

Corso di Calcolatori Elettronici I

A.A. 2011-2012

Contatori e Registri

Lezione 40

Prof. Antonio Pescapè

Università degli Studi di Napoli Federico II
Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica



Argomenti

- Contatori
 - Contatori come reti logiche
 - Contatori mod- b^n
 - Paralleli ed in cascata
 - Contatori in modulo diminuito
- Registri a Scorrimento

I contatori - 1

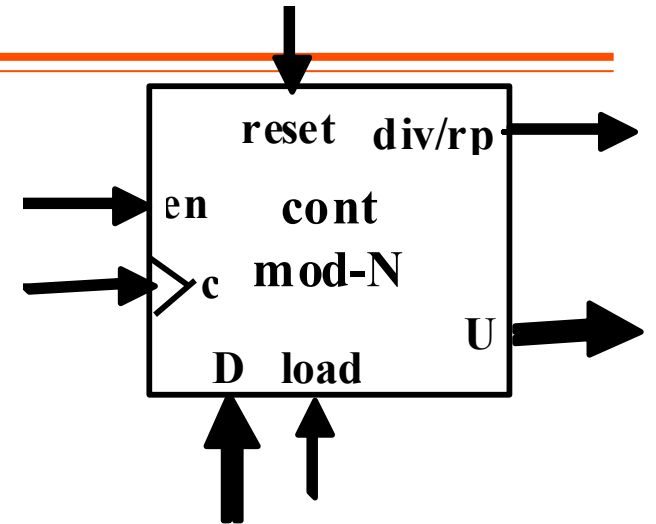
- Macchine sequenziali preferibilmente sincrone
- Posseggono N stati ordinati
- Se il primo stato coincide con lo stato successivo dell'ultimo stato, si realizza un contatore modulo N
 - **Un Contatore mod- N conta, in modulo N , gli impulsi o le variazioni di livello di un segnale assunto come segnale di conteggio (c)**

I contatori - 2

• Ingressi

- **c**: variabile di conteggio
- **en**: Abilitazione al conteggio
- **Reset**: pone $U = u_0$
- **Load**: pone $U = D$

(Reset e Load operano in sincronismo con c o in modo asincrono)



• Uscite

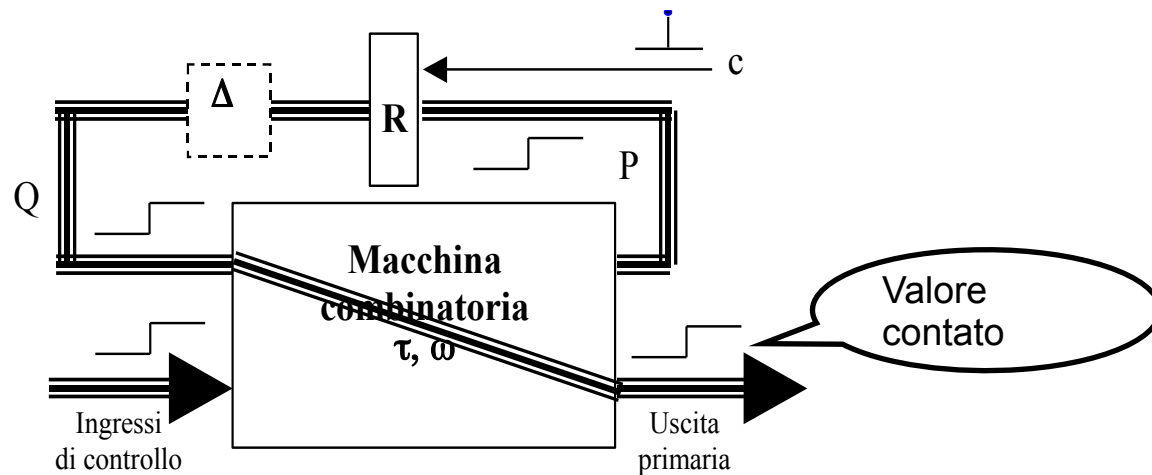
- **U** (conteggio-valore a crescere: $u_0 \rightarrow u_1 \rightarrow \dots \rightarrow u_{n-1} \rightarrow u_0$)
 - In genere di Moore
- **div** ($div=1$ se $U = u_{n-1}$)
 - A livelli.
- **ripple** (impulso sincrono con la transizione $u_{n-1} \rightarrow u_0$)
 - Ne assume il ruolo, il fronte di discesa di div

Alcuni contatori notevoli

- *contatore binario:*
 - se $n=2^k$ e la sequenza delle uscite $u_0u_1\dots u_{n-1}$ è codificata in aritmetica binaria;
 - *contatore decimale o decadico:*
 - se $n=10$ e le uscite sono un codice per la rappresentazione delle cifre decimali;
 - *contatore a crescere o up,*
 - se percorre un ordinamento crescente delle uscite ordinate, ad esempio un contatore decadico che conta 0, 1, 2, 3...9, 0,....;
 - *contatore a decrescere o down,*
 - se percorre l'ordinamento inverso a quello a crescere;
 - *contatore modulo 2*
 - Flip flop T abilitato!
-

