

TEST DI UNA MACCHINA SEQUENZIALE
INSERITA IN UNA STRUTTURA COMPOSTA
DA MACCHINE SEQUENZIALI INTERCONNESSE.

P.CIOMPI* L.SIMONCINI*

E 72-1
Nota Interna ~~72-1~~ - Serie Speciale
Convenzione CNR - ENI

Gennaio 1972

*Istituto di elaborazione della Informazione
Via S.Maria, 46 PISA

INTRODUZIONE

Nella letteratura viene generalmente trattato il problema di ricavare sequenze di test per circuiti combinatori e sequenziali operando sugli ingressi e sulle uscite dei circuiti stessi.

Questi metodi sono applicabili in modo efficiente solo se i circuiti hanno dimensioni relativamente piccole.

Quando invece le dimensioni del circuito divengono per esempio quelle di una C.P.U. di un sistema di calcolo tali metodi risultano inapplicabili. In questo caso si può pensare di sfruttare il fatto che in generale tali strutture complesse sono costituite da circuiti più semplici collegati fra loro.

Lo scopo del lavoro è quello di esaminare come sia possibile tener conto di questo fatto per tentare un approccio al problema del test di una struttura complessa senza dover ricorrere alla sconnessione dei circuiti componenti.

1 - CONSIDERAZIONI GENERALI SUL PROBLEMA DEL TEST DI UNA MACCHINA SEQUENZIALE.

Sia data una macchina sequenziale A rappresentata dalla fig.1;

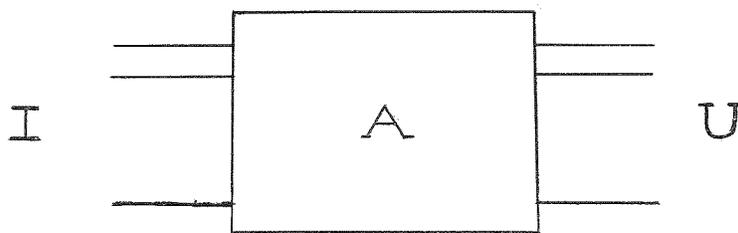


Fig. 1

con I abbiamo indicato gli ingressi direttamente accessibili dall'esterno e con U le uscite direttamente controllabili dall'esterno.

Sia noto inoltre il comportamento terminale della macchina.

Si vuole stabilire, operando sugli ingressi e controllando le uscite, se la macchina funziona correttamente o no.

per test T_k si intende una sequenza di vettori di ingresso $I_{k1} \dots I_{kn}$ da applicarsi al circuito, e la corrispondente sequenza dei vettori di uscita del circuito $U_{k1} \dots U_{kn}$.

La lunghezza del test è l'intero n .

Nel caso in cui non sia nota la struttura interna della macchina A , l'unico esperimento che può essere fatto su di essa è quello di controllare se la sua tabella di stato descrive ancora il comportamento della macchina oppure se un guasto ha cambiato la tabella di stato della macchina originale in quella di qualche altra macchina differente.

Questo esperimento viene definito correntemente *test funzionale* della macchina A .

Metodi per ricavare un test funzionale sotto determinate ipotesi circa le caratteristiche della macchina si trovano ai riferimenti [1] , [2] , [3] .

Nel caso in cui sia nota la struttura logica della macchina sequenziale A e si disponga di una lista di guasti possibili in A , si definisce *test completo* quel test capace di rilevare tutti i guasti della lista.

L'applicazione di un test di questo tipo ci permette di fare una delle due affermazioni seguenti circa la macchina A :

- 1) la macchina A non presenta alcuno dei guasti della lista prefissata;
- 2) la macchina A presenta uno dei guasti della lista prefissata.

L'affermazione 2) vuole indicare che un test di questo tipo non ha in generale capacità diagnostica. per *capacità diagnostica* di un test si intende la possibilità che esso possiede

di individuare un guasto fra tutti i possibili esistenti nel circuito.

La lista dei guasti possibili in A viene correntemente ottenuto considerando la classe dei guasti solidi logici e singoli.

Per guasto solido si intende quel guasto che altera il circuito in maniera permanente.

Per guasto logico si intende quel guasto che è riconducibile ad uno stuck a "zero" o ad "uno" di un ingresso o di una uscita di una delle porte che costituiscono il circuito.

L'ipotesi del guasto singolo viene introdotta per limitare il numero dei guasti della lista essendo essa avvalorata dalla considerazione che un guasto di questo tipo è quello casualmente più probabile in un intervallo di tempo Δt .

Osserviamo che esistono dei circuiti nei quali può verificarsi un guasto solido logico che non altera il comportamento terminale del circuito. Non esiste un test che sia in grado di rilevare guasti di questo tipo. Chiameremo *ridondanti* i circuiti in cui si verificano situazioni del genere.

Per i circuiti ridondanti è possibile ripartire l'insieme dei guasti singoli solidi logici in due sottoinsiemi: quello dei guasti *rilevabili* e quello dei guasti *non rilevabili*.

Un test completo organizzato sul sottoinsieme dei guasti rilevabili non è in generale un test completo per il circuito in quanto non garantisce la rilevazione di un guasto rilevabile se esso è preceduto da uno o più guasti non rilevabili [4].

Esistono nella letteratura dei metodi che permettono di ricavare un test completo per circuiti combinatori e circuiti sequenziali [5] .

Questi metodi possono essere suddivisi in due filoni principali: quelli che permettono di ottenere un test minimo, cioè un test di lunghezza minima, e quelli che permettono di ottenere un test quasi minimo, cioè un test la cui lunghezza non è minima.

In particolare osserviamo che per un circuito sequenziale il test deve rilevare tutti i guasti del circuito indipendentemente dallo stato in cui esso si trova al momento dell'applicazione del test.

Alcuni autori [5], [6] suddividono il test in due parti: la prima serve ad inizializzare la macchina in uno stato prescelto, la seconda è la sequenza che rileva tutti i guasti della lista a partire da quello stato. La sequenza di inizializzazione è una vera e propria sequenza di reset. Essa può essere realizzata con una apposita circuiteria che forza la macchina in quel particolare stato. Con questo metodo, perchè la seconda parte del test sia valida, è necessario garantire che o non ci siano guasti che portino ad uno stato diverso da quello di reset, o si possa controllare al termine della sequenza di inizializzazione lo stato in cui si trova la macchina (elementi di memoria accessibili all'esterno).

Altri autori [7] ricavano per ogni guasto una sequenza capace di rilevarlo. Tale sequenza ha la caratteristica di

essere indipendente dallo stato in cui la macchina si trova inizialmente. Collegando le sequenze ricavate per tutti i guasti della lista ed eventualmente compattando tale sequenza, si ottiene il test completo per la macchina.

Questi metodi sono applicabili in modo efficiente a circuiti relativamente piccoli. Quando il circuito sequenziale diviene complesso (ad esempio l'unità aritmetica di un calcolatore) tali metodi diventano inapplicabili a meno che esso non possa essere decomposto in circuiti sequenziali interconnessi più semplici. In questo caso si può pensare di ricavare con i metodi esistenti il test per i singoli circuiti pensati disgiunti dagli altri a cui sono connessi. Rimane da risolvere il problema di applicare il test al circuito per cui è stato ricavato, sfruttando unicamente gli ingressi e le uscite disponibili della struttura complessa.

Una soluzione banale di questo problema è quella di sconnettere fisicamente i vari circuiti componenti la struttura complessa con l'introduzione di opportune linee di ingresso e uscita. Questa soluzione trova larga applicazione nella prova dei circuiti complessi che costituiscono un calcolatore.

Lo scopo del nostro lavoro è quello di esaminare in maniera sistematica questo problema per verificare se la soluzione detta poc'anzi è l'unica possibile.

2 - PROBLEMI CONCERNENTI LA PROVA DI UNA MACCHINA IMMERSA IN
UNA STRUTTURA COMPLESSA.

Come abbiamo accennato nell'introduzione lo scopo che ci proponiamo è quello di esaminare i problemi che si incontrano quando si vuole controllare il buon funzionamento di una macchina sequenziale collegata ad altre macchine a formare con esse una struttura complessa.

