

Problema 1

In un sistema di comunicazione digitale vengono trasferiti messaggi costituiti da al più N_{\max} simboli, ciascuno rappresentato mediante k bit. Poiché in tali messaggi intervengono sovente stringhe di simboli identici consecutivamente ripetuti, può risultare conveniente ricorrere, onde minimizzarne il tempo di trasferimento, alla seguente tecnica euristica di compressione, che prevede di:

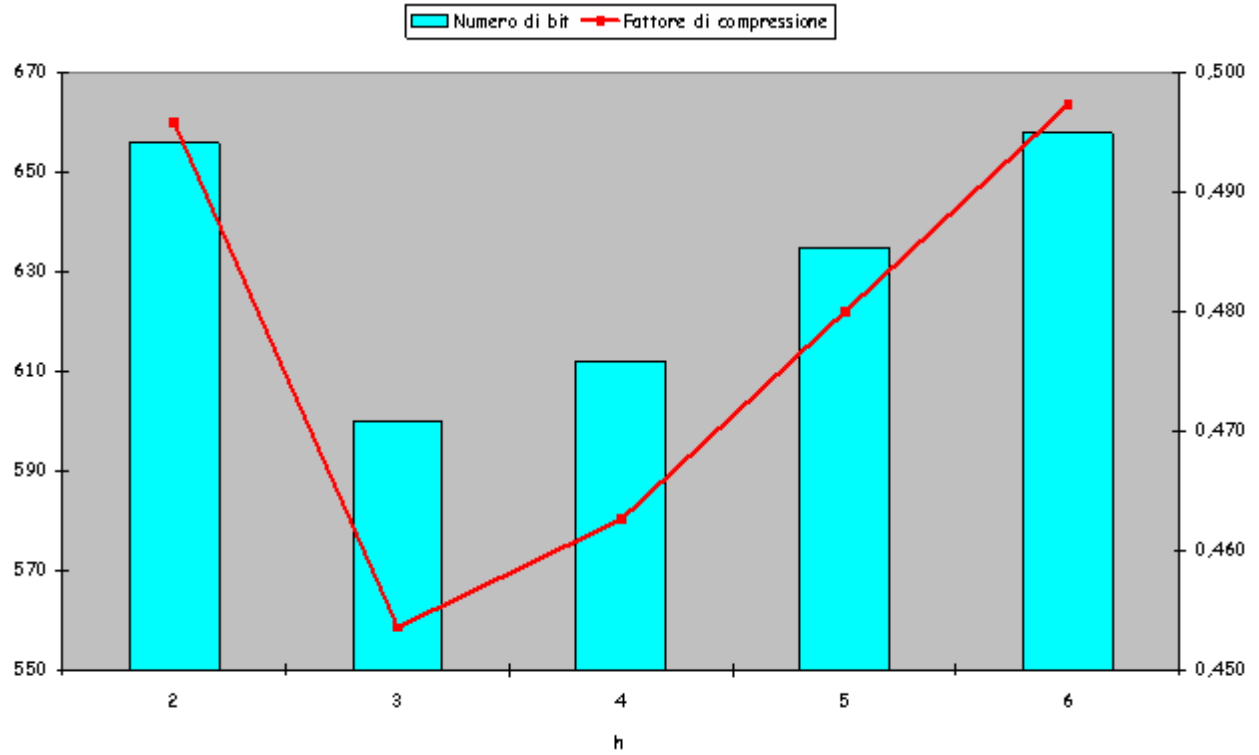
1. estendere la rappresentazione originaria di ciascun simbolo s ($s \equiv b_{k-1} \dots b_1 b_0$) con un ulteriore bit (b_k), cui è affidato il ruolo di evidenziare se il simbolo stesso è ($b_k = 1$) o meno ($b_k = 0$) seguito da altri simboli identici;
2. codificare individualmente, mediante $(k + 1)$ bit, ogni simbolo s seguito da un simbolo diverso tramite la configurazione estesa $\sigma \equiv b_k b_{k-1} \dots b_1 b_0 = 0 \cup s$;
3. codificare cumulativamente, mediante $(k + 1 + h)$ bit, i simboli di ogni stringa S (s, n) formata da uno stesso simbolo s ripetuto consecutivamente n volte ($2 \leq n \leq n_{\max} = 2^h + 1$) tramite la configurazione estesa $\sigma \equiv b_k b_{k-1} \dots b_1 b_0 = 1 \cup s$ del simbolo stesso, indicata una volta sola, seguita dal valore numerico $v = n - 2$ ($0 \leq v \leq 2^h - 1$) rappresentato secondo il codice binario attraverso h bit;
4. partizionare ogni stringa S (s, n') formata da uno stesso simbolo s ripetuto consecutivamente $n' > n_{\max}$ volte in $\lceil n' / n_{\max} \rceil$ sottostringhe, di cui $\lfloor n' / n_{\max} \rfloor$ costituite da n_{\max} simboli e l'eventuale ultima da $n' \bmod n_{\max}$ simboli, codificando poi individualmente ciascuna di esse come in precedenza (punti 2, 3) descritto.