Contatori come reti logiche - 1

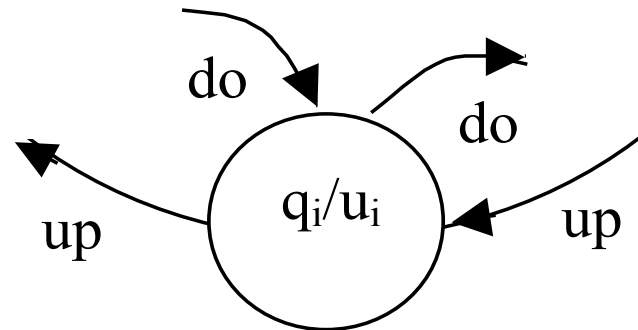
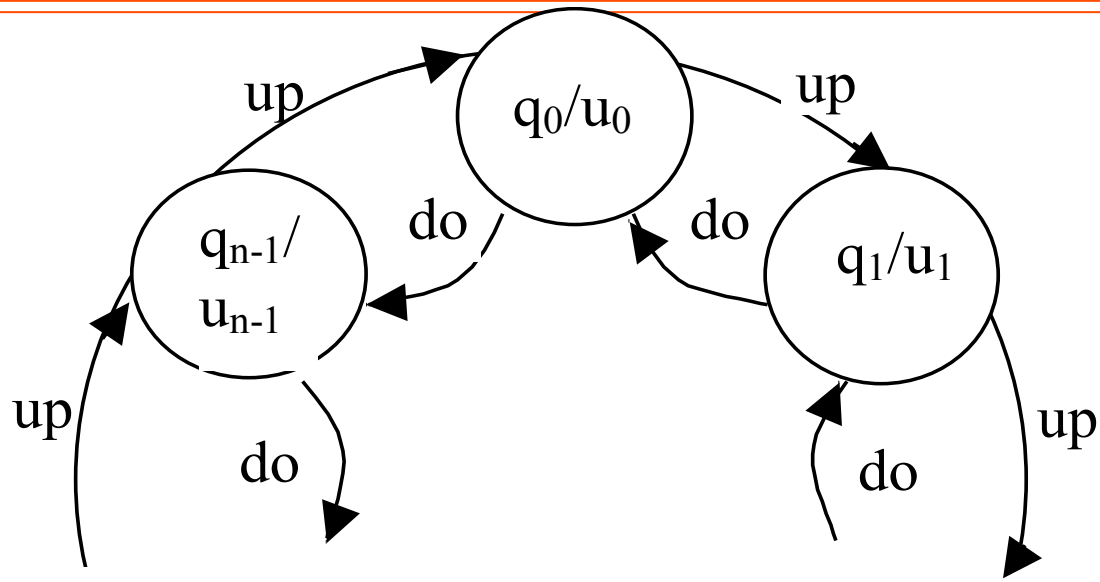
- Tipicamente macchine sequenziali **sincrone** (a sincronizzazione esterna)
- Il segnale di conteggio c funge da segnale di sincronizzazione
- Il registro di memorizzazione è tipicamente realizzato da ff edge-triggered



Ad es. up/
down

stati	c=attivo		uscite
	up	down	
q_0	q_1	q_{n-1}	u_0
q_1	q_2	q_0	u_1
...
q_{n-2}	q_{n-1}	q_{n-3}	u_{n-2}
q_{n-1}	q_0	q_{n-2}	u_{n-1}

Contatori come reti logiche - 1



c)

Contatori come reti logiche - 2

Macchine asincrone

- Si realizzano molto raramente
- Esempio
 - Contatore mod-2 (flip-flop T)
 - contano le transizioni dei fronti (mod-2 e mod-4)
 - problemi di alee essenziali: per sua natura tre variazioni dell'ingresso c devono condurre in uno stato diverso da quello di una sola.

c \ stat	0	1	uscita
q_{00}	q_{01}	q_{00}	0
q_{01}	q_{01}	q_{11}	0
q_{11}	q_{10}	q_{11}	1
q_{10}	q_{10}	q_{00}	1

c \ stat	0	1	uscita
q_{00}	q_{01}	q_{00}	0
q_{01}	q_{01}	q_{11}	1
q_{11}	q_{10}	q_{11}	2
q_{10}	q_{10}	q_{00}	3

Contatori come reti logiche - 2

Macchine asincrone

- Si realizzano molto raramente
- Esempio
 - Contatore mod-2 (flip-flop T)
 - contano le transizioni dei fronti (mod-2 e mod-4)

		C		uscita
		0	1	
stat	q ₀₀	q ₀₁	q ₁₀₀	0
	q ₀₁	q ₁₀₁	q ₁₁₁	0
	q ₁₁	q ₁₁₀	q ₁₁₁	1
	q ₁₀	q ₁₁₀	q ₁₀₀	1

