediato successo nel settore consumer (è risultato il prodotto della storia di questa compagnia che ha avuto la più veloce fase di product ramp); Xilinx ha introdotto la Spartan-3, derivata da Virtex-II, primo dispositivo riprogrammabile in tecnologia di canale da 90 nm e, per essere caratterizzato dai costi contenuti, dotato di potenze di calcolo ragguardevoli. Per quanto riguarda FPGA di tipo antifuse, QuickLogic ha presentato Eclipse-II, rivisitazione della famiglia Eclipse.

### Applicazioni radiation tolerant

Le famiglie antifuse, i cui brevetti sono principalmente detenuti da Actel e QuickLogic, sono particolarmente utilizzate in condizioni ambientali difficili come quelle spaziali, dove la resistenza alle radiazioni deve essere elevata garantendo il corretto funzionamento della logica progettata. Tali condizioni si ritrovano anche nei sistemi civili e militari destinati al volo e per apparati che devono funzionare in prossimità di centrali nucleari o acceleratori lineari (presenti nei centri di ricerca o nei reparti ospedalieri di radioterapia). Anche se Actel e QuickLogic sono protagoniste in questo settore, Xilinx presenta FPGA static-RAM che sono rad-hard.

### Embedded Computing

Esistono molte applicazioni che si avvalgono di sistemi a microprocessore. La possibilità di integrare tali dispositivi in una logica programmabile è attraente e da poco tempo possibile. Si possono perseguire due direzioni: l'uso di componenti che presentano microprocessori integrati nel silicio oppure l'uso di una o più macro, interpretabili come Intellectual Property, istanziabili nel codice sorgente. La prima soluzione consente prestazioni superiori ma anche costi superiori, la seconda è più flessibile e consente di modulare l'uso delle periferiche e del numero dei possibili microprocessori da integrare nella Logica Programmabile.

Nel primo caso i dispositivi sono di taglio elevato e quindi dai costi non contenuti, nel secondo, la flessibilità che discende dall'uso di una macro, permette l'integrazione in componenti di tipo economico. Le principali soluzioni software sono il NIOS per i dispositivi Altera e il MicroBlaze per quelli Xilinx. L'inserimento di tali macro può avvenire sia nelle famiglie high-end come Stratix e Virtex-II, sia in quelle dai costi ridotti, come Cyclone e Spartan (Spartan-II e Spartan-III).

Le CPU embedded in Logica Programmabile al momento sono classificabili in sei categorie: ARM (ARM922T per Altera, ARM7TDMI per Triscend), PowerPC 405D (Xilinx), MIPS (QuickLogic), 8051 (Triscend, Sidsa, Cygnal), AVR RISC (Atmel), M8C (Cypress Microsystems).