L'efficacia di tale tecnica di compressione è chiaramente correlata alla distribuzione di probabilità (frequenza relativa) secondo cui si presentano in un messaggio stringhe formate da uno stesso simbolo ripetuto consecutivamente più volte. Nota tale distribuzione, è possibile individuare il valore ottimale del parametro h e quindi calcolare il fattore di compressione (FC) di un messaggio, definito come rapporto fra la dimensione del messaggio codificato e quella del messaggio originario.

Con riferimento, ad esempio, al seguente messaggio di tipo testuale costituito da 189 caratteri, ciascuno rappresentato mediante $k = 7$ bit secondo il codice ASCII (per maggior leggibilità, lo "spazio" è indicato con \bullet , il "carriage return" con \downarrow , il "line feed" con \downarrow)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	t	a	b	e	l	l	a	↵	↓				
2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	a	•	•	•	•	•	b	•	•	•	•	•	•	c	↵	↓
3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	d	•	•	•	•	•	e	•	•	•	•	•	•	f	↵	↓
4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	g	•	•	•	•	•	h	•	•	•	•	•	•	i	↵	↓
5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	l	•	•	•	•	•	m	•	•	•	•	•	•	n	↵	↓
6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	o	•	•	•	•	•	p	•	•	•	•	•	•	q	↵	↓
7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	r	•	•	•	•	•	s	•	•	•	•	•	•	t	↵	↓
8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	u	•	•	•	•	•	v	•	•	•	•	•	•	z	↵	↓

la frequenza relativa dei simboli a, b, ..., z, ↵, ↓ non consecutivamente ripetuti è del 22.2%, mentre quella dei simboli afferenti alle stringhe S (l, 2), S (•, 5), S (•, 9), S (•, 12) è del 1.1%, 37%, 33.3%, 6.3%, rispettivamente. Ne consegue che, selezionato per h il valore ottimale 3,