Consideriamo lo schema seguente:

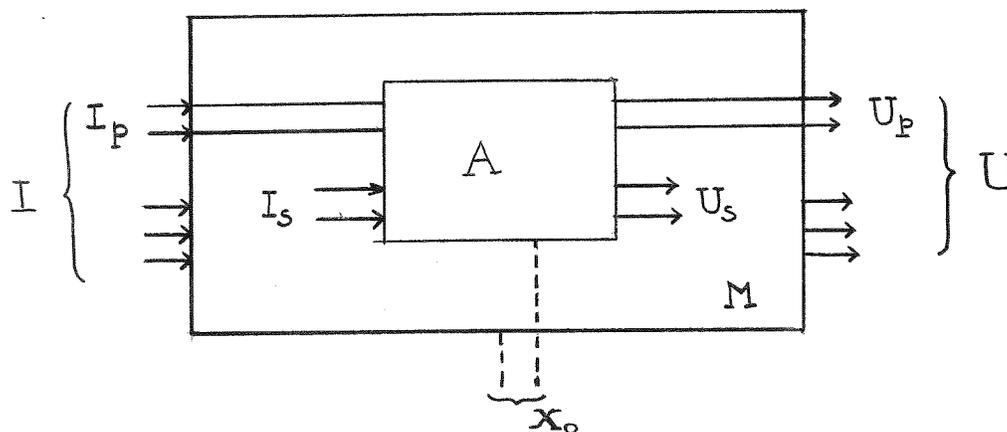


Fig. 2

Esso rappresenta la struttura complessa M composta da macchine sequenziali collegate tra loro. Tra queste abbiamo evidenziato la macchina A. In essa con I_p abbiamo chiamato gli ingressi primari accessibili dall'esterno, con I_s gli ingressi

secondari che provengono dal collegamento con le altre macchine, con U_p le uscite primarie accessibili dall'esterno, con U_s le uscite secondarie che collegano la macchina A alle altre macchine. Con I ed U indichiamo rispettivamente gli ingressi e le uscite della macchina M.

Supporremo che gli ingressi e le uscite delle singole macchine siano a livelli e che gli elementi di memoria del circuito siano impulsati da un clock che indichiamo con X_0 . Vogliamo controllare il corretto funzionamento della macchina A.

Supponiamo di avere ricavato un test per essa considerata isolata da tutte le altre macchine.

Tale test è composto da una sequenza di configurazioni di ingressi da applicarsi sugli ingressi I_p ed I_s , e da una sequenza di configurazioni di uscita da prelevarsi sulle uscite U_p ed U_s .

Nel seguito indicheremo con T_a questo test e con n_a la sua lunghezza.

poichè gli ingressi I_s e le uscite U_s non sono direttamente accessibili dall'esterno è necessario che T_a venga applicato alla macchina A, utilizzando gli ingressi I e le uscite U della macchina M.

Questo corrisponde a determinare una sequenza di vettori di ingresso da applicare agli ingressi I, e una sequenza di vettori di uscita da prelevare dalle uscite U.

L'insieme di queste due sequenze costituisce il test T_{ma} ,

di lunghezza n_{ma} , che deve essere applicato alla macchina M per testare la macchina A.

Bisogna garantire che il test T_{ma} sia ancora un test completo per la macchina A. Occorre pertanto escludere tutti i possibili fenomeni di mascheramento che potrebbero derivare dalla presenza contemporanea di un guasto nella macchina A e di un guasto al di fuori di essa.

Supporremo pertanto che, se esiste un guasto nella macchina M, questo sia confinato o all'interno di A o al di fuori di A. Nel seguito chiameremo *macchina precedente* ad A quella macchina M_P le cui uscite secondarie sono tutti gli ingressi secondari dalla macchina A.

Per *macchina successiva* ad A intenderemo quella macchina M_S i cui ingressi secondari sono tutte le uscite secondarie di A. La macchina precedente e la macchina successiva ad A non sono necessariamente disgiunte ma devono essere disgiunte da A.

Ci limitiamo per il momento a considerare che le macchine M_P e M_S non abbiano parti in comune.

Inoltre facciamo l'ipotesi che gli ingressi primari di M_P , M_S ed A siano tra loro indipendenti. Vogliamo esaminare le caratteristiche che devono possedere la macchina M_P e la macchina M_S perchè la lunghezza n_{ma} del test T_{ma} sia uguale alla lunghezza n_a del test T_a che abbiamo ricavato per la macchina A supposta isolata dalla struttura.

Nel seguito faremo riferimento alla struttura seguente:

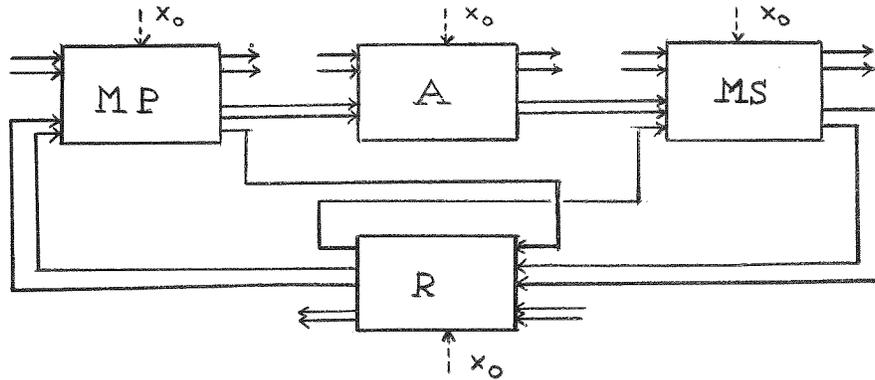


Fig. 3

In essa abbiamo indicato con A la macchina sotto test, con MP la macchina precedente, con MS quella successiva, con R il resto del circuito.

Osserviamo che questa struttura è la più generale possibile. Infatti qualsiasi macchina M è riconducibile ad essa o ad una struttura che si può ottenere da quella di figura eliminando delle connessioni, o alcune delle macchine componenti.

2.1 - Considerazioni riguardanti la macchina precedente

La macchina precedente MP sarà in generale una macchina del tipo riportato in figura:

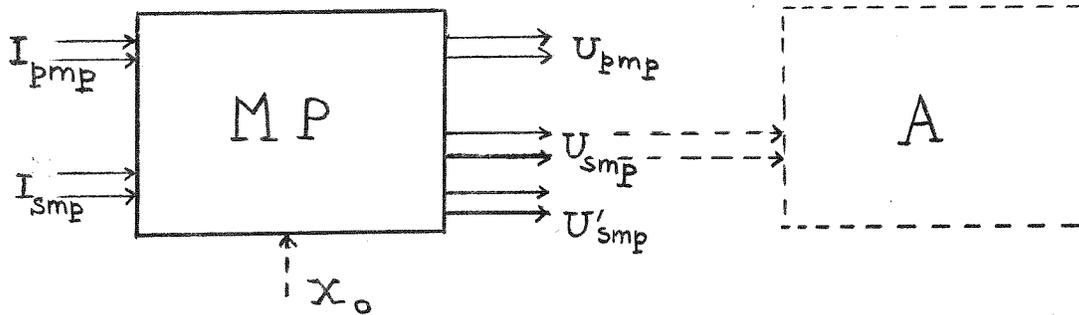


Fig. 4

con I_{pmp} ed I_{smp} indichiamo rispettivamente gli ingressi primari e secondari della macchina MP. Con U_{pmp} le uscite primarie. Con U_{smp} le uscite secondarie di Mr che sono ingressi secondari I_s di A. Con U'_{smp} altre uscite secondarie di Mr.

poichè abbiamo ipotizzato che $n_{ma} = n_a$, è necessario che:

- la macchina Mr sia impulsata contemporaneamente a quella sotto test A, e
- per ciascun stato, e per ciascuna configurazione degli ingressi secondari di Mr sia sempre possibile scegliere una particolare configurazione degli ingressi I_{pmp} in maniera da avere in uscita una delle configurazioni degli ingressi secondari I_s della macchina A.

Questo comporta che la tabella delle uscite secondarie della macchina precedente abbia delle particolari caratteristiche.