		C		uscita
		0	1	
stat	q ₀₀	q ₀₁	q ₁₀₀	0
	q ₀₁	q ₁₀₁	q ₁₁₁	1
	q ₁₁	q ₁₁₀	q ₁₁₁	2
	q ₁₀	q ₁₁₀	q ₁₀₀	3

Contatori modulo $b^n - 1$

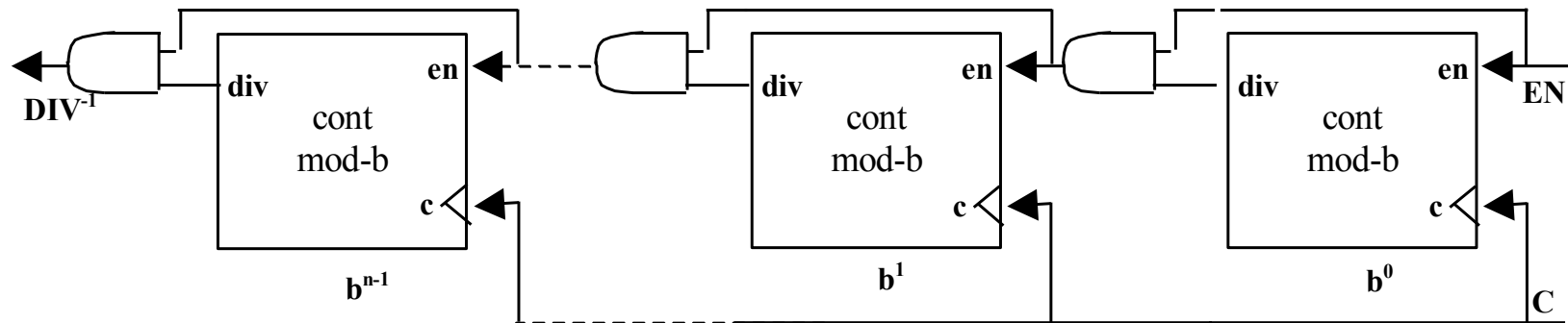
Contatori composti

- Un contatore *mod- b^n* si può realizzare usando n contatori *mod- b*
- Esistono due modelli realizzativi basati sulle proprietà della rappresentazione posizionale pesata dei numeri:
 - ***parallelo***
 - ***in cascata*** o ***ripple***.

Contatori modulo $b^n - 2$

Contatori paralleli

- Il segnale di conteggio va in parallelo a tutti gli stadi del contatore, ma solo quello di peso b_0 (il contatore delle unità) è abilitato.
- Il contatore di peso b_1 è abilitato da $en_1 = EN \cdot div_0$, cioè solo quando quello delle unità è al massimo

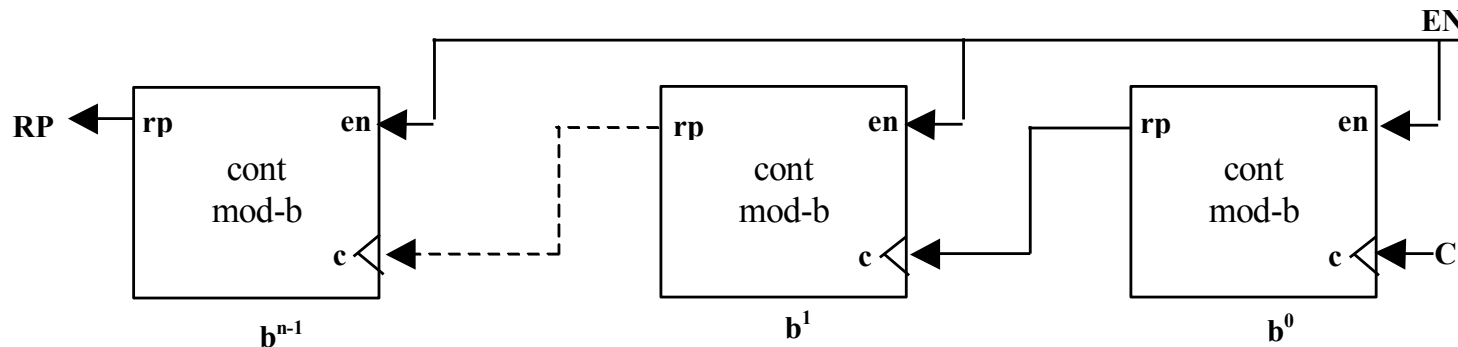


- Quello di peso b_2 lo è quando sono al massimo b_0 e b_1 ($en_1 = EN \cdot div_0 \cdot div_1$)...e così via...
- Soluzione più veloce di quella in cascata
 - Ritardo pari al tempo di posizionamento dei singoli componenti