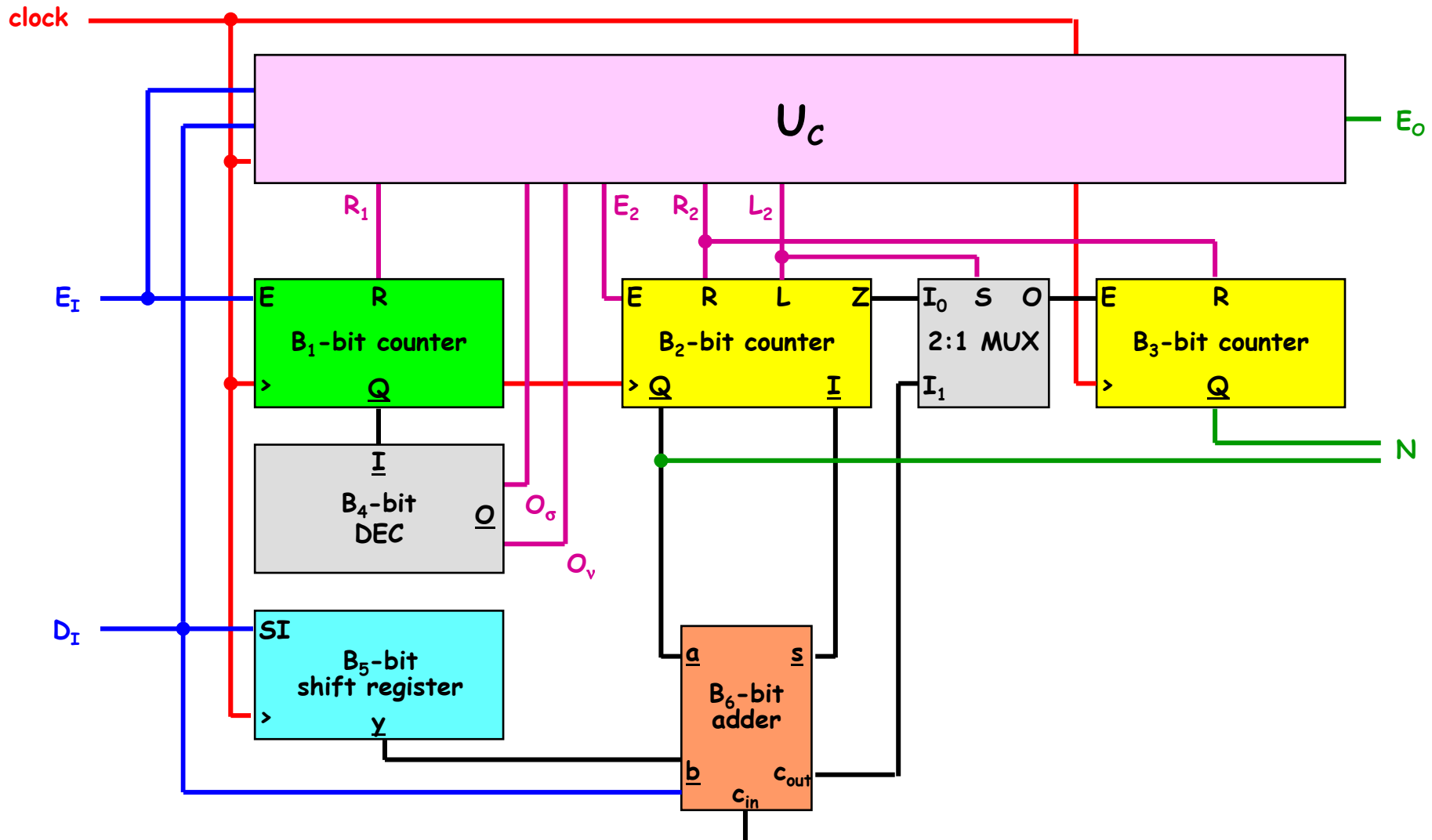
tale messaggio può essere convenientemente codificato mediante 600 bit soltanto, anziché $189 \times 7 = 1323$ ($FC = 0.454$), come segue:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1 0 1 7	1 0 1 1	0 0 1 t'	0 0 1 a'	0 0 1 b'	0 0 1 e'	1 0 1 l'	0 0 1 a'	0 0 1 ↓'	0 0 1 ↓'	σ ν
2	1 0 1 7	0 0 1 a'	1 0 1 3	0 0 1 b'	1 0 1 3	0 0 1 c'	0 0 1 ↓'	0 0 1 ↓'			σ ν
3	1 0 1 7	0 0 1 d'	1 0 1 3	0 0 1 e'	1 0 1 3	0 0 1 f'	0 0 1 ↓'	0 0 1 ↓'			σ ν
4	1 0 1 7	0 0 1 g'	1 0 1 3	0 0 1 h'	1 0 1 3	0 0 1 i'	0 0 1 ↓'	0 0 1 ↓'			σ ν
5	1 0 1 7	0 0 1 l'	1 0 1 3	0 0 1 m'	1 0 1 3	0 0 1 n'	0 0 1 ↓'	0 0 1 ↓'			σ ν
6	1 0 1 7	0 0 1 o'	1 0 1 3	0 0 1 p'	1 0 1 3	0 0 1 q'	0 0 1 ↓'	0 0 1 ↓'			σ ν
7	1 0 1 7	0 0 1 r'	1 0 1 3	0 0 1 s'	1 0 1 3	0 0 1 t'	0 0 1 ↓'	0 0 1 ↓'			σ ν
8	1 0 1 7	0 0 1 u'	1 0 1 3	0 0 1 v'	1 0 1 3	0 0 1 z'	0 0 1 ↓'	0 0 1 ↓'			σ ν