Se la macchina MP è di Mealy organizziamo la tabella delle sue uscite secondarie nella seguente maniera:

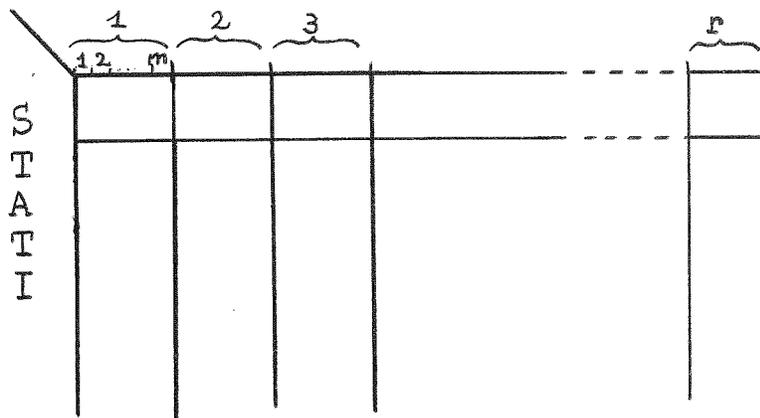


Fig.5

In questa tabella gli r campi corrispondono al numero delle configurazioni degli ingressi secondari di MP. In ciascun campo ci saranno m caselle quante sono le configurazioni degli ingressi primari di MP.

poichè le proprietà che ricerchiamo devono valere per ciascun stato e per ciascuna configurazione degli ingressi secondari di MP, in ogni porzione di riga corrispondente ad un campo, devono essere presenti tutte le possibili configurazioni delle uscite secondarie U_{smp} :

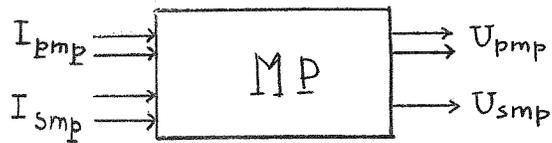


Fig. 6

| I_{pmp} | $I_{smp} = 00$ | | | | $I_{smp} = 01$ | | | | $I_{smp} = 11$ | | | | $I_{smp} = 10$ | | | |
|-----------|----------------|----|----|----|----------------|----|----|----|----------------|----|----|----|----------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| B | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| C | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| D | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

U_{smp}

L'esempio di fig.6 mostra una tabella delle uscite secondarie che, per una macchina di Mealy, ha queste caratteristiche.

Osserviamo che per poter sfruttare queste caratteristiche occorre conoscere lo stato in cui la macchina M_r si trova e la configurazione degli ingressi secondari I_{smp} . La conoscenza della configurazione degli ingressi I_{smp} , in generale significa dover conoscere durante la generazione del test T_{ma} lo stato della macchina M a meno che non si

garantisca la possibilità di mantenere costanti gli ingressi secondari I_{smp} per tutta la durata del test o si introduca un ulteriore vincolo sulla tabella della macchina MP in maniera che sia possibile ottenere una qualsiasi configurazione delle uscite secondarie U_{smp} indipendentemente dal valore degli ingressi secondari I_{smp} .

Verificare questo ulteriore vincolo corrisponde ad avere una tabella per le uscite U_{smp} del tipo seguente.

| | 00 | | | | 01 | | | | 11 | | | | 10 | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A | | 0 | | 1 | | 0 | | 1 | | 0 | | 1 | | 0 | | 1 |
| B | 0 | 1 | | | 0 | 1 | | | 0 | 1 | | | 0 | 1 | | |
| C | | 1 | 0 | | | 1 | 0 | | | 1 | 0 | | | 1 | 0 | |
| D | 1 | | | 0 | 1 | | | 0 | 1 | | | 0 | 1 | | | 0 |

Fig. 7

Da questa tabella si rileva che conoscendo lo stato della macchina MP è possibile ottenere una qualunque configurazione delle uscite U_{smp} scegliendo una opportuna configurazione degli ingressi primari I_{pmp} , indipendentemente dal valore degli ingressi secondari I_{smp} .

Condizione necessaria perchè la tabella della macchina M_r possa verificare queste caratteristiche è che il numero di configurazione delle uscite secondarie U_{smp} sia minore o uguale al numero di configurazioni di ingresso primarie I_{pmp} .

Se la macchina M_P è di Moore le stesse considerazioni si possono fare se costruiamo dalla tabella delle transizioni della macchina, la tabella delle uscite successive, cioè quella tabella che si ottiene dalla tabella delle transizioni, sostituendo agli stati successivi le uscite U_{smp} ad essi associate:

ad es.:

| | 00 | | | | 01 | | | | 11 | | | | 10 | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | U_{smp} |
| A | B | A | C | B | A | B | C | A | B | D | D | A | B | A | B | B | 0 |
| B | D | A | A | A | B | D | C | C | C | C | A | D | B | A | C | A | 1 |
| C | D | A | D | D | B | A | C | C | D | A | A | C | B | B | D | A | 0 |
| D | A | A | D | D | D | A | D | D | C | D | C | C | A | B | D | A | 1 |

| | 00 | | | | 01 | | | | 11 | | | | 10 | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| B | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| C | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| D | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Fig. 8

Questo implica sulla tabella di transizione che in ciascuna riga di un campo si possa transire a tanti stati successivi caratterizzati da tutte le possibili configurazioni di uscite secondarie U_{smp} della macchina MP.

Vale la stessa condizione necessaria data sopra per l'esistenza di questa caratteristica per la macchina.

Se la macchina ha delle uscite secondarie caratterizzate dal modello di Mealy e di Moore, occorre costruire la tabella delle uscite successive di Moore e sovrapporla alla tabella delle uscite di Mealy. Occorre verificare che la tabella così ottenuta abbia queste caratteristiche.

2.2 - Considerazioni riguardanti la macchina successiva.

La macchina successiva MS sarà in generale una macchina del tipo riportata in figura:

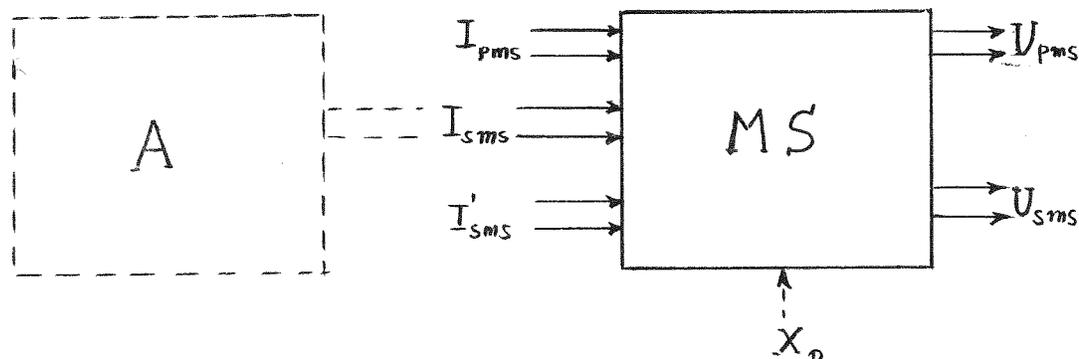


Fig. 9

Con I_{pms} indichiamo gli ingressi primari di MS. Con I_{sms} indichiamo gli ingressi secondari di MS che sono le uscite secondarie U_s di A. Con I'_{sms} indichiamo altri ingressi secondari di MS. Con U_{pms} e U_{sms} indichiamo rispettivamente le uscite primarie e secondarie di MS.

poichè abbiamo ipotizzato che $n_{ma} = n_a$ e poichè non facciamo nessuna ipotesi sulla maniera in cui un guasto può alterare l'uscita della macchina sotto test (un guasto può modificare la configurazione di uscita della macchina funzionante in una qualsiasi delle altre configurazioni) è necessario che:

- a) la macchina MS sia impulsata contemporaneamente a quella sotto test A, e

b) tutti i guasti che sono rilevabili sulle uscite U_s della macchina sotto test A possano essere evidenziati sulle uscite primarie U_{pms} della macchina MS.

Questo comporta che la tabella delle uscite U_{pms} della macchina MS abbia delle particolari caratteristiche.