Contatori modulo $b^n - 3$

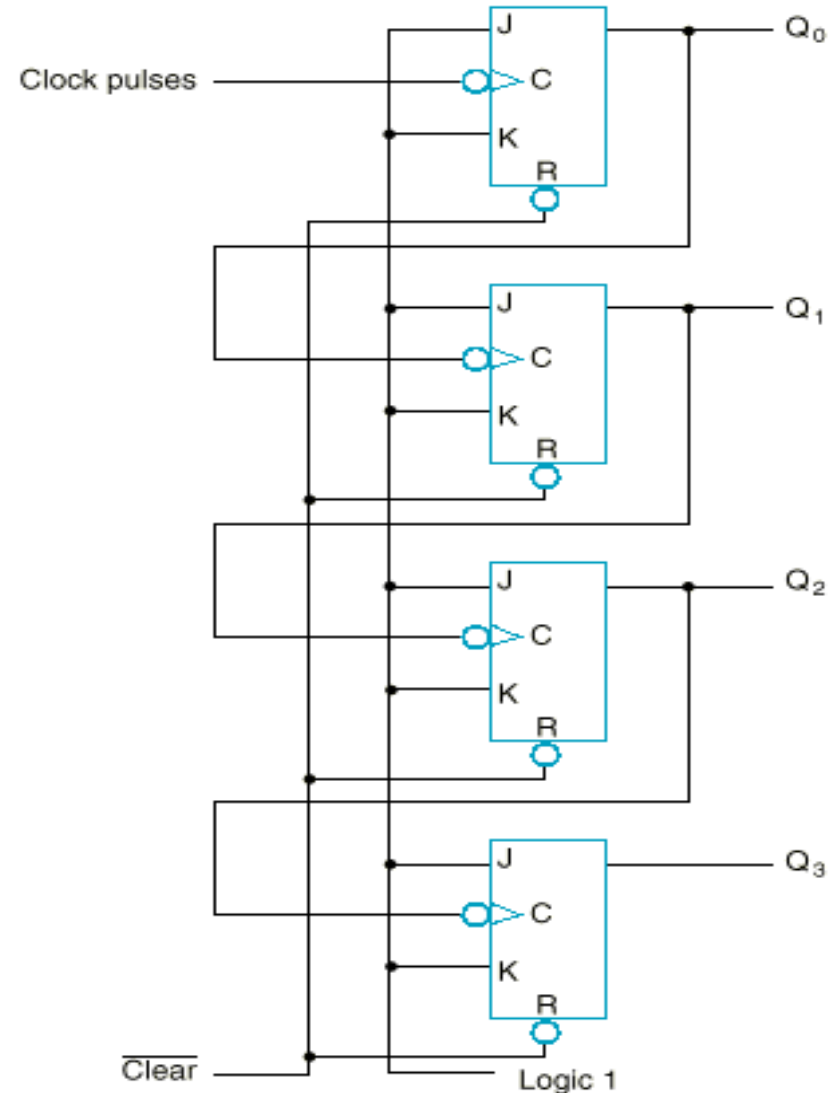
Contatori in cascata (ripple counter)

- Stadi abilitati in parallelo
 - lo stadio 0 riceve direttamente il segnale di conteggio c
 - gli altri stadi lo ricevono in cascata dal precedente
 - lo stato i -esimo conta quando lo stadio $(i-1)$ -esimo passa dal massimo allo 0, cioè il suo segnale di conteggio è rp_{i-1} .
- Soluzione più lenta ma di più semplice realizzazione
 - Il ritardo è pari alla somma dei ritardi



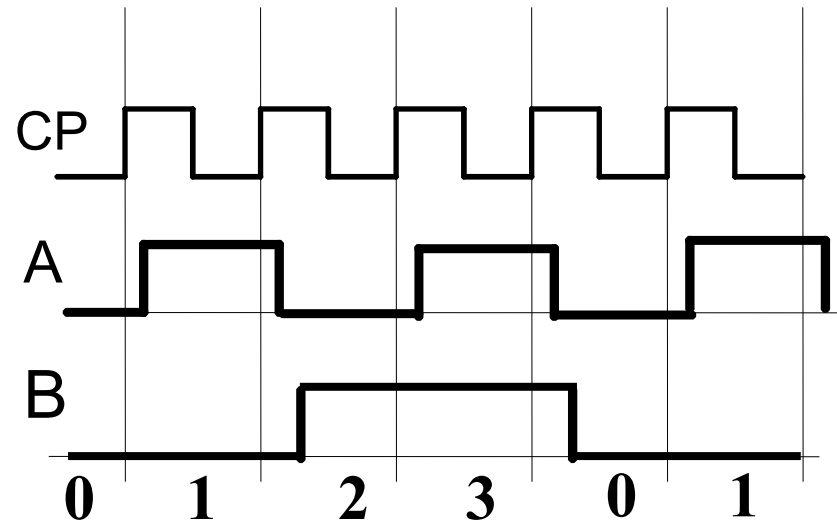
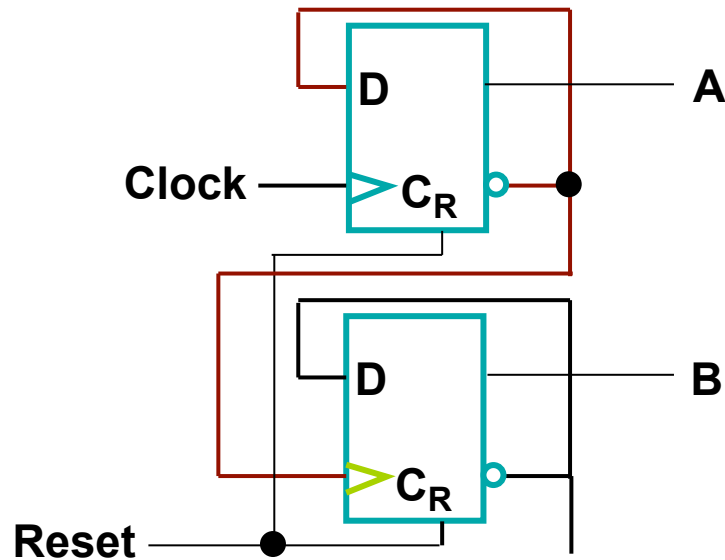
Contatori in Cascata

