

Architetture e reti logiche

Esercitazioni VHDL

a.a. 2006/07

Progettazione di circuiti integrati

Stefano Ferrari



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE

Introduzione

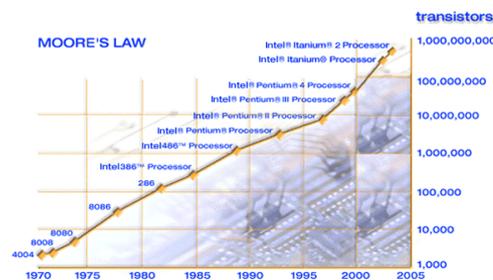
- La tecnologia microelettronica, basata sull'utilizzo dei semiconduttori, ha subito un'enorme evoluzione negli ultimi decenni.
- I circuiti VLSI (Very Large Scale Integration) realizzati con tecnologia CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) costituiscono la tecnologia strategica per lo sviluppo dei sistemi digitali.
- Il continuo incremento del livello di integrazione dei dispositivi microelettronici ha permesso la realizzazione di sistemi di complessità crescente.

Processori Intel

<i>chip</i>	<i>anno</i>	<i>transistor</i>
8008	1972	2.500
8080	1975	5.000
8086	1978	29.000
286	1982	120.000
386	1985	275.000
486	1989	1.180.000
Pentium	1993	3.100.000
Pentium II	1997	7.500.000
Pentium III	1999	24.000.000
Pentium 4	2000	42.000.000
Itanium	2002	220.000.000
Itanium 2	2003	410.000.000
Itanium 2 (9 MB cache)	2004	592.000.000

Legge di Moore

- Osservazione di Moore (1965): "ogni anno raddoppia la capacità elaborativa".
- Previsione poi ritoccata in "ogni 18 mesi" e poi in "ogni due anni".
- Parafrasata dal marketing Intel in "raddoppia la velocità di elaborazione".



Copyright ©2005 Intel Corporation.

Esigenze del mercato

Il mercato dei circuiti integrati impone di:

- utilizzare le più avanzate tecnologie sub-micrometriche per mantenere elevate prestazioni;
- ridurre costi di progetto e di fabbricazione per mantenersi competitivi sul mercato;
- accorciare i tempi di progetto per rispettare il *time-to-market* del prodotto.

Fasi di sviluppo di un circuito VLSI

- Progettazione:
 - modellazione;
 - sintesi e ottimizzazione;
 - validazione;
- Fabbricazione:
 - fabbricazione delle maschere e dei wafer;
 - fotolitografia;
 - slicing del wafer;
- Testing;
- Packaging.

Costi di produzione

Si verifica un incremento esponenziale dei costi dei macchinari litografici:

- ricerca (innovazione);
- progettazione (più vie battute in parallelo);
- produzione (diminuire gli scarti);
- vendita (time-to-market fattore critico).

Il costo per transistor diventa trascurabile:

- costa di più il package...

Effetti dell'integrazione

L'elevato livello di integrazione implica:

- aumento delle prestazioni;
- riduzione dei costi;
- aumento dell'affidabilità.

Tipi di circuiti integrati

I volumi di vendita devono essere tali da recuperare i costi di progetto e di fabbricazione.

Vi sono differenti tipi di circuiti, per le diverse esigenze:

- processori *general purpose*;
- circuiti integrati dedicati o ASIC (Application Specific Integrated Circuit);
- DSP (Digital Signal Processor);
- circuiti integrati programmabili:
 - FPGA (Field Programmable Gate Array).

Impiego di circuiti integrati

I principali settori di mercato sono:

- sistemi di elaborazione;
- telecomunicazioni;
- elettronica di consumo;
- *automotive*;
- automazione.

Principali requisiti del mercato

- elevato livello di integrazione;
- elevata complessità progettuale;
- elevate prestazioni;
- bassa dissipazione di potenza;
- elevata affidabilità;
- time-to-market;
- costi e volumi di produzione.

La metodologia e gli strumenti di sviluppo sono elementi critici.

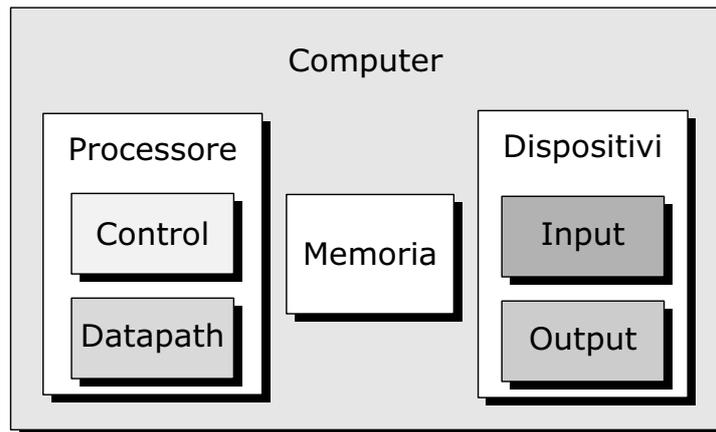
Livelli di astrazione

Un sistema può essere descritto a diversi livelli di dettaglio:

- livello di sistema;
- livello comportamentale o *behavioral*;
- livello architetturale o RT (*Register Transfer*);
- livello logico;
- livello circuitale o *transistor*;
- livello geometrico o *layout*.

Livello di sistema

Esempio: sistema di elaborazione composto da processore, memoria e dispositivi di ingresso/uscita.