Un sistema sequenziale sincrono ha il compito di individuare, per ciascun messaggio codificato ricevuto in ingresso, il numero N di simboli che intervengono nella corrispondente rappresentazione originaria. I bit di un messaggio codificato sono forniti in ingresso al sistema serialmente attraverso il segnale D_I , senza soluzione di continuità ed a partire, per ogni simbolo σ e per ogni valore numerico ν , dal bit meno significativo (LSB). Il segnale E_I identifica con il valore logico 1 la fase di presentazione in ingresso al sistema di un messaggio. Il relativo numero di simboli N, rappresentato secondo il codice binario tramite un opportuno numero m di segnali di uscita, deve essere evidenziato dal sistema in corrispondenza dell'intervallo di clock immediatamente successivo a quello di ricezione dell'ultimo bit di un messaggio. Contestualmente il sistema deve attivare (livello logico 1, durata unitaria) il segnale di uscita E_O .

Il sistema, in maniera del tutto generale, può essere strutturato in accordo al modello "data-path & control unit" secondo lo schema indicato in figura.

- Si operi il dimensionamento delle risorse previste a livello di data-path (contatori (comandi di Reset e Load sincroni), registro a scorrimento, addizionatore, decodificatore) esprimendo il valore di B_1 , B_2 , B_3 , B_4 , B_5 e B_6 in funzione di N_{max} , k , h .



- Si completi lo schema delle interconnessioni per quanto concerne i segnali di ingresso dell'unità di controllo (O_σ, O_v) e dell'addizionatore (c_{in}, b_0, b_1, \dots).
- Si esegua la sintesi dell'unità di controllo U_C (ingressi: E_I, D_I, O_σ, O_v ; uscite: R_1, R_2, L_2, E_2, E_0) in modo tale che essa risulti invariante rispetto allo specifico valore dei parametri k, h ($h \leq k$).

