



# I flip-flop ed il register file

Prof. Alberto Borghese  
Dipartimento di Scienze dell'Informazione  
[borgnese@di.unimi.it](mailto:borgnese@di.unimi.it)

Università degli Studi di Milano

Riferimento sul Patterson: Sezioni C.9 e C.11



## Sommario

**I problemi dei latch trasparenti sincroni**

I flip-flop D

I registri ed il register file



## I bistabili



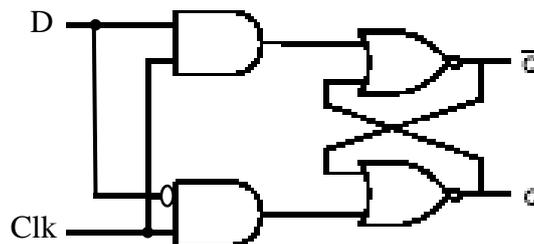
- Elementi di memoria (latch)
- “Cancelli” (flip-flop)



## I latch

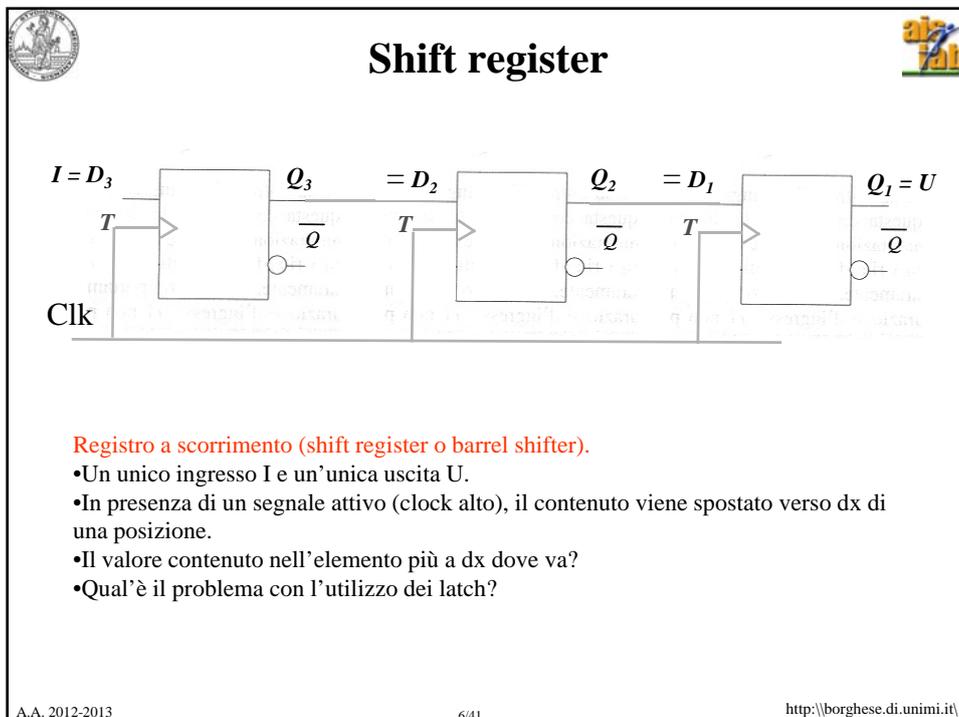
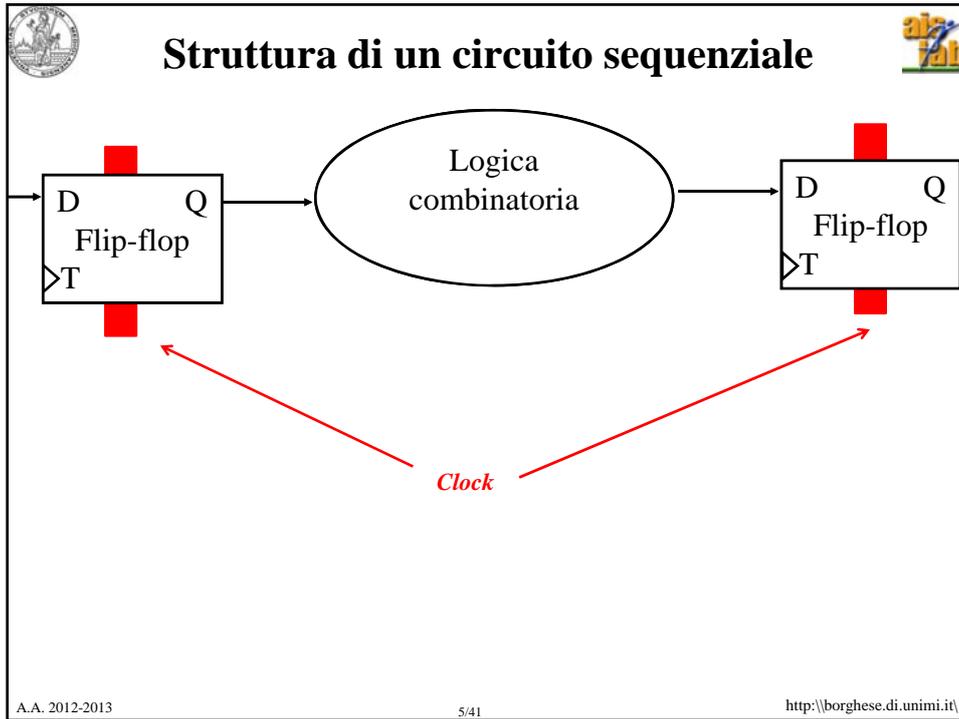


I latch sono chiamati anche dispositivi trasparenti: quando il clock è alto, il valore di D viene riportato in uscita,  $Q = D$ .