Se la macchina è di Mealy organizziamo la tabella delle uscite U_{pms} nella seguente maniera:

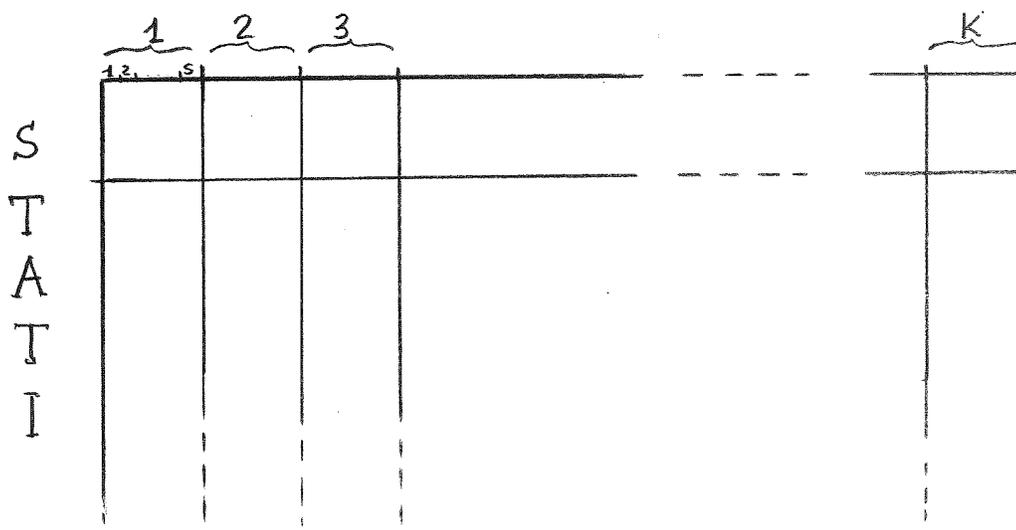


Fig. 10

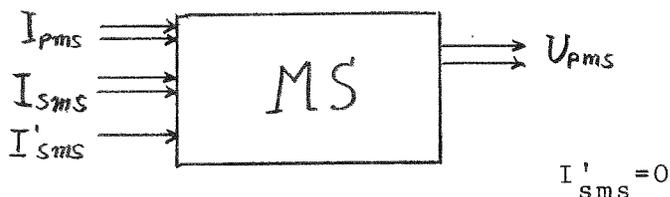
In tale tabella k è il numero delle configurazioni di ingressi secondari I'_{sms} . Ciascuna di queste configurazioni individua un campo. In ciascun campo, s è il numero di configurazioni di ingressi primari I_{pms} . Ciascuna di esse individua un sotto campo. In ciascun sottocampo ci sono tante caselle quante sono le configurazioni di ingressi secondari I'_{sms} .

Poichè la caratteristica che ricerchiamo deve valere per ciascun stato e per ciascuna configurazione di ingressi se-

condari I'_{sms} , ci limitiamo a considerare una riga di un campo.

In questo campo deve esistere almeno un sottocampo nel quale la configurazione delle uscite primarie U_{pms} corrispondente ad una delle possibili uscite secondarie $U_s = I_{sms}$ di A sia diversa dalle configurazioni delle uscite U_{pms} corrispondenti a tutte le altre possibili uscite secondarie di A.

Ad es.:



| | $I_{pms} = 00$ | | | | $I_{pms} = 01$ | | | | $I_{pms} = 11$ | | | | $I_{psm} = 10$ | | | |
|-----------|----------------|----|----|----|----------------|----|----|----|----------------|----|----|----|----------------|----|----|----|
| I_{sms} | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A | 00 | 01 | 01 | 11 | 01 | 11 | 01 | 01 | 11 | 11 | 00 | 11 | 00 | 11 | 00 | 11 |
| B | 00 | 01 | 11 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | | |

U_{pms}

Fig.11

Dalla tabella si vede che, se la macchina è nello stato A e $I'_{sms} = 0$ se si vuole distinguere la $I_{sms} = 00$, da quelle che

possono verificarsi sotto guasto, sarà sufficiente porre $I_{pms} = 00$. Da notare che nel caso particolare in cui la macchina si trovi nello stato B e $I'_{sms} = 0$ ponendo $I_{pms} = 00$ si è sicuri di discriminare tutte le configurazioni.

Osserviamo che per poter sfruttare questa caratteristica occorre conoscere lo stato in cui si trova la macchina MS e la configurazione degli ingressi I'_{sms} . La conoscenza della configurazione degli ingressi I'_{sms} in generale vuol dire, durante la generazione del test T_{ma} , conoscere lo stato della macchina M a meno che non si garantisca la possibilità di mantenere costanti gli ingressi secondari I'_{sms} per tutta la durata del test oppure non si introduca un ulteriore vincolo sulla tabella della macchina nel senso che le caratteristiche sopra dette siano valide indipendentemente dagli ingressi secondari I'_{sms} . Determiniamo adesso una condizione necessaria perchè la macchina MS possa avere le caratteristiche richieste.

Consideriamo nuovamente la macchina MS:

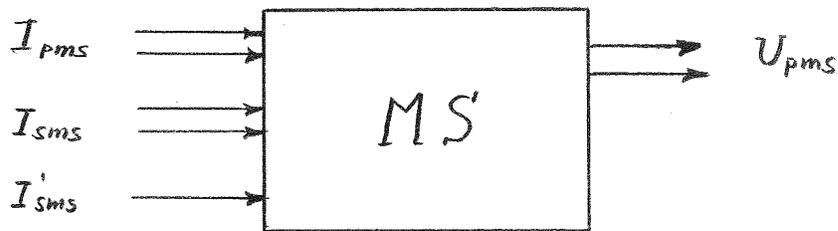


Fig. 12

n_{is} è il numero di ingressi secondari I'_{sms} ; m_{up} è il numero

di uscite primarie $U_{pms}^{n_{ip}}$ è il numero di ingressi primari

I_{pms} .

Se $2^{n_{is}} > 2^{m_{up}}$ il massimo numero di configurazione di ingressi secondari I_{sms} che sarà possibile distinguere in un sottocampo, ammettendo che la configurazione sugli ingressi secondari possa modificarsi in qualsiasi altra sarà pari a $2^{m_{up}} - 1$. Questo perchè nel caso più favorevole le prime $2^{m_{up}}$ caselle all'interno del sottocampo possano essere tutte distinte, e le $2^{n_{is}} - 2^{m_{up}}$ caselle rimanenti potranno essere uguali fra loro ed uguali ad una delle $2^{m_{up}}$ caselle. Rimangono da essere distinte $2^{n_{is}} - 2^{m_{up}} + 1$ configurazioni di ingresso secondarie. Sono necessari almeno un numero di sottocampi pari a:

$$\frac{2^{n_{is}} - 2^{m_{up}} + 1}{2^{m_{up}} - 1}$$

per tanto la condizione necessaria può essere posta nella forma:

$$2^{n_{ip}} > \frac{2^{n_{is}} - 2^{m_{up}} + 1}{2^{m_{up}} - 1}$$

Se $2^{n_{is}} = 2^{m_{up}}$ si ottiene: $2^{n_{ip}} > \frac{1}{2^{m_{up}} - 1}$ che è sempre vera

eccetto quando $m_{up} = 0$. In particolare è sempre vera anche se $n_{ip} = 0$ ovvero se non esistono ingressi primari.

Se $2^{n_{is}} < 2^{m_{up}}$ la parte destra della disequaglianza di viene negativa e la disequaglianza stessa è sempre verificata indipendentemente dal valore di n_{ip} .

Osserviamo che per la macchina di Moore valgono gli stessi ragionamenti fatti in precedenza, una volta che si è costruita la tabella delle uscite successive.

Osserviamo, concludendo, che una macchina può soddisfare contemporaneamente entrambe le caratteristiche richieste per la macchina MS e per la macchina Mr, in quanto esse non sono incompatibili. Nel caso in cui la macchina Mr si identifichi con la MS, la tabella delle uscite secondarie e la tabella delle uscite primarie devono avere le caratteristiche già viste con il vincolo in più che queste caratteristiche devono valere contemporaneamente per le stesse configurazioni degli ingressi primari.

2.3. - Ulteriori osservazioni sulle macchine MP ed MS.