$\forall N_{max}, k, h$

$$n = \max \{k+1, h\}$$

$$B_1 = \lceil \lg_2 n \rceil$$

$$B_2 = h$$

$$m = \lceil \lg_2 (N_{max}+1) \rceil$$

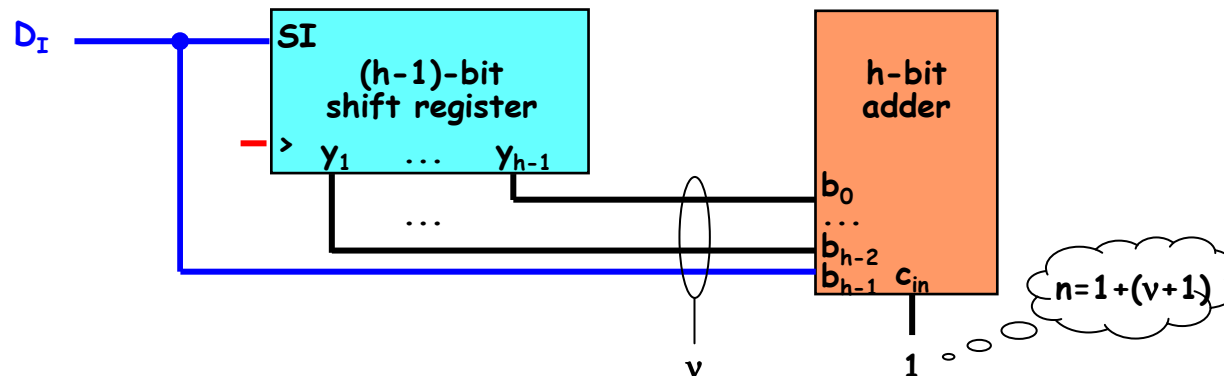
$$B_3 = m - h$$

$$B_4 = B_1$$

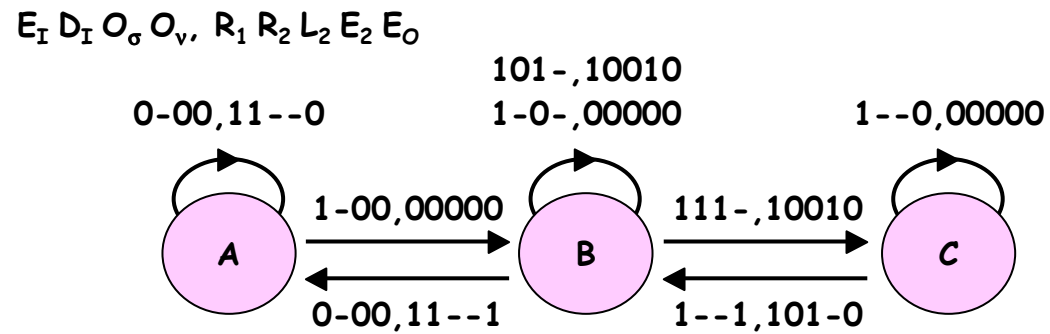
$$O_\sigma = O_k \quad O_v = O_{h-1}$$

$$B_5 = h - 1$$

$$B_6 = B_2$$



Unità di controllo



Q_C/Q_B	0	1
0	A	B
1	C	

$$R_2^n = (E_I')^n$$

$$L_2^n = (Q_C O_v)^n$$

$$E_2^n = (Q_B O_\sigma)^n$$

$$R_1^n = (R_2 + L_2 + E_2)^n$$

$$E_0^n = (Q_B R_2)^n$$

$$T_C^n = (E_2 D_I + L_2)^n$$

$$T_B^n = (T_C + Q_B' Q_C' E_I + Q_B E_I')^n$$

Problema 2

Una rete sequenziale asincrona è caratterizzata da due segnali di ingresso X_1 , X_0 e da un segnale di uscita Z .

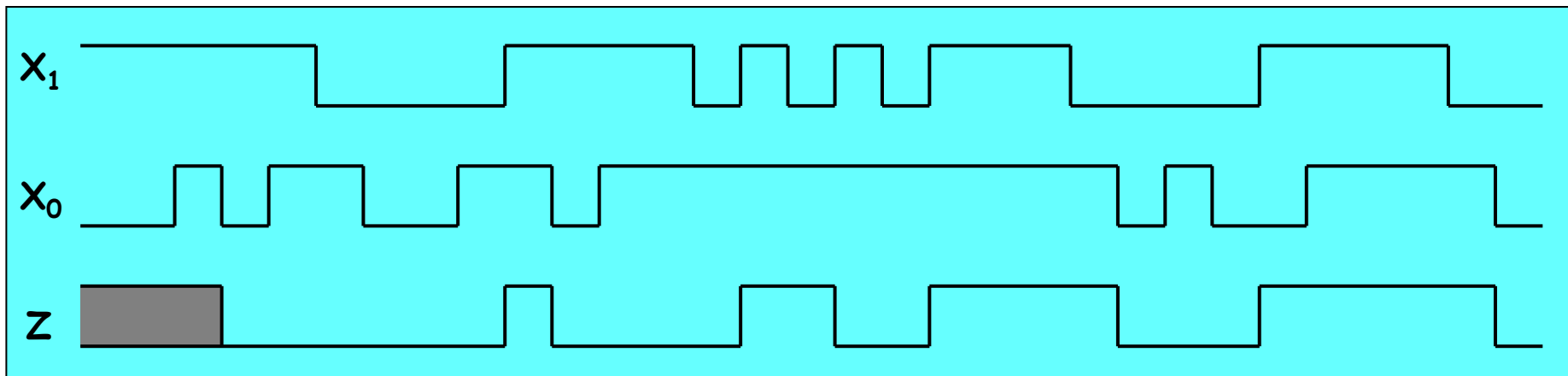
I segnali di ingresso possono cambiare di valore uno soltanto alla volta.