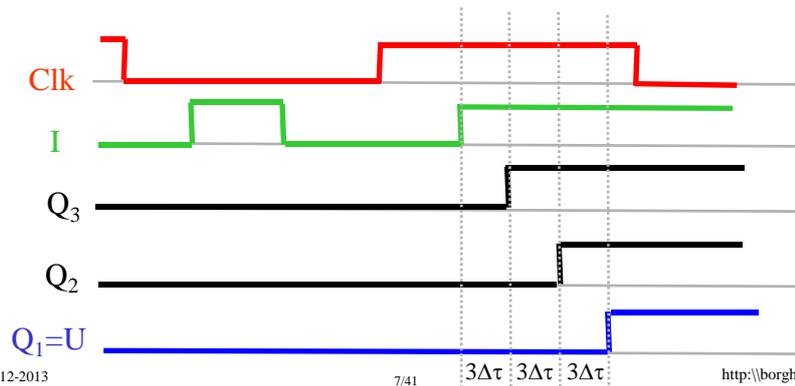
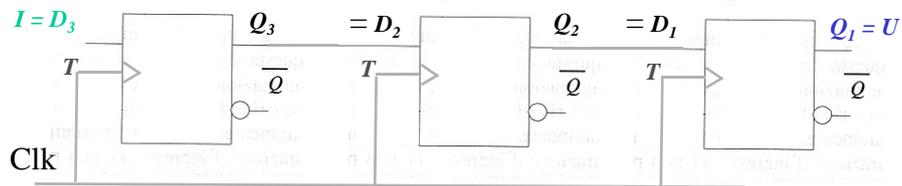
Per tutto il tempo in cui il clock è attivo, l'uscita è collegata all'ingresso D, dopo di che il “cancello” si chiude.

Il “cancello” è aperto per tutta la durata di un semiperiodo del clock. Problema?





## Shift register con i latch (i problemi)



## Sommario



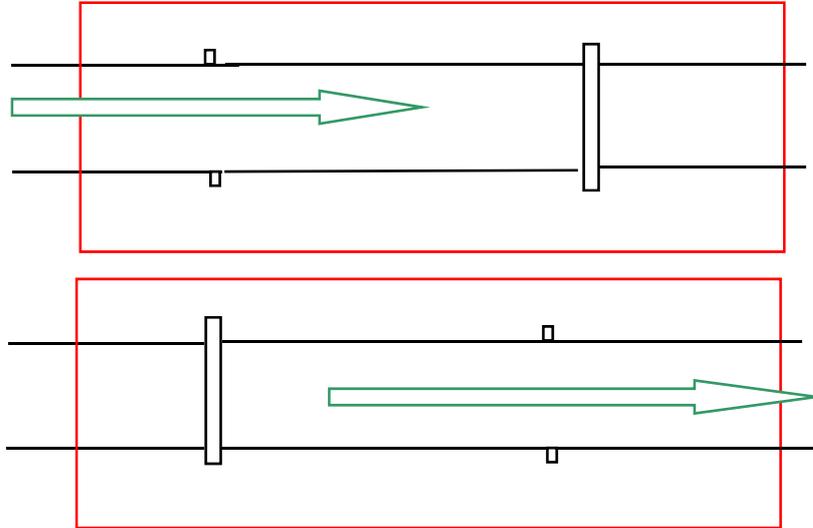
I problemi dei latch trasparenti sincroni