Le considerazioni che faremo, pur basate su una struttura particolare, valgono in generale.

Sia data la struttura:

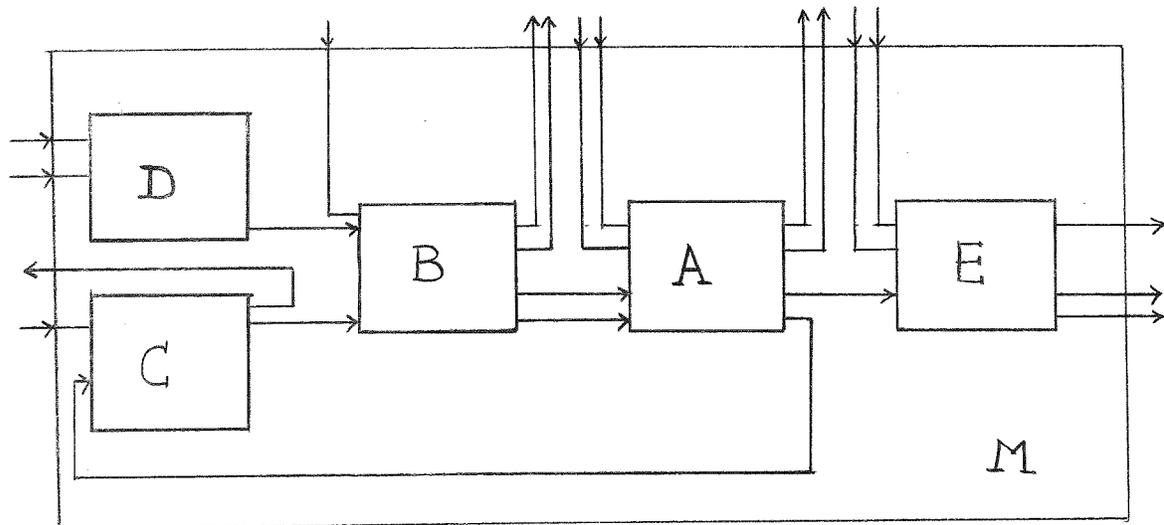


Fig. 13

La macchina M sia composta dalle 5 macchine A, B, C, D, E collegate come in figura. Sia A la macchina da testare. Per come abbiamo definito la macchina M_P , questa può essere nella nostra struttura la sola macchina B oppure gli insiemi delle macchine $\{B, D\}$, $\{B, C\}$, $\{B, C, D\}$.

Supponiamo che la macchina B possieda la caratteristica che abbiamo richiesto per la macchina M_P . E' evidente che qualsiasi degli altri insiemi di macchine sopracitati, non hanno tale caratteristica.

Quello che è bene mettere in evidenza è comunque il fatto che se la macchina $\{B,D\}$ non possiede questa caratteri-
stica, la macchina B da sola non la possiederà, ma potrebbe
possederla la macchina $\{B,C,D\}$.

In generale, data una macchina MP , se essa non possiede
la caratteristica richiesta, non la potrà possedere neppu-
re un sottoinsieme che si può ricavare da essa. Mentre se
la macchina M' possiede tale caratteristica è lecito pensare
che la possieda anche qualche sottoinsieme di essa.

Tali considerazioni valgono anche per la macchina successiva.

3 - PROBLEMI CHE RIGUARDANO L'APPLICAZIONE DEL TEST T_{ma} ALLA MACCHINA M, PER PROVARE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DELLA MACCHINA A.

Una volta che si sia ricavato il test T_a per la macchina A e siano verificate le proprietà che abbiamo ricavato per le macchine M_r ed M_S è possibile ricavare il test T_{ma} per la macchina A inserita nella struttura M. Ricordiamo che per test T_{ma} intendiamo la sequenza delle configurazioni degli ingressi primari della macchina M che sono necessari per eseguire il test della macchina A e la determinazione delle uscite primarie della macchina M necessarie alla individuazione dei guasti di A.

In particolare osserviamo che questo test T_{ma} viene ricavato a partire da uno stato iniziale della macchina M.

Questo comporta che quando si voglia applicare questo test alla macchina M, essa si trovi in quel particolare stato iniziale; è quindi necessaria prima di iniziare il test T_{ma} una procedura di inizializzazione della macchina M.

Per questo occorre che la macchina M possa essere portata

ta nello stato desiderato con una apposita circuiteria di reset o che si possa determinare una sequenza di ingressi che permetta di portare la macchina M nello stato prescelto (sequenza di reset).

Osserviamo però che un guasto può portare la macchina M in uno stato diverso da quello voluto e questo può invalidare l'intero test T_{ma} .

E' pertanto necessario garantire che o non ci siano guasti che portino ad uno stato diverso da quello di reset o si possa controllare lo stato in cui trova la macchina al termine della sequenza di reset.

Osserviamo ancora che per generare il test T_{ma} è necessario conoscere passo passo lo stato della macchina M a meno di non riuscire a mantenere fissi gli ingressi secondari delle macchine Mr e MS.

Consideriamo nuovamente la struttura già descritta:

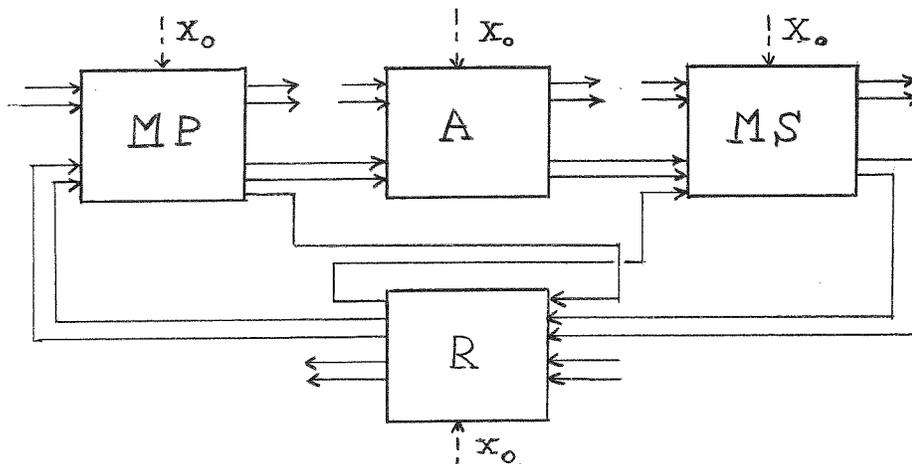


Fig.14

questo significa poter mantenere costanti le uscite secondarie della macchina R indipendentemente da possibili transizioni sugli ingressi secondari di essa.

Se la macchina R è di Moore lo scopo può essere raggiunto inibendo il clock X_0 sulla macchina R. Se la macchina R è di Mealy lo scopo può essere raggiunto se per lo stato di reset di R, esiste almeno una configurazione degli ingressi primari tale che per qualsiasi configurazione degli ingressi secondari di R, le uscite secondarie rimangono fixe.

Nel caso in cui si possono mantenere costanti le uscite secondarie della macchina R e quindi gli ingressi secondari delle macchine M_r e M_S , è possibile generare il test T_{ma} conoscendo solo lo stato di reset della macchina M e lo stato passo passo delle tre macchine M_r , A, M_S . In questo caso le caratteristiche che abbiamo richiesto alle tabelle di M_P e M_S devono essere valide unicamente nel campo corrispondente alla configurazione degli ingressi secondari prescelta.

4 - INFLUENZA DELLE IPOTESI INIZIALI SUI VINCOLI DELLA STRUTTURA DELLA TABELLA DELLE MACCHINE M_r ED M_S .

Da questo è stato detto precedentemente, assunte alcune ipotesi di partenza, si sono ricavate delle caratteristiche che devono essere soddisfatte dalle macchine M_r ed M_S perchè sia possibile ricavare il test T_{ma} .

poichè riteniamo che queste caratteristiche risultino troppo restrittive per essere realisticamente accettabili, occorre stabilire come modificare le ipotesi iniziali perchè si possa giungere a ricavare delle condizioni meno restrittive per le tabelle delle macchine precedenti e successive.