- Il ripple counter binario (contatore a crescere) con ff JK (in modalità *Toggle*)
- Contatore mod- 2^n con contatori mod-2 (contatore mod-16)



Contatori in Cascata

Flip-flop D usato come
contatore modulo 2



Un contatore ad n bit può essere composto
connettendo come sopra n flip-flop

Contatori in Cascata

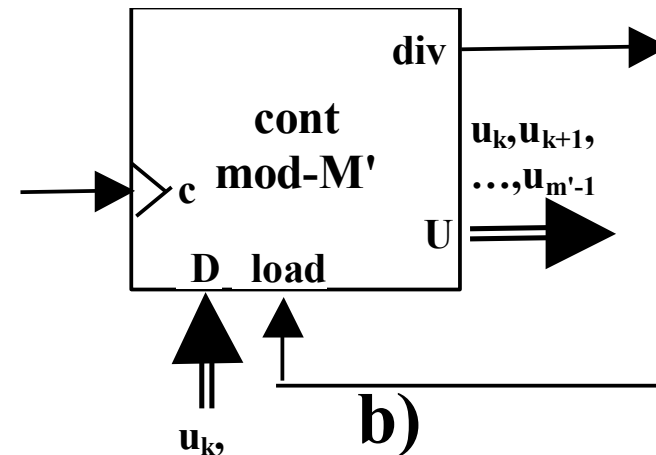
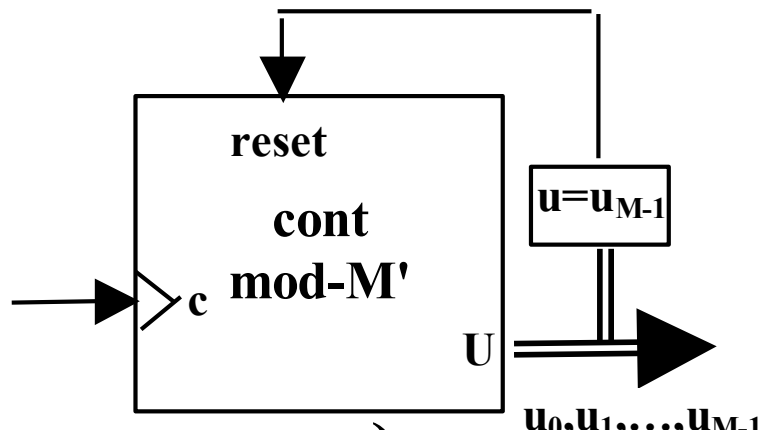
- Sono di semplice realizzazione
- Vengono attivate solo le parti del circuito interessate alle transizioni:
 - adatti a circuiti che richiedono basso consumo di potenza

Ma...

- particolarmente lenti per un alto numero di bit
- più critici da dimensionare a causa della dipendenza dei ritardi e del *clock skew*

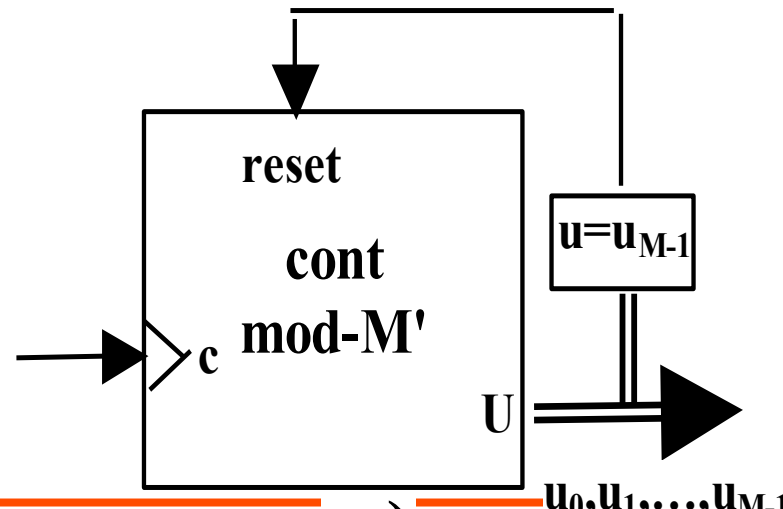
Contatori in modulo diminuito

- Realizzano il conteggio $mod-M$ utilizzando un contatore $mod-M'$ con $M < M'$ e gli ingressi di reset/load
- Reset e load devono essere sincroni
- Esempio
 - Contatore $mod-10$ con contatore $mod-16$



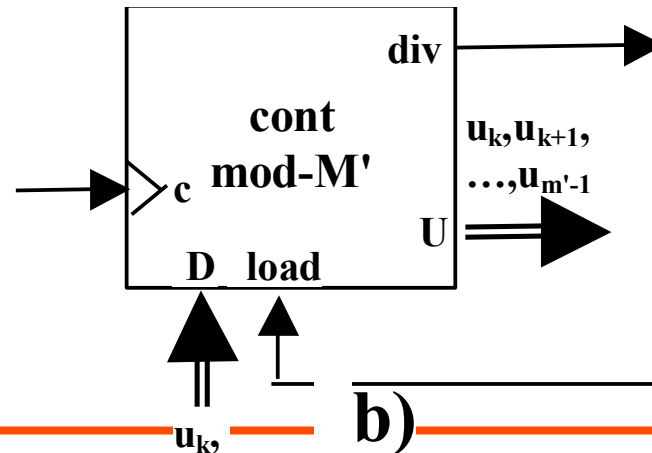
Contatori in modulo diminuito con reset

- Quando il contatore raggiunge l'uscita u_{M-1} , si pone $reset=1$;
- Al successivo segnale di conteggio il contatore si resetta e riparte da u_0 ;
- Il blocco $u=u_{M-1}$ è una semplice AND che opera sulle uscite primarie binarie ed identifica lo stato di uscita.



Contatori in modulo diminuito con load

- Posto $k=M'-M$, si fa percorrere al contatore il ciclo $u_k, u_{k+1}, \dots, u_{M'-1}$
- Quando esso raggiunge $u_{M'-1}$ ed è quindi $div=1$, si pone $load=1$ e si carica il valore u_k al prossimo segnale di conteggio
- Non è necessaria alcuna logica esterna al contatore
- L'uscita primaria non è codificata come sarebbe richiesto dal contatore $mod-M$



REGISTRI A SCORRIMENTO

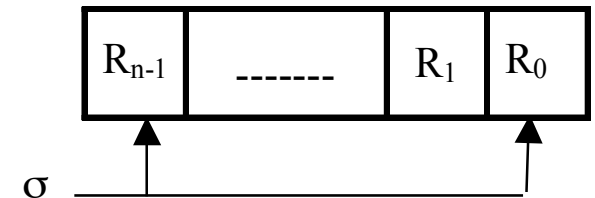
Registri a scorrimento

- Registri a scorrimento binari
 - Struttura ed applicazioni
- Registri a scorrimento come reti logiche
- Contatori con registri a scorrimento
 - Contatore ad anello
 - Contatore di Johnson

Registro a scorrimento binario - 1

Descrizione

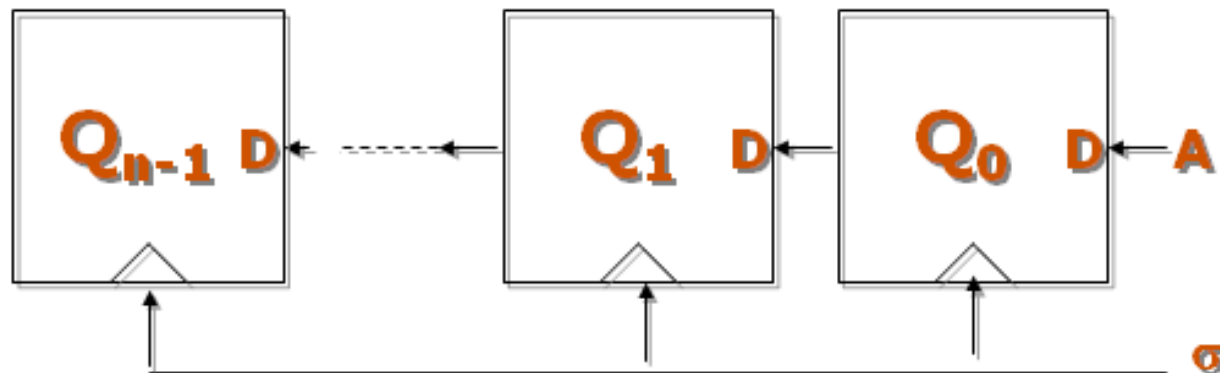
- Registro composto di bit (in generale di sottoregistri omogenei)
- Operazioni fondamentali
 - scorrimento a destra (Shift Right): $shr(R,A)$
 - scorrimento a sinistra (Shift Left): $shl(R,A)$
- Principali applicazioni:
 - Aritmetica (Shift = $\times 2$ a sinistra, $: 2$ a destra)
 - Serializzazione o parallelizzazione bit
 - Contatori speciali
- σ è il segnale di controllo sul cui fronte (salita/discesa) avviene lo shift