**I flip-flop D**

I registri ed il register file



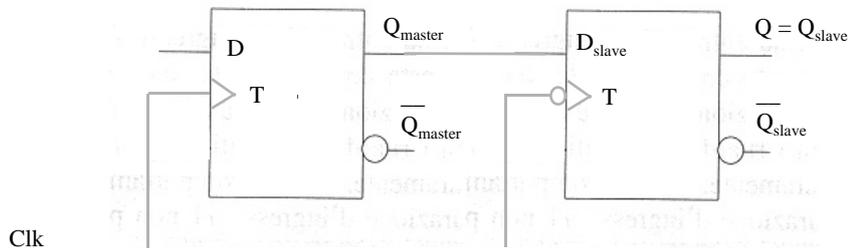
## Dispositivo di sincronizzazione



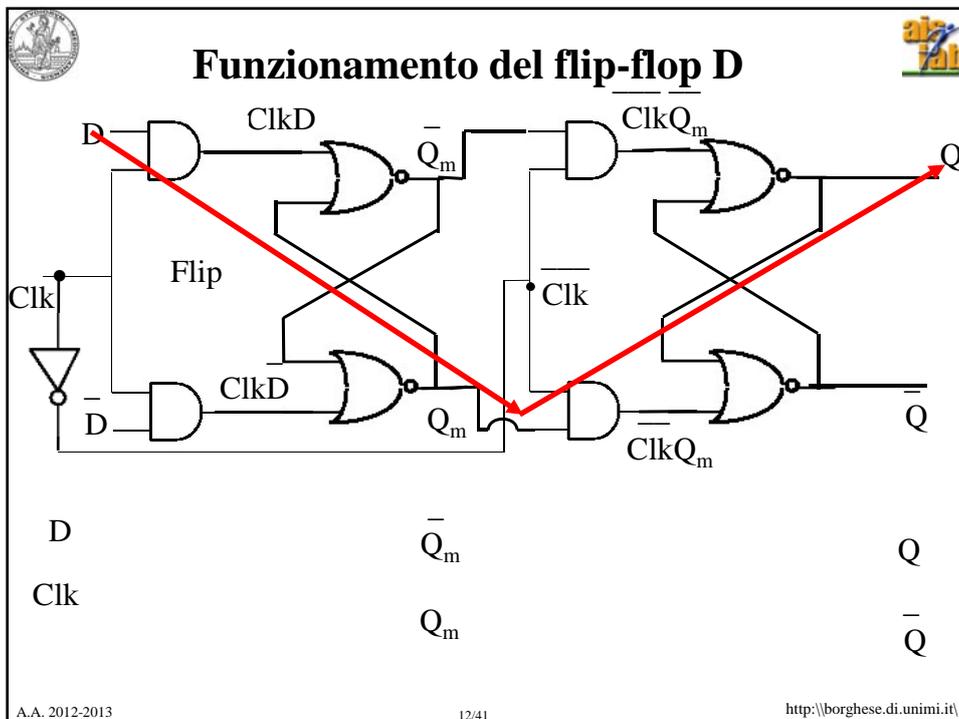
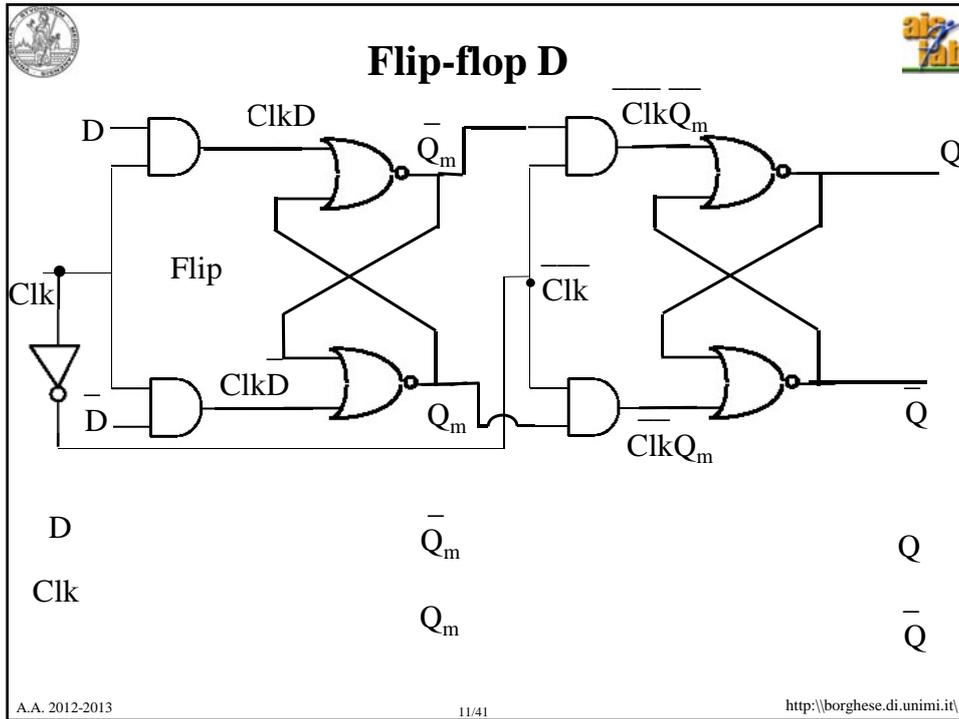
## Flip-flop