Elenchiamo per maggiore chiarezza tutte le ipotesi fatte e verifichiamo quali di esse hanno contribuito a determinare le particolari caratteristiche delle tabelle:

- 1) Decomposizione in macchine sequenziali della macchina complessiva.

questa è l'ipotesi che sta alla base del lavoro e che ha portato alla necessità che i guasti possibili in M si trovino

vino o in A o al di fuori di A.

- 2) Il test T_a viene ricavato per la macchina A come se fosse insolata da tutte le altre.

questa ipotesi è stata fatta perchè non si voleva vincolare la procedura di generazione del test. Questo ha portato al fatto che la macchina M_r deve essere capace di fornire tutte le $2^{n_{is}}$ configurazioni degli ingressi secondari della macchina A e che la macchina MS deve poter distinguere tra le $2^{n_{us}}$ configurazioni delle uscite secondarie della macchina A.

- 3) Il test T_{ma} che deve essere applicato alla macchina M per poter testare la macchina A non deve essere di lunghezza superiore al test T_a .

Questa ipotesi è quella che ha caratterizzato più fortemente le tabelle in quanto ha portato alla conseguenza che le caratteristiche richieste dall'ipotesi 2) fossero valide per ogni stato e per ogni configurazione degli ingressi secondari I_{smp} della macchina M_P e per ogni stato e per ogni configurazione degli ingressi secondari I'_{sms} della macchina MS.

Nel caso che si elimini la difficoltà di dover conoscere lo stato della macchina M, si è osservato che le caratteristiche richieste sulle tabelle di M_P ed MS devono valere unicamente per un campo.

Inoltre ha comportato che le tre macchine M_P , A e MS

siano impulsate contemporaneamente.

4) Macchina precedente e macchina successiva disgiunte.

Questa ipotesi insieme con l'indipendenza degli ingressi primari tra le macchine MP, A, MS è stata fatta per mo tivi di chiarezza nell'esposizione, comunque una sua mo difica non altera sostanzialmente le caratteristiche delle tabelle.

Si vede quindi che le ipotesi che sono strettamente legate alle caratteristiche vincolanti delle tabelle sono la 2) e la 3).

4.1 - *Conseguenze della modifica della ipotesi 3).*

Esamineremo le conseguenze che derivano abolendo l'ipotesi 3) ferme restando tutte le altre.

Osserviamo che il test T_a è una sequenza di configurazioni di ingresso la quale garantisce il controllo complessivo di A solo se viene applicata interamente e in quella sequenza. Da quanto detto si deduce che se vogliamo modificare l'ipotesi 3) noi dobbiamo poter agire sulla macchina Mr e su MS senza alterare lo stato della macchina A.

Questo comporta la necessità di inibire il clock per la macchina A.

Vediamo come questo si ripercuote sulla organizzazione del test e sulle caratteristiche delle tabelle delle macchine Mr ed MS.

4.1.1 - *Considerazioni circa la macchina MP*

Supponiamo di inibire il clock sulla macchina A. Vogliamo, operando solamente sulla macchina MP, fare assumere alle sue uscite secondarie U_{smp} una delle $2^{n_{is}}$ configurazioni.

Durante questo procedimento, gli ingressi secondari I_{smp} di M_r devono rimanere fissi. Occorre inoltre che la tabella delle uscite secondarie della macchina M^P abbia la caratteristica seguente:

per ciascuna configurazione degli ingressi secondari I_{smp} deve essere sempre possibile, a partire da qualsiasi stato, ricavare una sequenza di configurazioni di ingressi primari I_{pmp} che permetta di avere sulle uscite secondarie U_{smp} , una qualsiasi delle $2^{n_{is}}$ configurazioni che costituiscono gli ingressi secondari della macchina A .

Condizione necessaria perchè questo si verifichi è che nell'interno di ciascun campo della tabella delle uscite secondarie (se la macchina M_r è di Mealy) o delle uscite associate agli stati successivi (se la macchina M_r è di Moore) si abbiano tutte le possibili configurazioni delle uscite secondarie.

Nel caso che si supponga che durante tutta la procedura di generazione del test T_{ma} possano rimanere fissi gli ingressi secondari della macchina M^P questa caratteristica si limita al campo corrispondente a quella configurazione di ingressi secondari.

4.1.2 - Considerazioni circa la macchina MS.

Supponiamo di inibire il clock sulla macchina A.

E' indispensabile che la configurazione presente sulle uscite secondarie della macchina A non cambi durante tutta la durata della sequenza che organizziamo per la macchina MS. Questo perchè è proprio quella configurazione che vogliamo verificare durante questa sequenza.

Gli ingressi secondari I'_{sms} devono anche essi rimanere fissi in quanto vogliamo ricavare una sequenza utilizzando solamente la macchina MS.

ertanto devono valere le seguenti caratteristiche:

per ciascun stato e per ogni configurazione degli ingressi secondari I'_{sms} , deve essere possibile determinare una sequenza degli ingressi primari I_{pms} che permetta dall'esame delle uscite primarie della macchina MS di distinguere la configurazione di uscita corretta da tutte le altre.

Anchè in questo caso se si suppone che durante la procedura di generazione del test T_{ma} rimangano fissi gli ingressi secondari I'_{sms} , questa caratteristica si limita al campo corrispondente a quella configurazione.

4.2 - Conseguenza della modifica dell'ipotesi 2).

Esaminiamo ora le conseguenze che derivano abolendo l'ipotesi 2).

Abbiamo osservato che questa ipotesi portava alla conseguenza che la macchina M_r doveva essere capace di fornire tutte le $2^{n_{is}}$ configurazioni di ingressi secondari della macchina A e che la macchina MS doveva poter distinguere tra tutte le $2^{n_{us}}$ configurazioni delle uscite secondarie della macchina A.

Può darsi che la macchina MP non sia in grado di dare in uscita tutte le $2^{n_{is}}$ configurazioni di ingressi secondari per la macchina A. In tal caso il test T_a dovrà essere ricavato sfruttando solo le configurazioni effettive che possono essere fornite dalla macchina M_r : il test T_a così ottenuto può risultare non completo.

Ciò significa che in A esiste almeno un guasto G che non può essere rilevato dalle configurazioni che vengono fornite da MP.

Il circuito M risulta pertanto ridondante; ovvero non è possibile rilevare il guasto G in A sfruttando gli ingressi I e le uscite U, della macchina M.

Se ci poniamo nell'ipotesi che il circuito M sia non ridondante, è sempre possibile ricavare un test T_a completo sfruttando solo le configurazioni effettive che possono essere

fornite dalla macchina MP.

Poichè inoltre la macchina MS può non essere in grado di distinguere ogni possibile configurazione delle uscite secondarie U_s della macchina A da tutte le altre, si possono ridurre i vincoli posti sulla tabella della macchina MS organizzando in modo opportuno la procedura di generazione del test T_a :

per quei guasti che sono evidenziabili sulle uscite secondarie di A, è sufficiente supporre che siano rilevati da ogni configurazione del test T_a , solo quei guasti che alterano la stessa uscita secondaria di A.

Se la procedura di generazione di T_a tiene conto delle considerazioni precedenti, le caratteristiche della tabella delle uscite U_{pms} di MS si limitano a richiedere che si possa distinguere una sola uscita alla volta, purchè l'evoluzione degli stati della macchina MS non sia funzione delle uscite di A che non vengono controllate.

5 - CONSIDERAZIONI CIRCA LA CAPACITA' DIAGNOSTICA E LA RINDON-
DANZA DEL TEST T_{ma} .

L'applicazione del test T_{ma} alla macchina M per controllare la macchina A, permette di fare le due affermazioni seguenti:

- 1) Se T_{ma} ha esito positivo, si può affermare che la macchina A non presenta nessuno dei guasti della lista prefissata;
- 2) Se T_{ma} ha esito negativo si può affermare solamente che la macchina M è guasta.

Le cause che possono determinare un test T_{ma} negativo possono infatti essere dovute non solo alla presenza di un guasto in A, ma anche alla presenza di un guasto in M_r , o in MS o nella macchina R.

Pertanto il test T_{ma} non ha capacità diagnostica, se la macchina M ha una struttura topologica come quella alla quale ci siamo fin qui riferiti.

La topologia del circuito influenza in modo notevole la capacità diagnostica del test T_{ma} .