Livello comportamentale

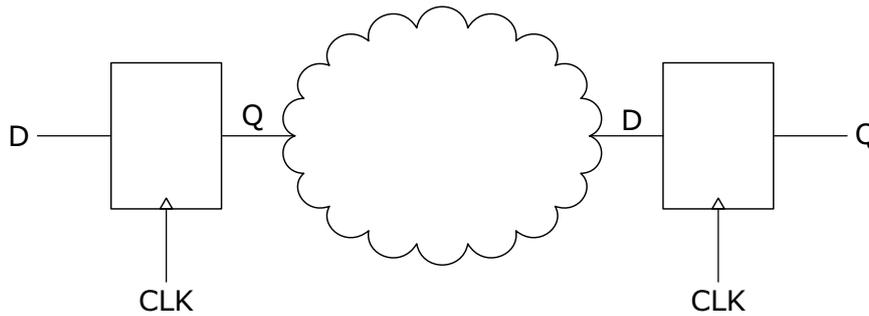
La descrizione comportamentale consiste in una rappresentazione algoritmica della funzionalità di un modulo o componente del sistema.

Per esempio, può essere:

- descrizione algoritmica (e.g., *Hardware Description Language*);
- tabella di verità.

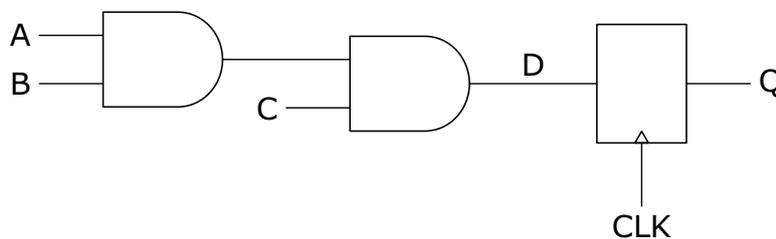
Livello architetturale

La descrizione architetturale (o RTL) si riferisce al livello di trasferimento dei segnali tra registri.



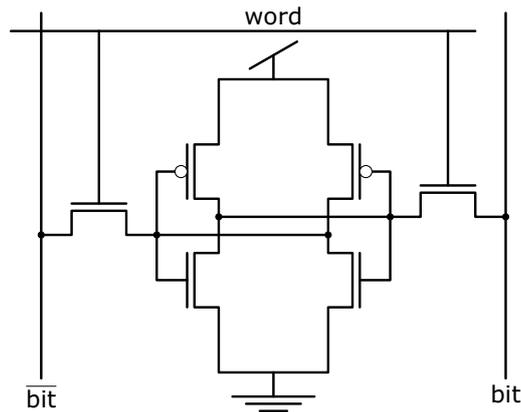
Livello logico

La descrizione a livello logico si effettua al livello di componenti (ad esempio porte logiche elementari e registri) e alla loro interconnessione.



Livello circuitale

La descrizione a livello circuitale si effettua a livello di transistor e loro interconnessioni.

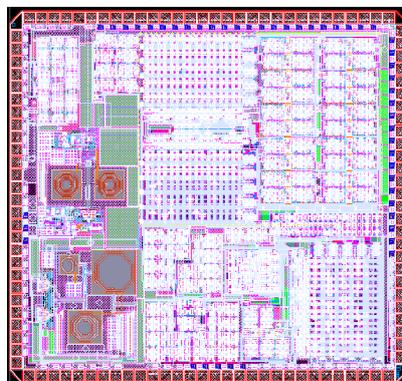


Stefano Ferrari ★ Università degli Studi di Milano

Architetture e reti logiche – VHDL ◊ Progettazione di circuiti integrati ◊ a.a. 2006/07 - p. 17/23

Livello di layout

La descrizione a livello di layout rappresenta le geometrie delle maschere tecnologiche relative a transistor, condensatori, resistenze e alle loro interconnessioni.



Stefano Ferrari ★ Università degli Studi di Milano

Architetture e reti logiche – VHDL ◊ Progettazione di circuiti integrati ◊ a.a. 2006/07 - p. 18/23

Fasi della progettazione

La progettazione si articola nelle seguenti fasi:

- modellazione:
 - *Hardware Description Language* (HDL);
 - diagramma di flusso;
 - schematico o schema logico;
 - grafo di transizione degli stati;
- sintesi e ottimizzazione:
 - raffinamento del modello;
- validazione:
 - verifica di correttezza e completezza del modello originale;
 - verifica della consistenza dei modelli sviluppati durante le successive fasi di progetto.

Criteri di ottimizzazione

Le specifiche del progetto definiscono:

- prestazioni:
 - ciclo di clock;
 - ritardo o latenza;
 - *throughput* (per applicazioni pipeline);
- vincoli:
 - area;
 - consumo di potenza;
 - testabilità;
 - affidabilità.

Esempio: minimizzare l'area, con vincoli sul ritardo.

Metodologia di progetto top-down

La progettazione di un sistema complesso può essere realizzata top-down:

- attraverso un metodo di progetto incrementale applicato ai diversi livelli di astrazione;
- iterando fasi di simulazione e sintesi a partire da una descrizione comportamentale del sistema:
 - validazione della correttezza e completezza del modello iniziale ad alto livello (tramite simulazione);
 - raffinamento del modello (aggiunta di dettagli);
 - validazione della consistenza dei modelli sviluppati durante le successive fasi di progetto.

Vantaggi top-down

La progettazione top-down presenta i seguenti vantaggi:

- possibilità di gestire progetti più complessi;
- riduzione dei tempi di progettazione;
- riduzione degli errori (correttezza per costruzione);
- possibilità di analisi trade-off costi/prestazioni;
- possibilità di documentare il processo.

Linguaggi per progettare HW

I linguaggi specificamente studiati per descrivere le funzionalità dell'hardware vengono chiamati Hardware Description Languages (HDL).

I più diffusi:

- Verilog;
- VHDL (VHSIC Hardware Description Language):
 - VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit).