

*Negli articoli che si sono succeduti su queste pagine abbiamo affrontato molti problemi riguardanti i circuiti logici esaminando le varie casistiche da un punto di vista più o meno pratico.*

*Pensiamo a questo punto che sia abbastanza naturale una panoramica che ci permetta di osservare più da vicino alcune caratteristiche e parametri fondamentali legati alle logiche con cui si possa delineare un profilo più reale di un circuito integrato e delle difficoltà da superare in fase di progettazione. Naturalmente non ci addentreremo in pesanti discussioni tecniche, ma cercheremo, dove potrebbero sorgere difficoltà di comprensione, di suggerire delle intuizioni che chiariscano le nozioni esposte.*

## Circuiti integrati

Molto probabilmente avrete avuto modo di osservare uno schema elettrico o, più semplicemente una scheda con i componenti assemblati sopra di essa. Ciò che si mostra ai vostri occhi è un sistema elettronico completo formato da tanti piccoli oggetti ciascuno dotato di una propria funzione.

Immaginate ora di vedere il tutto ridursi ad una piastrina di poco meno di due millimetri di lato — e dello spessore di circa due

decimi della stessa unità — la quale venga poi racchiusa in un contenitore plastico o metallico per proteggerla dagli agenti esterni e dal quale fuoriescano le terminazioni d'ingresso, d'uscita e di alimentazione: avrete così ottenuto un circuito elettrico che svolge le stesse funzioni, ma che occupa uno spazio ridotto.

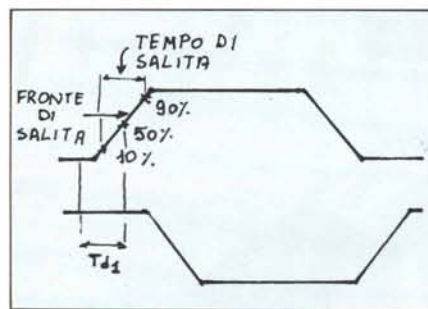
In pratica, un circuito integrato è proprio un microcircuito elettronico con una propria realtà ed autonomia, un microsistema che prende forma a partire da una "scheggia" (chip) di materiale semiconduttore su cui, con particolari processi, vengono ricavate delle zone che svolgono la stessa funzione dei componenti discreti quali transistori, resistenze e capacità — che po-

## Generalità dei circuiti logici

tremmo trovare su di un circuito non miniaturizzato — i quali vengono poi collegati tra di loro mediante percorsi che hanno la stessa funzione delle piste che osserviamo su un circuito stampato. Una delle forme di contenitore più usate è la "dual in line" che vede i piedini di connessione schierati, ed ugualmente divisi, sui due lati di un contenitore a forma di parallelepipedo. Il numero totale di terminali può variare da 6 a 14 per gli integrati meno complessi fino a 40 per quelli più complessi (ad esempio i microprocessori).

## Integrazione

Il numero di componenti che possono essere integrati su di un singolo chip variano a seconda della complessità del circuito che si considera ed i progressi fatti in tal senso negli ultimi trent'anni o poco meno sono davvero sorprendenti. Il termine "complessità" è quindi legato intimamente al numero di circuiti elementari — contenuti in un chip di silicio — di tipo variabile a seconda delle funzioni svolte. Se trattiamo circuiti contenenti porte logiche, parleremo del numero di gate in esso contenuti; se ci riferiamo alle memorie, un elemento che ne stabilisce abbastanza bene la complessità è il numero di bit memorizzabili:



Impulso in ingresso ed in uscita da una porta invertente.



per i circuiti cosiddetti lineari ci riferiremo invece al numero di stadi amplificatori in esso contenuti e così via.

Lo sviluppo tecnologico e l'esigenza di ridurre drasticamente i costi di produzione hanno fatto sì che questa complessità aumentasse progressivamente fino a raggiungere livelli che prima abbiamo definiti sorprendenti. È nata allora la necessità di una classificazione dei circuiti integrati secondo un ordine che dipende appunto dalla loro complessità. Pertanto sono nati termini come "circuiti SSI, MSI, LSI e VLSI" che, secondo l'ordine con cui li abbiamo riportati, rispecchiano la cronologia di quegli sviluppi cui accennavamo.

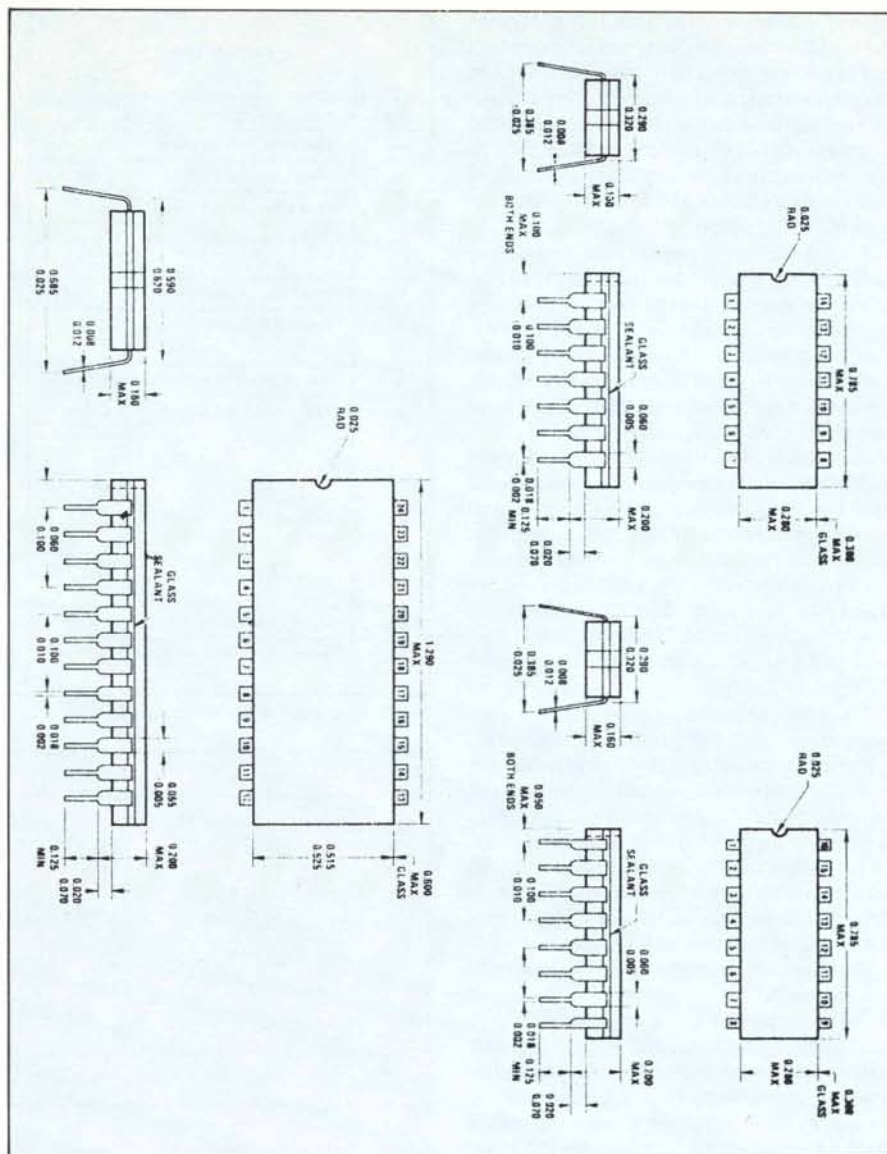
A nostro parere non esiste una convenzione rigida per quanto riguarda, diciamo così, la sigla da attribuire all'integrato in riferimento al suo grado di complessità: questo perché ciascun costruttore dà una sua interpretazione. Diciamo comunque che le varie suddivisioni per complessità hanno grosso modo l'aspetto che segue.

Un circuito integrato SSI (Small Scale Integration), che può essere uno di quelli contenenti le porte logiche che esplicano quelle funzioni sulle quali ci siamo soffermati negli ultimi articoli, può contenere fino ad una dozzina di gate equivalenti per ogni singolo chip mentre un MSI (Medium Scale Integration) ne contiene fino ad un centinaio. Si parla poi di circuito LSI (Large Scale Integration) quando si superano le cento porte integrate e di VLSI (Very Large Scale Integration) quando si va oltre le mille (fino agli attuali trentamila ed oltre gate integrati).

### Parametri fondamentali e rappresentazioni

Negli schemi elettrici troviamo i circuiti integrati rappresentati usualmente come rettangoli da cui fuoriescono le linee di connessione. Ciò perché tali elementi, ai fini dell'utilizzazione, possono essere considerati come una "scatola nera", cioè come un sistema del quale sostanzialmente non ci interessa conoscere necessariamente la struttura interna, ma solamente come reagiscono le uscite in funzione degli stimoli applicati in ingresso. In altre parole, da un punto di vista operativo, le uniche influenze dovute alla struttura costitutiva che ci interessano sono quelle che si rispecchiano in alcuni parametri fondamentali che si tengono in considerazione in fase di progetto. Elenchiamone alcuni.

Un primo parametro importante è il fattore di pilotaggio posseduto da un'uscita; più comunemente chiamato "fan-out", che in pratica indica a quanti ingressi tale linea può essere collegata mantenendo le sue caratteristiche elettriche entro limiti tali da non pregiudicare il funzionamento dell'insieme. In altre parole, nell'ambito di famiglie equivalenti, il fan-out è legato al valore della corrente che una linea è in grado di fornire correlato a quella che viene assorbita da ogni singolo ingresso collegato ad



Esempi di contenitori Dual-in-line.

essa. Per le logiche della famiglia TTL viene ad esempio garantito un fattore di pilotaggio pari a 10, cioè il segnale prelevato da un'uscita può essere contemporaneamente applicato a 10 ingressi. Se quindi si ha la necessità di pilotare con una singola linea più ingressi di quelli consentiti dal fan-out della linea stessa, bisogna interporre un componente amplificatore che fornisca in uscita una capacità di pilotaggio più elevata: componenti che hanno tali proprietà vengono comunemente chiamati "buffer".

Un altro dei parametri importanti che si riferiscono ad una porta logica è la "velocità di propagazione". Tale parametro si riferisce al segnale applicato in ingresso il quale per definizione, cioè per l'effetto stesso della propagazione, si presenta in uscita con un certo ritardo rispetto all'istante in cui esso è stato applicato in ingresso. Per l'effetto di tale parametro, un impulso applicato ad un ingresso, verrà per così dire "deformato" rispetto alla condizione iniziale subendo una certa modifi-

cazione sul fronte di salita e su quello di discesa (fate riferimento ad una delle figure) i quali assumono un aspetto meno ripido. Tali tempi sono definiti come tempo impiegato dal segnale a passare da un livello pari al 10% del livello di regime finale ad un livello del 90% e viceversa.

Sempre in riferimento alla propagazione, viene preso in considerazione un parametro abbastanza significativo che è riferito a punti in cui gli ingressi e le uscite si trovano ad un livello pari al 50% dell'escursione totale tra livello massimo e livello minimo (vedi figura). Osservando i due fronti del segnale in ingresso ed in uscita, possiamo ricavare i tempi di ritardo Td1 e Td2 che, combinati secondo il rapporto

$$\frac{Td1 + Td2}{2}$$

ci forniscono il cosiddetto "tempo medio di propagazione" Td il quale dà un'indicazione quantitativa della "prontezza di ri-



sposta" della porta. Da quest'ultima considerazione si intuisce che, perché un segnale impulsivo venga preso in considerazione in maniera corretta, è necessario che permanga sull'ingresso per un tempo pari almeno al tempo medio di propagazione. È da tale tempo quindi che è possibile stabilire la frequenza massima alla quale possono essere utilizzate le porte logiche.

La velocità di propagazione comunque non è un parametro del tutto significativo se non si prende atto di altre circostanze che possono contribuire a modificarla facendola diminuire. La causa principale che sortisce questo effetto indesiderato è rappresentata dalla presenza di una certa capacità di carico sull'uscita. Ciò è dovuto sostanzialmente al fatto che l'impedenza dell'uscita stessa non è nulla e quindi viene limitato il valore della corrente che può scorrere attraverso di essa: per questa ragione sarà necessario un certo tempo per caricare o scaricare tale capacità e ciò influirà sul fronte di discesa dell'impulso prodotto in uscita. In definitiva, tale fronte sarà tanto meno ripido quanto maggiore è il carico capacitivo.

Un altro importante parametro è rappresentato dall'"immunità al rumore". Chiariamo un attimo cosa si intende per rumore. Il rumore è una causa disturbante rappresentata da una tensione che, inserendosi in un certo punto di una linea, se ha un valore sufficientemente elevato, può provocare delle modificazioni dello stato delle uscite di uno o più dei componenti logici che si trovano nel circuito.

Le cause del rumore possono essere le più svariate.

Ad esempio, la corrente che scorre in una linea del sistema può provocare, per induzione, una corrente in una linea adiacente. Ancora, rumore può essere causato da azioni su interruttori posti sulla stessa linea elettrica o da scintillii prodotti ad esempio dalle spazzole di un motore o addirittura da fenomeni naturali quali quelli atmosferici (fulmini).

Gli impulsi di rumore possono essere di lunga durata — e sono quelli meno nocivi perché raggiungono picchi di tensione più bassi — oppure di durata più breve (spike). Gli spike rappresentano il tipo di rumore più nocivo perché possono raggiungere un livello tale da essere considerati dal circuito dei veri e propri segnali di commutazione influenzando quindi sullo stato del sistema. Per limitare tale elemento disturbante, bisogna agire sulle cause generanti esterne, adottando criteri di progettazione particolari.