Il segnale di uscita deve prontamente:

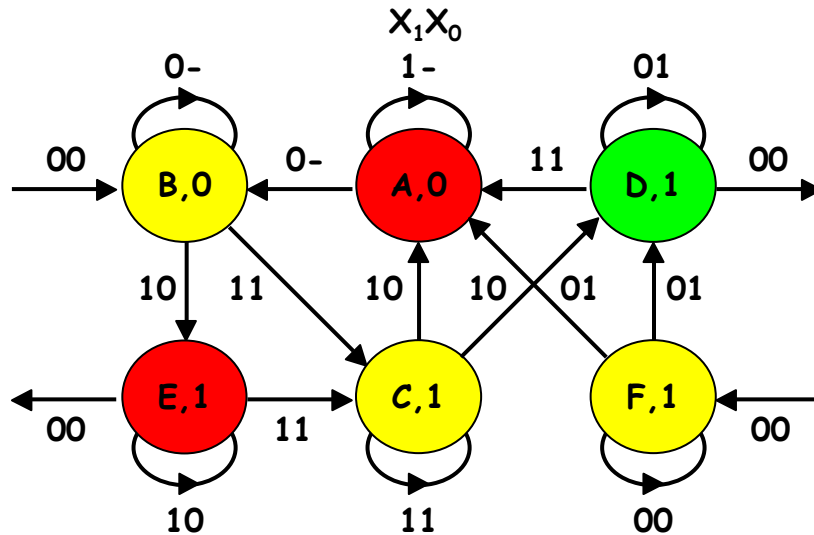
- assumere il valore logico 0 in corrispondenza di un fronte di discesa del segnale X_0 ;
- commutare, dal valore logico 0 al valore logico 1 o viceversa, in corrispondenza di un fronte di salita del segnale X_1 .

Si identifichi:

- il grafo degli stati della rete;
- la corrispondente tabella di flusso in forma minima;
- una tabella delle transizioni priva di corse critiche.



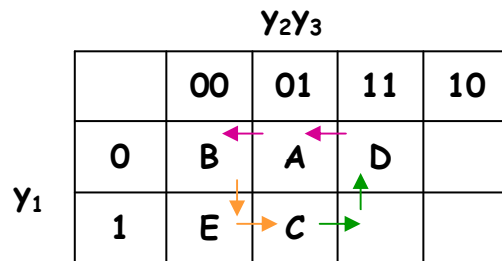
Grafo degli stati



Classi massime di compatibilità

{A}, {B}, {C,F}, {D}, {E}

Diagramma delle adiacenze e mappa di codifica



3 transizioni multiple

Tabella delle transizioni

		X_1X_0			
		00	01	11	10
$Y_1Y_2Y_3$	000	000,0	000,0	100,-	100,-
	001	000,0	000,0	001,0	001,0
	011	001,-	011,1	001,-	----,-
	010	----,-	----,-	----,-	----,-
	100	101,1	----,-	101,1	100,1
	101	101,1	111,1	101,1	001,-
	111	----,-	011,1	----,-	----,-
	110	----,-	----,-	----,-	----,-

$Y_1Y_2Y_3, Z$