Registro a scorrimento binario - 3

Struttura

- Supposto realizzato con flip-flop D, un registro a scorrimento binario a sinistra di n bit ha dunque la struttura di figura
- Può avere una uscita **parallela** (tutti i flip-flop del registro), e/o una uscita **seriale** (Q_{n-1})
- Oltre all'ingresso seriale A , può averne anche uno parallelo



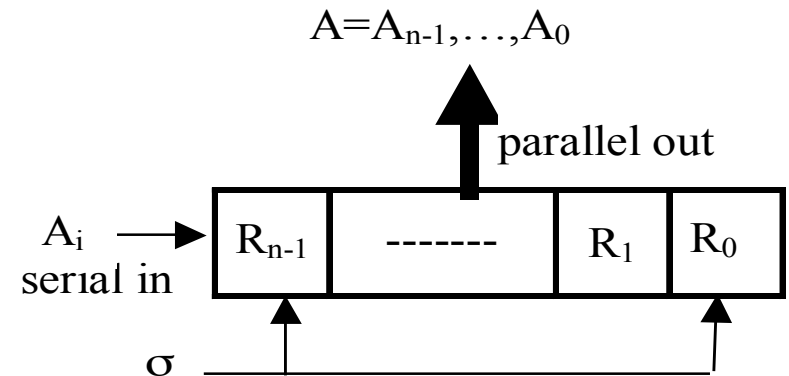
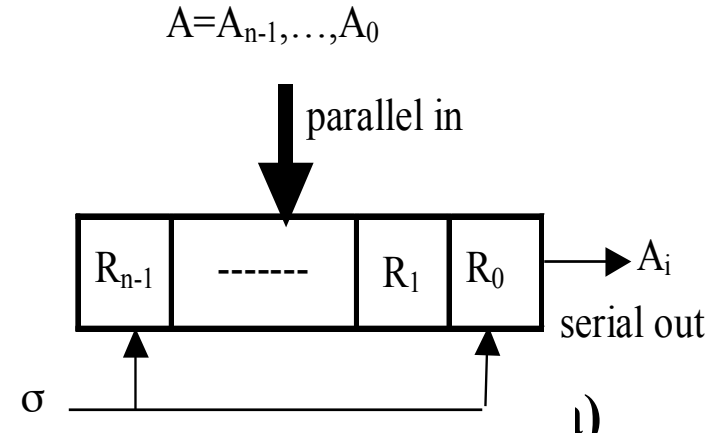
Registro a scorrimento binario - 4

- Altre possibili operazioni di shift
 - **Scorrimento circolare a destra (sinistra)**: inserisce nella prima posizione a sinistra (destra) del registro l'ultimo valore a destra (sinistra) del registro stesso.
 - $\text{cir}(R) = \text{shr}(R, R[0])$
 - $\text{cil}(R) = \text{shl}(R, R[n-1])$
 - **Scorrimento aritmetico**: produce in R il prodotto (left) o il quoziente intero (right) del valore precedente di R per la base di numerazione (rappresentazione dei numeri negativi in complemento).
 - $\text{ashl}(R)$;
 - $\text{ashr}(R)$.
 - **Scorrimento multiplo**: shift di k bit (nel tempo di uno shift semplice)
 - $\text{mshl}(R,A,k)$ **for** $i:=1$ **to** k **do** $\text{shl}(R,A)$; $\text{mshr}(R,A,k)$ **for** $i:=1$ **to** k **do** $\text{shr}(R,A)$
 - $\text{mcil}(R, k)$ **for** $i:=1$ **to** k **do** $\text{cil}(R)$; $\text{mcir}(R,k)$ **for** $i:=1$ **to** k **do** $\text{cir}(R)$
 - $\text{mashl}(R,k)$ **for** $i:=1$ **to** k **do** $\text{ashl}(R)$; $\text{mashr}(R,k)$ **for** $i:=1$ **to** k **do** $\text{ashr}(R)$
-