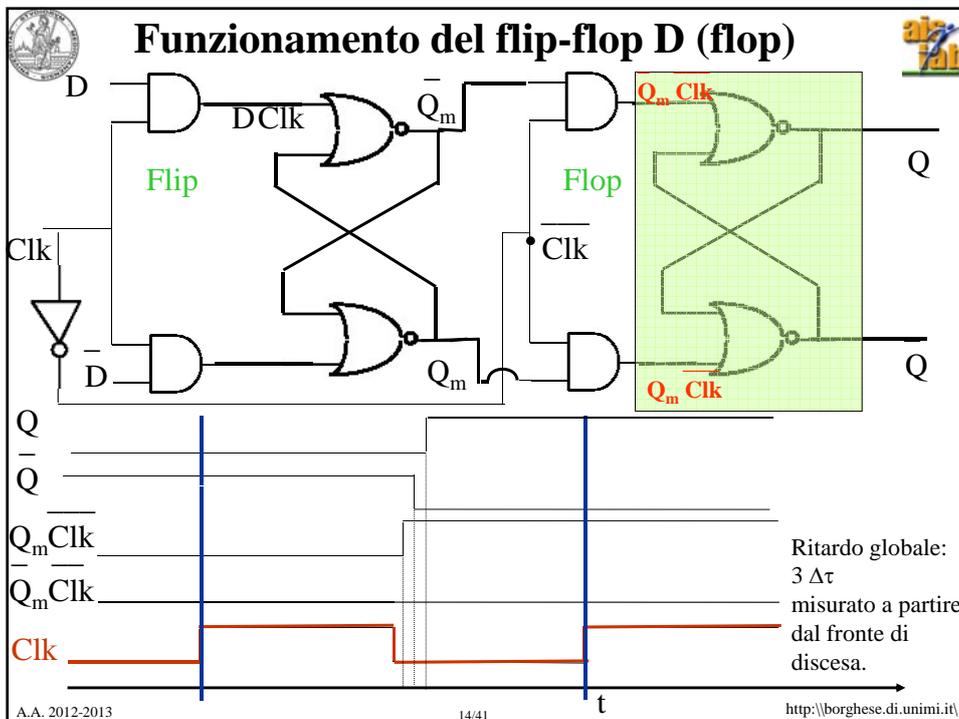
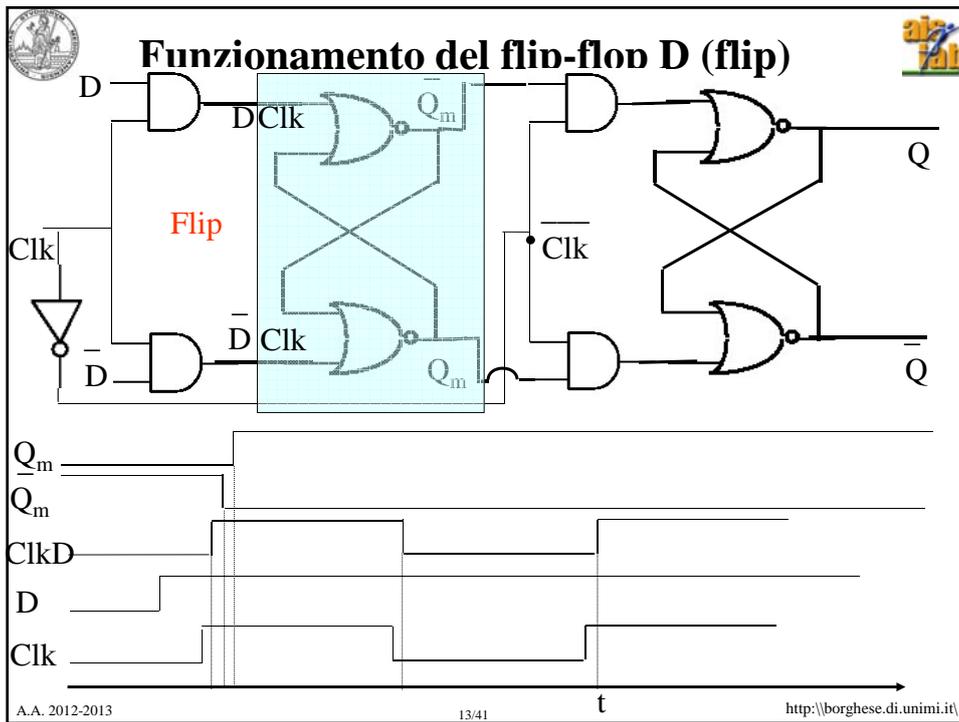


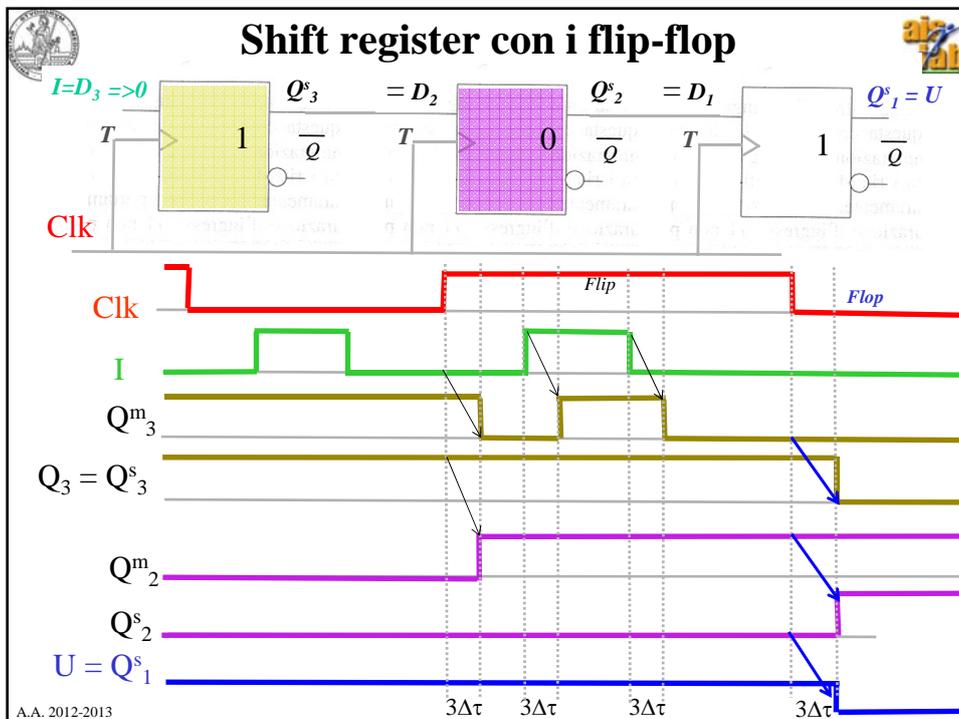
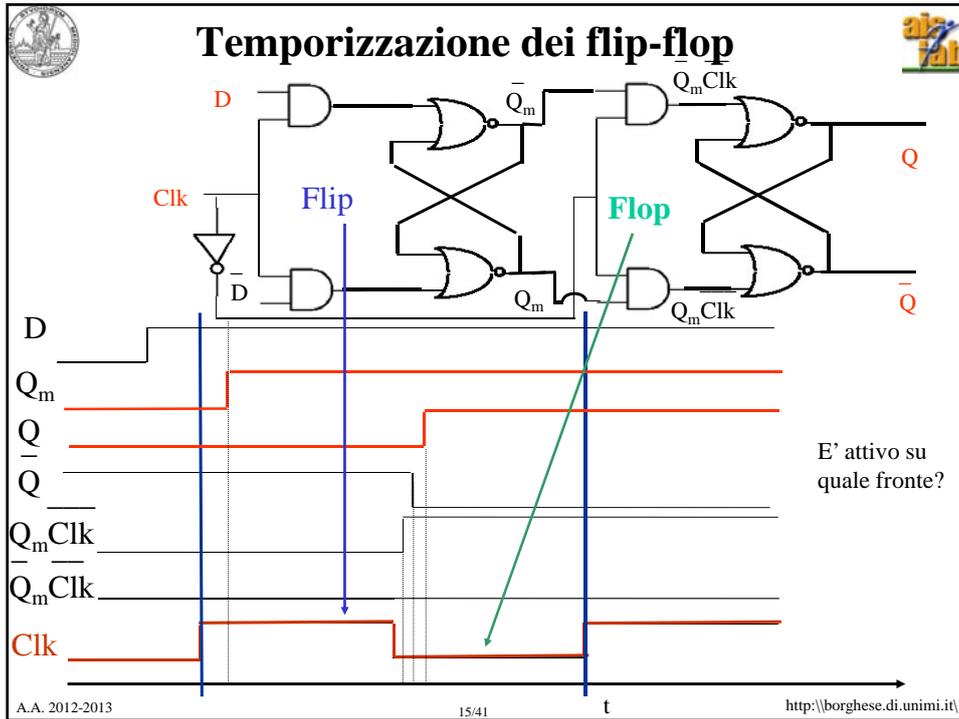
Dispositivi attivi sul fronte (di salita o discesa) del clock (edge sensitive): il loro stato (uscita) può commutare solo in corrispondenza della transizione alto->basso o basso->alto del clock.



Configurazione Master-Slave









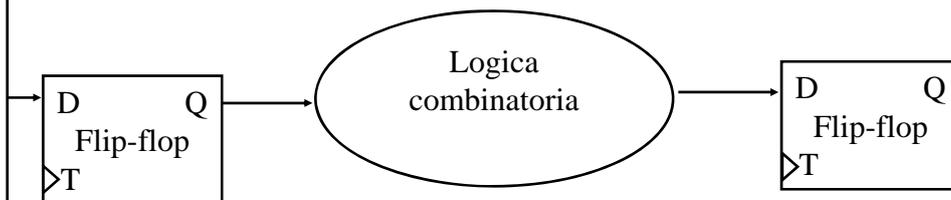
## Configurazione master-slave



- Semi-periodo di clock alto:
  - Il master è trasparente: ingresso -> uscita del latch master.
  - Lo slave è “opaco” -> mantiene l’uscita.
  - Lo slave è “disaccoppiato” dal latch master.
- Semi-periodo di clock basso:
  - Il master è opaco: l’uscita del latch master si mantiene.
  - Il master è “disaccoppiato” dall’ingresso esterno.
  - Lo slave è trasparente e porta in uscita l’uscita del latch master.



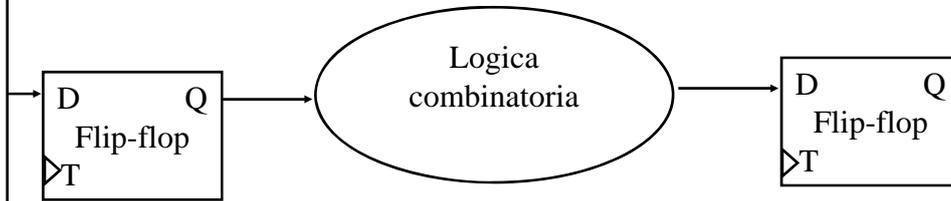
## Struttura di un circuito sequenziale



Pone dei problemi di sincronizzazione: la logica combinatoria deve terminare la commutazione in tempo utile.



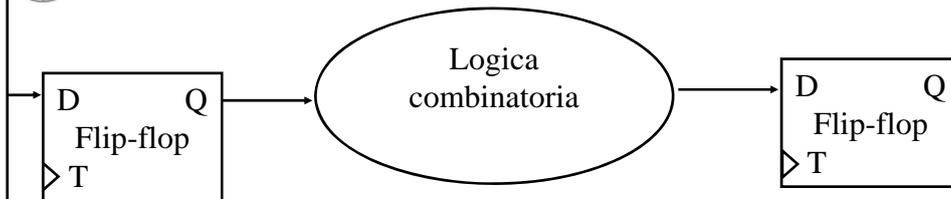
## Temporizzazione di un circuito sequenziale



- La logica ha tempo sufficiente per completare la commutazione.
- Il periodo di clock è tale, per cui la commutazione del clock avviene dopo che la logica combinatoria ha terminato tutte le commutazioni.
- Il tempo necessario alla logica combinatoria per commutare è  $\leq$  tempo associato al cammino critico.
- Il clock arriva contemporaneamente a tutti i dispositivi sincronizzati.

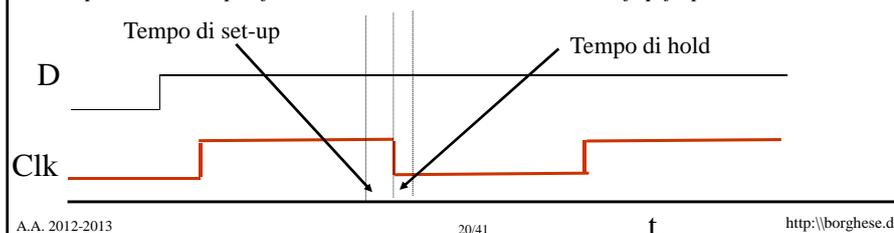


## Temporizzazione: problemi



L'input D deve essere stabile intorno alla commutazione del clock:

- Tempo di set-up**: è il tempo minimo per cui deve rimanere stabile l'input D prima del fronte di clock.
- Tempo di hold**: è il tempo minimo per cui deve rimanere stabile l'input D dopo il fronte di clock (solitamente trascurabile).
- Tempo necessario per fare commutare l'uscita master di un flip-flop.*



**Temporizzazione: Come si dimensiona il clock**

$T > k * (t_p + t_c + t_s + t_w)$

Tempo di propagazione: è il tempo necessario per propagare il segnale nel flip-flop e quindi alla logica combinatoria ( $t_p$ ).

Tempo di skew: ritardo massimo del clock ( $t_w$ ).

Tempo di propagazione ( $t_p$ )  
( $>$  Tempo di hold)

Tempo di set-up ( $t_s$ )

Tempo di hold ( $t_h$ )

Tempo logica combinatoria ( $t_c$ )

A.A. 2012-2013 21/41 http://borghese.di.unimi.it/

**Sommario**

- I problemi dei latch trasparenti sincroni
- I flip-flop D
- I registri ed il register file**

A.A. 2012-2013 22/41 http://borghese.di.unimi.it/



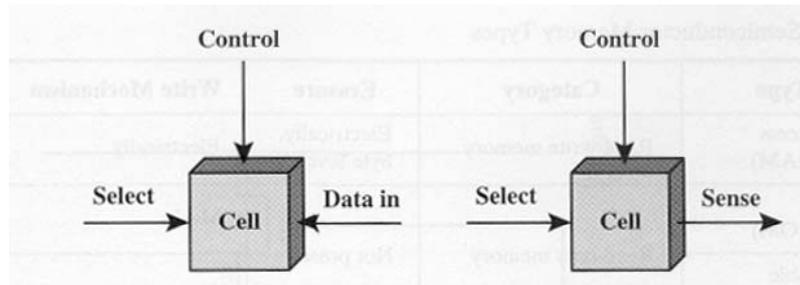
## Cella di memoria



La memoria è suddivisa in celle, ciascuna delle quali assume un valore binario stabile.

Si può scrivere il valore 0/1 in una cella.

Si può leggere il valore di ciascuna cella.



Control (lettura - scrittura)  
Select (selezione)  
Data in & Sense (Data in & Data out).



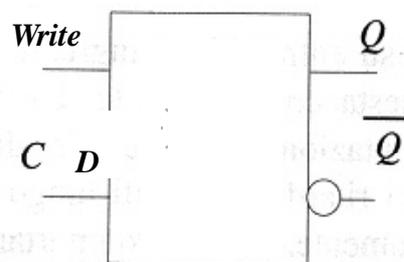
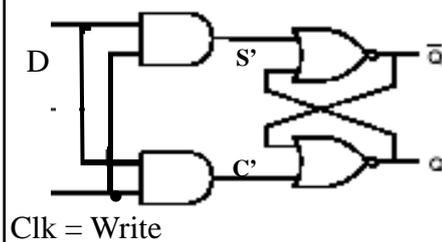
## Latch sincrono come elemento di memoria



E' trasparente quando Write = 1

Se Write = 1  $Q_{t+1} = D$

Se Write = 0  $Q_{t+1} = Q_t$

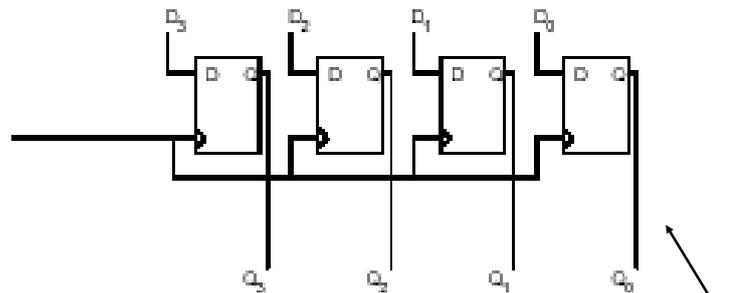




## Registro



## Registri



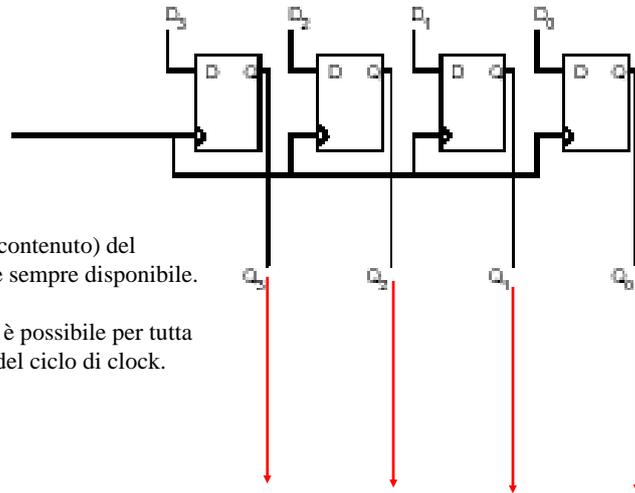
Un registro a 4 bit.  
Memorizza 4 bit.

Latch di tipo D

NB Non è un registro a scorrimento (shift register!)



## Letture di un registro



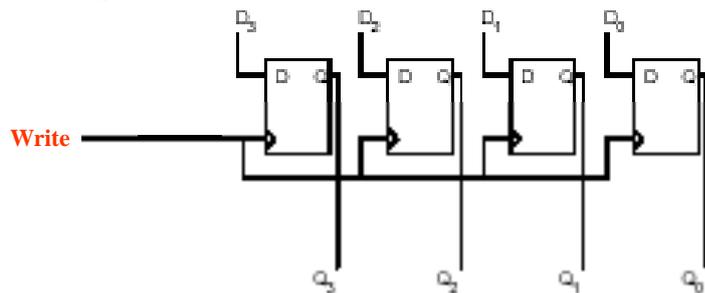
Lo stato (contenuto) del bistabile è sempre disponibile.

La lettura è possibile per tutta la durata del ciclo di clock.



## Scrittura di un registro

Ad ogni colpo di clock lo stato del registro assume il valore dell'ingresso dati.

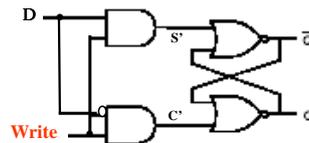


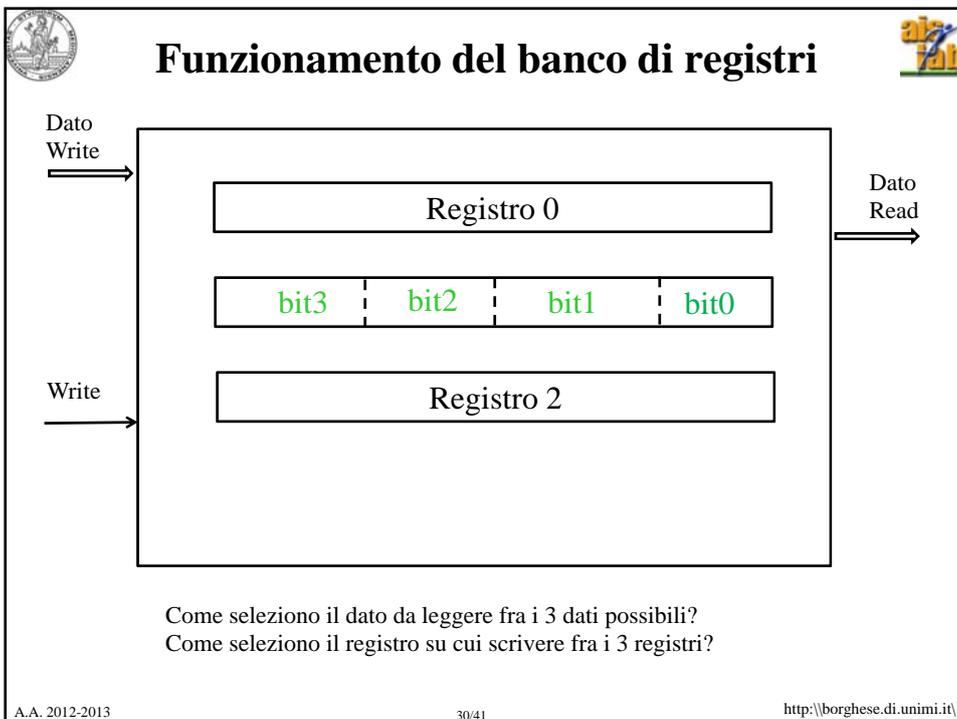
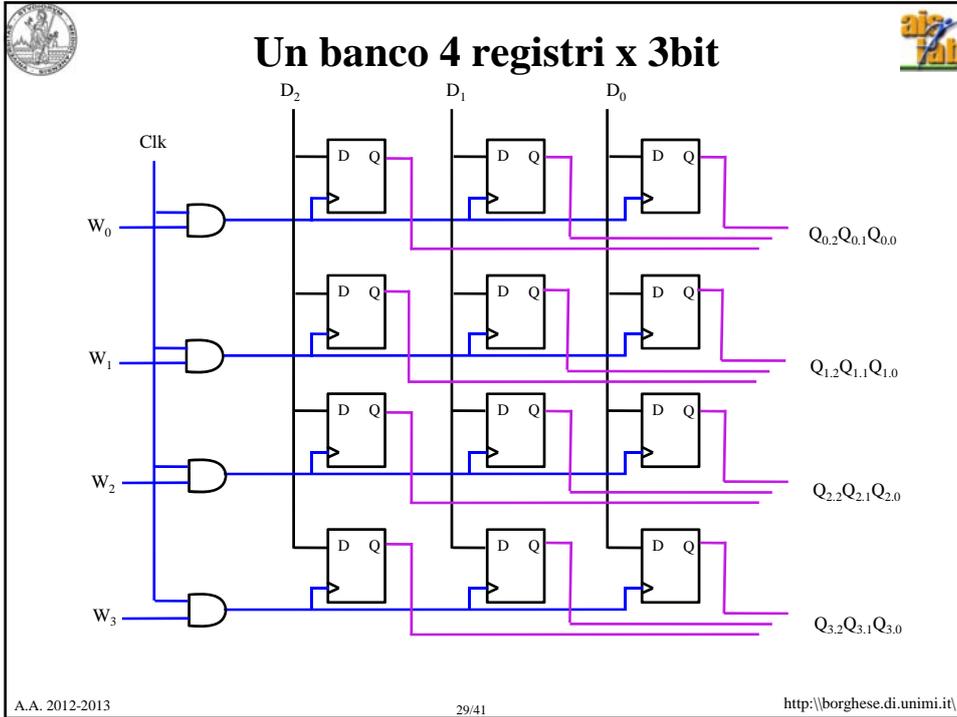
Cosa occorre modificare perchè il registro venga scritto quando serve?