Consideriamo difatti la struttura seguente:

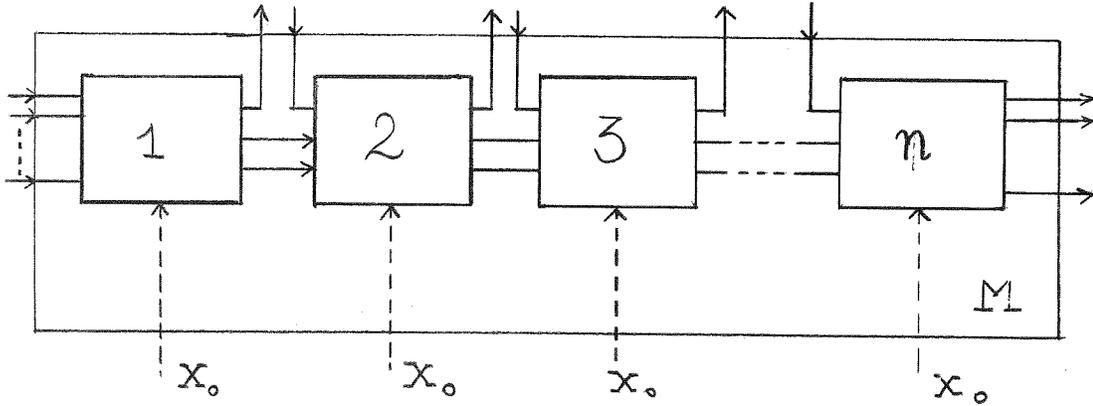


Fig. 15

Essa, come già detto in precedenza, è un caso particolare della struttura generale di fig.3.

Supponiamo di avere ricavato i tests T_1, T_2, \dots, T_n , necessari per testare le macchine 1, 2, . . . n, considerate isolate dalla struttura M. Supponiamo inoltre che le tabelle delle macchine 1, 2, . . . n posseggano le caratteristiche richieste per poter funzionare come macchine precedenti e successive. Si possono allora ricavare i tests $T_{m1}, T_{m2}, \dots, T_{mn}$ da applicare alla macchina M per testare le singole macchine.

Applicando $T_{m1}, T_{m2}, \dots, T_{mn}$ nell'ordine si ottiene una informazione diagnostica che ci permette di affermare che un guasto è presente nella macchina k se il primo test che ha avuto esito negativo è T_{mk} e si è rilevata una discordanza sulle uscite primarie della macchina k. Si può affermare che un guasto è presente o sulla macchina k o sulla macchina k + 1

se sotto T_{mk} si rileva una discordanza sulle uscite primarie della macchina $k + 1$.

Questa osservazione permette di risolvere il problema di aumentare la capacità diagnostica del test T_{ma} per la struttura di fig.3.

Difatti introducendo delle sconnessioni in punti opportuni si può riportare la struttura di una macchina M qualsiasi a quella di fig.15, ottenendo pertanto la capacità diagnostica vista per la struttura di fig.15.

Il test T_{ma} da applicare alla macchina M per testare la macchina A ha la capacità di rilevare anche un sottoinsieme dei guasti della macchina MS.

Pertanto possiamo affermare che il test $T_m = \{T_{m1}, T_{m2} \dots \dots T_{ma} \dots \dots T_{mn}\}$ necessario a testare tutta la macchina M è un test largamente ridondante.

Per ridurre la ridondanza di T_m , è sufficiente, una volta ricavato T_{ma} , associare a T_{ma} il sottoinsieme dei guasti di MS che vengono rilevati da T_{ma} . Successivamente il test T_{mms} da applicare a M per testare MS sarà ricavato per rilevare i guasti di MS che non sono stati rilevati dal T_{ma} .

6 - ESEMPIO DI APPLICAZIONE DEL METODO PROPOSTO.

Consideriamo la macchina M costituita da un accumulatore di tipo ripple-adder con un numero n di celle uguali tra loro:

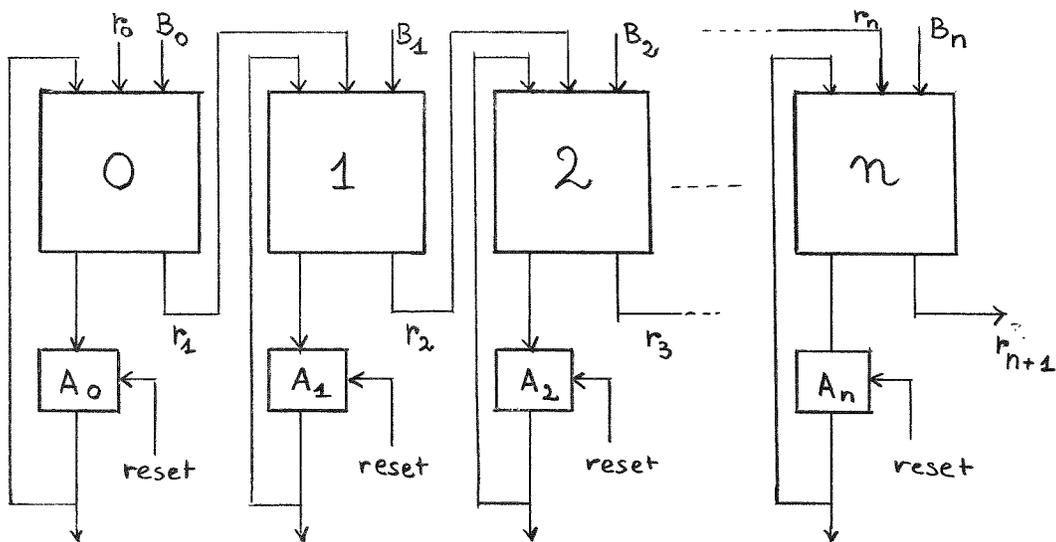


Fig. 16

Le tabelle di transizione e delle uscite secondarie per la macchina k -esima sono le seguenti:

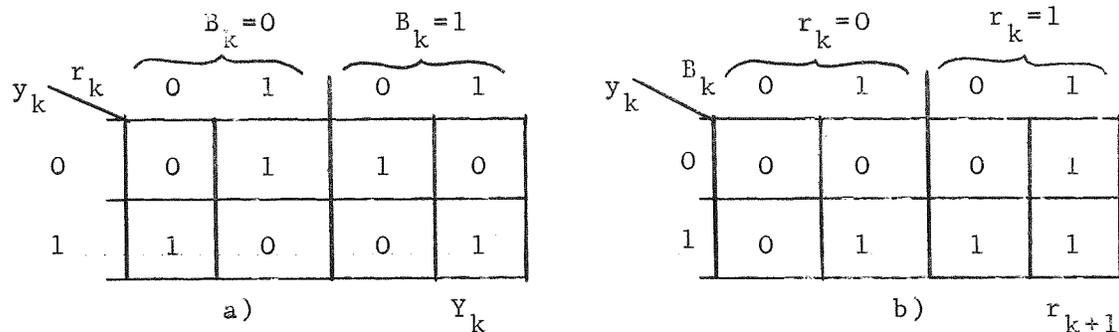


Fig. 17

Lo stato $y_k = A_k$.

Osserviamo che la tabella a) ci permette di affermare che la cella k della macchina M può essere utilizzata come macchina MS per la cella $k-1$, con l'ulteriore caratteristica che una qualunque sequenza dell'ingresso B_k è capace di discriminare qualsiasi variazione si presenti su r_k .

Viceversa si vede che la tabella b) non possiede la caratteristica richiesta perché la cella k sia macchina Mr per la cella $k+1$.

Infatti non è possibile ottenere un valore qualsiasi di r_k indipendentemente dallo stato e dal campo in cui ci si trova.

Come macchina Mr per la cella $k + 1$ è necessario considerare la macchina composta dalle celle $0, 1, 2, \dots, k$.

Supponendo che il reset sia la condizione che forza tutti i registri a 0, un test T_0 che rileva tutti i guasti della cella 0 come se fosse isolata dalla struttura è il seguente:

| r_0 | B_0 | y_0 | r_1 | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | T_0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | |
| | | 0 | | |

Fig. 18

In T_0 , le configurazioni su r_0 e B_0 determinano la sequenza degli ingressi da applicare alla cella 0 e le configurazioni su y_0 e r_1 determinano la sequenza delle uscite che devono essere controllate per stabilire il buon funzionamento della cella 0.