Registri a scorrimento - 5

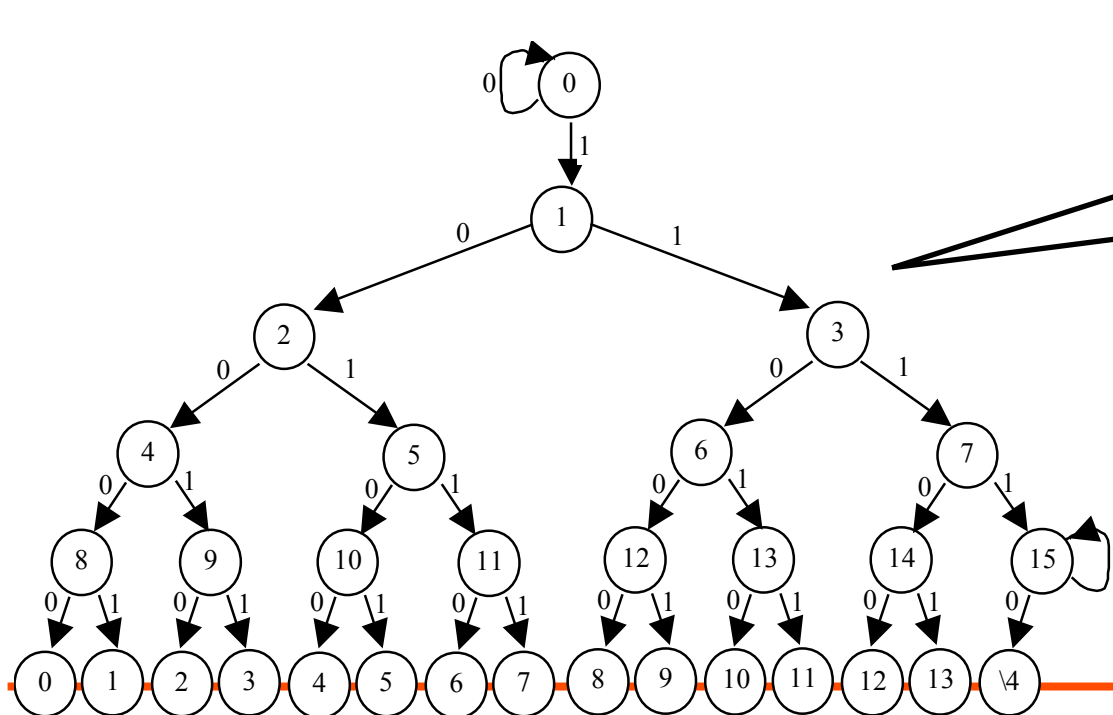
Trasformazione serie-parallelo

- ◆ Uno shift register consente di
 - trasferire serialmente un dato caricato in parallelo (**Parallel-in Serial-out**)
 - inoltrare in parallelo un gruppo di bit caricati serialmente (**Serial-in Parallel-out**)



Registri a scorrimento come reti logiche

- Macchina sincrona impulsiva a sincronizzazione esterna
 - 2^n stati interni
 - uscita parallela, coincidente con lo stato interno
 - uscita seriale coincidente con R_{n-1} o R_0



Registro a scorrimento (a sx) a 4 bit

- Ogni flip-flop del registro deve essere caricato, quando s è attivo, dal contenuto del registro alla sua destra ed R_0 dall'ingresso seriale.
- Flip-flop edge triggered o master-slave

Contatori con registri a scorrimento

Contatore ad anello

- Un registro circolante opera come contatore in modulo se opportunamente inizializzato (dicesi **contatore ad anello**).
- Essendo il registro finito, il pattern di bit (tranne tutti 0 e tutti 1) in esso contenuto certamente si ripete dopo $k \geq 1$ cicli: contatore mod- k con $k > 1$.
- Un pattern di inizializzazione per un registro a n bit di **tutti 0 ed un 1** (oppure dualmente tutti 1 ed uno 0) realizza un contatore mod- n .
 - *Contro*: n flip-flop invece di $\log_2 n$
 - *Pro*: Uscita decodificata piuttosto che in codice

Contatore di Johnson

- In generale è possibile porre $\text{Serial-in} = f(R)$
- **Contatore di Johnson**
 - Inizializzazione: tutti 0 (o tutti 1)
 - $\text{Serial-in} = \overline{Q_{n-1}}$ (se a sinistra)
 - Si realizza un contatore mod- $2n$: dopo n cicli si ottiene il valore iniziale complementato bit a bit e dopo altri n il valore iniziale.

Esempio

- Ciclo di conteggio (4 bit \rightarrow mod-8)
 - 0000 \rightarrow 0001 \rightarrow 0011 \rightarrow 0111 \rightarrow 1111 \rightarrow 1110 \rightarrow 1100
 \rightarrow 1000 \rightarrow 0000

Contatore di Johnson

- L'inizializzazione si può ottenere con un segnale di clear su tutti i flip-flop.
 - Svantaggio: uscita non decodificata (come i contatori ad anello)
 - Vantaggio: adoperato perché consente con semplicità di raddoppiare la lunghezza del ciclo.

Domande?