Tra questi, il filtraggio appropriato della linea di alimentazione del circuito, il disaccoppiamento delle linee di alimentazione dei singoli circuiti integrati ottenuto ponendo un condensatore tra il terminale Vcc e la massa, la schermatura della scheda su cui viene cablato il circuito elettrico ecc.

Comunque, nonostante tutte le precauzioni, non è possibile eliminare totalmente le possibili cause di rumore per cui si usa

PARAMETER		CONDITIONS	DM54H/74H			UNITS	
			H78		MAX		
				MIN		TYP(1)	
V <sub>IH</sub>	High Level Input Voltage		2			V	
V <sub>IL</sub>	Low Level Input Voltage				0.8	V	
V <sub>I</sub>	Input Clamp Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>I</sub> = -8 mA			-1.5	V	
I <sub>OH</sub>	High Level Output Current				-500	μA	
V <sub>OH</sub>	High Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, V <sub>IH</sub> = 2V V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OH</sub> = Max	2.4	3.4		V	
I <sub>OL</sub>	Low Level Output Current				20	mA	
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, V <sub>IH</sub> = 2V V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OL</sub> = 20 mA			0.2	0.4	V
I <sub>I</sub>	Input Current at Maximum Input Voltage	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 5.5V			1	mA	
I <sub>IH</sub>	High Level Input Current	D, J, or K Clear Preset Clock	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 2.4V			50	μA
						200	
						100	
						100	
I <sub>IL</sub>	Low Level Input Current	D, J, or K Clear Preset Clock	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 0.4V			-2	mA
						-8	
						-4	
						-4	
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Output Current	V <sub>CC</sub> = Max(2)			-40	-100	mA
I <sub>CC</sub>	Supply Current (Average per Flip-Flop)	V <sub>CC</sub> = Max(3)	DM54	16	25	mA	
			DM74	16	25		

Scheda tecnica con alcune caratteristiche di un circuito integrato.

	3	5	15	5	5	5	1.3
Alimentazione (V)							-3.2
Livello alto (V)	0.9	2.6	13.5	3.3	3.3	3.3	0.4
Livello basso (V)	0.2	0.4	1.5	0.2	0.2	0.2	-0.4
Tens. di Soglia (V)	0.75	1.4	7.5	1.4	1.4	1.4	0.
Marg. rumore CC (V)	0.15	1.0	6.0	1.2	1.2	1.2	0.4
Ritardo prop. (ns)	50	25	90	35	10	3	2
Dissipazione (mW)	10	10	55	1	10	20	50
Fan-out	5	8	10	10	10	10	35
	RTL	DTL	HTL	TTL	TTL	TTL	ECL
				low pow.	stand.	schot.	

Differenze fra i parametri relativi ad alcune famiglie di integrati.

impiegare circuiti integrati che si rivelino abbastanza "duri" nei confronti dei disturbi, cioè che posseggano una elevata "immunità al rumore". Tale immunità è caratterizzata da un parametro, sul quale non ci soffermeremo, chiamato "margine di rumore".

L'ultimo parametro che vogliamo prendere in considerazione è la potenza dissipata la quale viene riferita a due condizioni particolari cioè: al caso in cui un'uscita rimane ad un livello logico fisso oppure a quello in cui l'uscita è variabile nel tempo tra i due suoi possibili stati. Si parla quindi di potenza dissipata in regime statico ed in regime dinamico. Nel caso di regime statico, viene fatta un'ulteriore distinzione e cioè: potenza dissipata quando l'uscita è a livello basso (WL) e potenza dissipata a livello alto (WH) sul cui calcolo non ci soffermiamo.

Aggiungiamo solo che, molte volte,

un'indicazione più sintetica viene fornita dall'espressione

$$\frac{WH + WL}{2}$$

la quale fornisce la potenza media.

Per ciò che riguarda la potenza dissipata in modo dinamico, durante una variazione continua dell'uscita tra il livello basso e quello alto, diciamo solo che essa dipende da capacità e resistenze interne e dalla frequenza di variazione. A seconda degli impieghi, si usano integrati di diverso tipo. Ad esempio, per la famiglia TTL, gli elementi del tipo "high power" hanno resistenze interne di basso valore che inducono una alta dissipazione, ma una più elevata velocità di commutazione. In maniera opposta si comportano gli integrati del tipo "low power" che dissipano minor quantità di potenza in cambio di tempi di commutazione più lenti.



# Gli specialisti al vostro servizio



**C.B.S. S.r.l.**  
Via Comelico, 3 - Milano  
Tel. 02/5400421

**A SYSTEM S.r.l.**  
Via Turrone, 8 - Milano

**LEONI SHOP S.r.l.**  
Corso Porta Romana, 123  
Milano

**MICROCORNER S.r.l.**  
Via U. Bassi, 3 - Milano

**MARCUCCI S.r.l.**  
Via Bronzetti, 37 - Milano

**MELCHIONI COMPUTERTIME**  
C.so Europa, 49 - Cologno M.

**POLISERVICE S.r.l.**  
Via XXV Aprile, 23  
Cinisello Balsamo (MI)

**FREEDOM S.r.l.**  
Via Filargo, 34 - Milano

**BERMAN S.r.l.**  
Bastioni P.ta Volta, 11  
Milano

**R.G.M. S.a.s.**  
Via De Gasperi, 7/9  
Agrate (MI)

**BRUNO S.r.l.**  
Via Rubini, 5 - Como

**H.S.C.**  
Via Monti, 52 - Como

**INGROSCARTA S.r.l.**  
Via V. Emanuele II, 17  
Roncadelle (BS)

**IL MONDO DELL'INFORMATICA**  
Via Pitentino, 8 - Bergamo

**TUTTO EDP S.r.l.**  
Strada Mongreno, 34  
Torino

**EDP Distribuzione S.r.l.**  
Via Trento, 20 - Biella (VC)

**AZETA ACCESSORI S.r.l.**  
Via Augusto Verità, 4 - Verona

**ESACOMP**  
Via Roveggia, 41 - Verona

**STEMASOFT S.n.c.**  
P.zzola Gualdi, 1 - Vicenza

**MEDIA VENETA S.r.l.**  
Via Belzoni, 68 - Padova  
Tel. 049/39158

**2PD S.n.c.**  
Via U. Foscolo, 22/1  
Padova

**DE MARIN COMPUTERS**  
Via Matteotti, 142  
Conegliano (TV)

**PERSONAL COMPUTER**  
Cannareggio 5894  
Venezia

**FIVE COMPUTERS S.r.l.**  
Via G. D'Annunzio, 29/1  
Trieste

**MEDIA S.r.l.**  
Via Mascarella, 59/B  
Bologna - Tel. 051/237022-3

**C&P S.r.l.**  
Via Cortevicchia, 67  
Ferrara

**BITZEROUNO S.r.l.**  
Via Che Guevara, 55/B  
Reggio Emilia  
Tel. 0522/293241

**I.L. ELETTRONICA**  
Via Lunigiana, 481  
La Spezia

**BIT BYTE**  
Via V. Veneto, 21/23  
Marina di Massa

**B.F. ELETTRONICA**  
Via Corridoni, 51 - Pisa

**LOGOS INFORMATICA**  
Via S. Concordio, 537  
Lucca

**C.D.E.**  
V.le Adua, 350 - Pistoia

**ELETTRONICA ALESSI**  
Via Cimarosa, 1 - Piombino

**TRIAD E INFORMATICA S.r.l.**  
Via di Brozzi, 72 - Firenze

**C.B.S. UMBRA S.r.l.**  
Via S. Galigano, 15  
Perugia - Tel. 075/44224

**C.B.S. SUD S.r.l.**  
Via Melchiorri, 2 - Roma  
Tel. 06/4242552

**AFTERPRINT**  
Via A. Ravà, 106 - Roma

**AIS S.r.l.**  
Via Jacopo da Lentini, 16  
Pomezia

**G.T.I. S.a.s.**  
Via Romagnoli, 90 - Latina

**ARTEL**  
Via Fanelli, 206 - Bari

**BAGNARDI F. & CO S.n.c.**  
Trav. 14 G. Modugno, 21/23  
Bari

**C.M.R. S.a.s.**  
Vico Parado alla Salute, 68  
Napoli

**ENGINEERING S.r.l.**  
Via Carducci, 15 - Napoli

**LUCANA SISTEMI S.r.l.**  
Via Don Minzoni, 4 - Matera

**FOTO OTTICA RANDAZZO S.p.A.**  
Via Ruggero VII, 55  
Palermo

**E.D.P. SHOP S.r.l.**  
Via Temo, 4/A - Cagliari  
Tel. 070/285627

**Distributore esclusivista**

**Fuji per l'Italia:**



**C.B.S. CONTROL BYTE SYSTEM**  
Via Comelico, n. 3 - 20135 Milano  
Tel. 02/5400421-Tlx. 350136 CIBIES I