Si può ottenere da T_0 il test T_{m0} da applicare ad M per testare la cella 0.

Poichè è arbitraria la sequenza da applicare a B_1 per rilevare i guasti che vengono evidenziati su r_1 , un possibile test T_{m0} è il seguente:

| r_0 | B_0 | B_1 | y_0 | y_1 | |
|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | T_{m0} |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| | | | 0 | 1 | |

Fig. 19

Questo test T_{m0} è capace di rilevare tutti i guasti della cella 0. In più esso rileverà anche un sottoinsieme dei guasti della cella 1.

Difatti se nella cella 0 non esiste alcun guasto, l'applicazione del test T_{m0} alla macchina M per testare la cella 0, corrisponde anche all'applicazione di un test T' alla cella 1, considerata isolata dalla struttura M, del tipo seguente:

| r_1 | B_1 | y_1 | r_2 | | r_1 | B_1 | y_1 | r_2 |
|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | T' | 1 | 0 | 1 | 1 T_1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1 | | | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | | | | | | 0 | |

Fig. 20

Questo test T' non è completo, ma è facile mostrare che lo diviene se si aggiunge alla sequenza degli ingressi $r_1 B_1$ la configurazione $r_1 = 0 \quad B_1 = 1$ ottenendo così il test T_1 di figura.

È possibile ora ricavare il test T_{m1} da applicare al la macchina M per testare la macchina l .

Esso sarà composto dalle configurazioni di ingressi e di uscite seguenti:

| r_0 | B_0 | B_1 | B_2 | y_1 | y_2 | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | T_{m1} |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| | | | | 0 | 0 | |

Fig.21

Dal momento che la sequenza degli ingressi da applicare ad M per testare la cella 1 contiene la sequenza degli ingressi da applicare ad M per testare la cella 0, il test T_{m1} insieme con la sequenza di uscite y_0 riesce a testare contemporaneamente la cella 0 e la cella 1.

Con procedimento analogo si può ottenere il test T_m da applicare alla macchina M per rilevare qualsiasi guasto della macchina M.

In particolare il test T_m per la struttura dell'esempio è costituito da una sequenza di nove configurazioni da applicare agli ingressi $r_0, B_1, B_2, \dots, B_n$, e da una

sequenza di nove configurazioni di uscita da controllare sulle uscite $y_0, y_1, \dots, y_n, r_{n+1}$.

Nel caso che $n = 8$ un test completo T_m è il seguente:

| r_0 | B_0 | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 | B_7 | y_0 | y_1 | y_2 | y_3 | y_4 | y_5 | y_6 | y_7 | r_8 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |

La capacità diagnostica giunge al livello di due celle consecutive. Cioè se la discordanza si ha sull'uscita y_k , e le uscite y_0, \dots, y_{k-1} sono corrette, si può senz'altro affermare che il guasto è o nella cella k o nella cella $k - 1$.

7 - CONCLUSIONI.

In questo lavoro viene affrontato il problema della prova di una macchina sequenziale A immersa in una struttura complessa.

Ci siamo posti nell'ipotesi che la struttura non venga appesantita con parti aggiuntive che abbiano lo scopo di sconnettere la macchina A dalla struttura in cui è inserita.

Questa ipotesi è stata fatta per meglio comprendere come possono essere utilizzate le caratteristiche intrinseche dei circuiti che compongono la struttura, per riuscire ad avere un test completo della struttura stessa.

Poichè la macchina A non ha tutti gli ingressi e tutte le uscite direttamente accessibili, è stato necessario individuare due macchine M_r ed M_s l'una precedente e l'altra successiva alla macchina A sotto prova.

Si sono studiate e definite le caratteristiche che devono essere possedute dalle macchine M_r ed M_s perchè un test ricavato per la macchina A considerata sconnessa dal-

la struttura, possa essere applicato alla macchina A utilizzando le macchine Mr ed MS.

Poichè queste caratteristiche sono molto restrittive in quanto introducono notevoli vincoli sulla tabella delle uscite della macchina Mr e della macchina MS, si è mostrato come molti di questi vincoli possano essere eliminati solo se si introducono delle opportune restrizioni sulla procedura di generazione del test per la macchina A considerata sconnessa dalla struttura, e se esiste la possibilità di inibire l'evoluzione di alcune macchine all'interno della struttura complessa.

Successivamente abbiamo esaminato il problema relativo alla capacità diagnostica di un test ottenuto con questo procedimento ed abbiamo verificato che particolari strutture topologiche permettono di aumentare la capacità diagnostica.

Abbiamo terminato dando un esempio con il quale si mostra come si può riuscire a ricavare un test completo per una struttura particolare in cui le macchine Mr ed MS possiedono le caratteristiche richieste.

Concludendo, da questo lavoro si possono ricavare dei criteri che permettono di introdurre in maniera sistematica delle sconessioni in una struttura complessa, tenendo conto delle caratteristiche intrinseche dei circuiti componenti la struttura.

RIFERIMENTI

- [1] F.C.HENNIE, "Fault detecting experiments for sequential circuits"
Proc.5th Ann.Symp. on Switching Theory and Logical Design, Princeton University, Princeton, N.J., Nov. 1964, pp.95-110
- [2] C.R.KIME, "A failure detection method for sequential circuits"
Dept. of Elec.Engrg., University of Iowa, Iowa City, Tech.Rept. 66-13, January 1966.
- [3] G.GONENC, "A method for the design of fault detection experiments"
IEEE Transactions on Computers, June 1970, pp.551-558.
- [4] A.D.FRIEDMAN, "Fault detection in redundant circuits"
IEEE Transactions on Computers, February 1967, pp.99-100
- [5] H.Y.CHANG, E.G.MANNING, G.METZE, "Fault diagnosis of digital systems"

Wiley Interscience 1970.

- [6] J.F. POAGE, E.J. McCLUSKEY, "Derivation of optimum test sequences for sequential machines" Annual Symp. on Switching Theory and Logical Design 1964, p.121.
- [7] PUTZOLU, ROTH, "A heuristic algorithm for the testing of asynchronous circuits" IEEE Trans. on Computers, June 1971, pp.639-647.

INDICE

| | | |
|---|------|----|
| INTRODUZIONE..... | pag. | 1 |
| 1. CONSIDERAZIONI GENERALI SUL PROBLEMA DEL TEST DI UNA MACCHINA SEQUENZIALE..... | " | 2 |
| 2. PROBLEMI CONCERNENTI LA PROVA DI UNA MACCHINA IMMERSA IN UNA STRUTTURA COMPLESSA..... | " | 7 |
| 2.1 Considerazioni riguardanti la macchina precedente..... | " | 11 |
| 2.2 Considerazioni riguardanti la macchina successiva..... | " | 17 |
| 2.3 Ulteriori osservazioni sulle macchine MP ed MS..... | " | 23 |
| 3. PROBLEMI CHE RIGUARDANO L'APPLICAZIONE DEL TEST T_{ma} ALLA MACCHINA M PER PROVARE IL BUON FUNZIONAMENTO DELLA MACCHINA A..... | " | 25 |
| 4. INFLUENZA DELLE IPOTESI INIZIALI SUI VINCOLI DELLA STRUTTURA DELLE TABELLE DELLE MACCHINE MP ED MS..... | " | 28 |
| 4.1 Conseguenze della modifica della ipotesi 3). " | " | 31 |
| 4.1.1 Considerazioni circa la macchina MP... | " | 31 |
| 4.1.2 Considerazioni circa la macchina MS... | " | 33 |
| 4.2 Conseguenza della modifica delle ipotesi 2). " | " | 34 |
| 5. CONSIDERAZIONI CIRCA LA CAPACITA' DIAGNOSTICA E LA RIDONDANZA DEL TEST T_{ma} | " | 36 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 6. ESEMPIO DI APPLICAZIONE DEL METODO | |
| PROPOSTO.....pag. | 39 |
| 7. CONCLUSIONI....." | 46 |
| RIFERIMENTI....." | 48 |