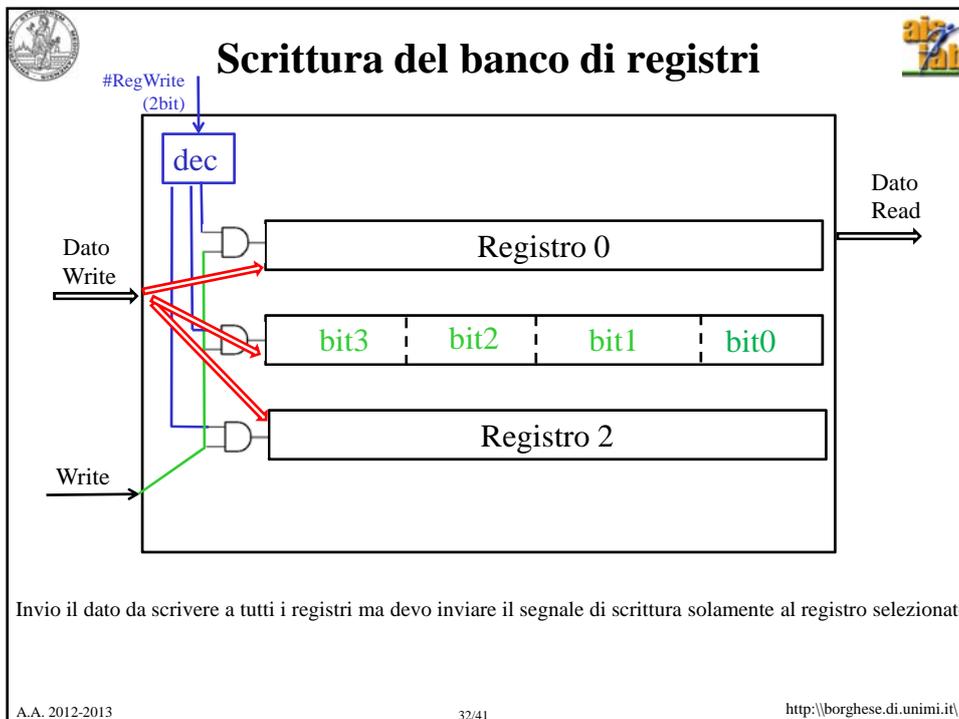
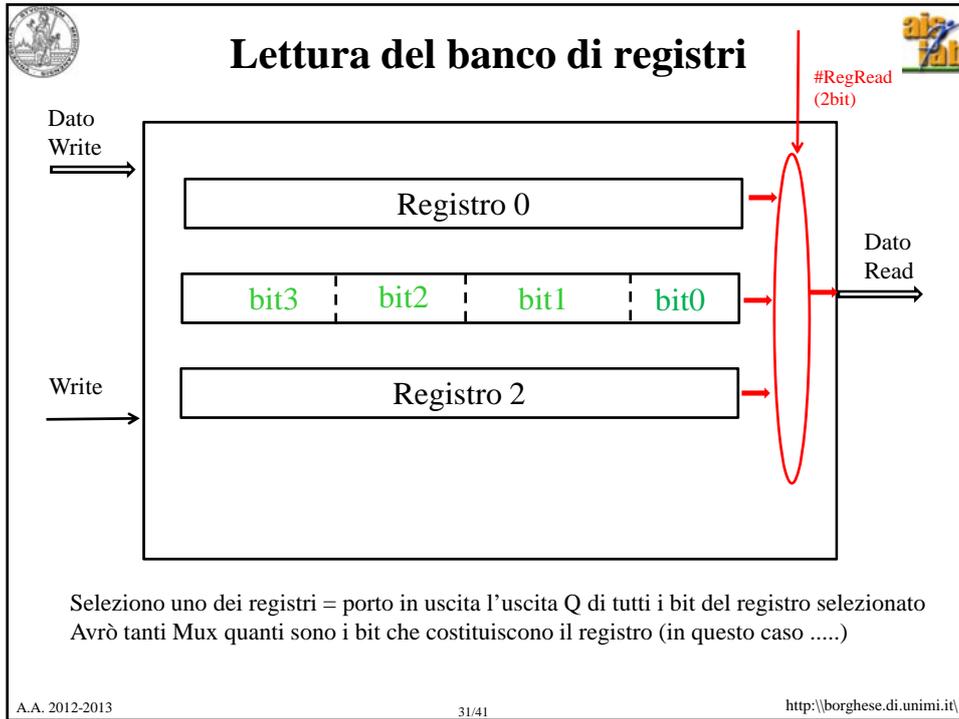
Introdurre una sorta di "apertura del cancello (chiusura circuito)".

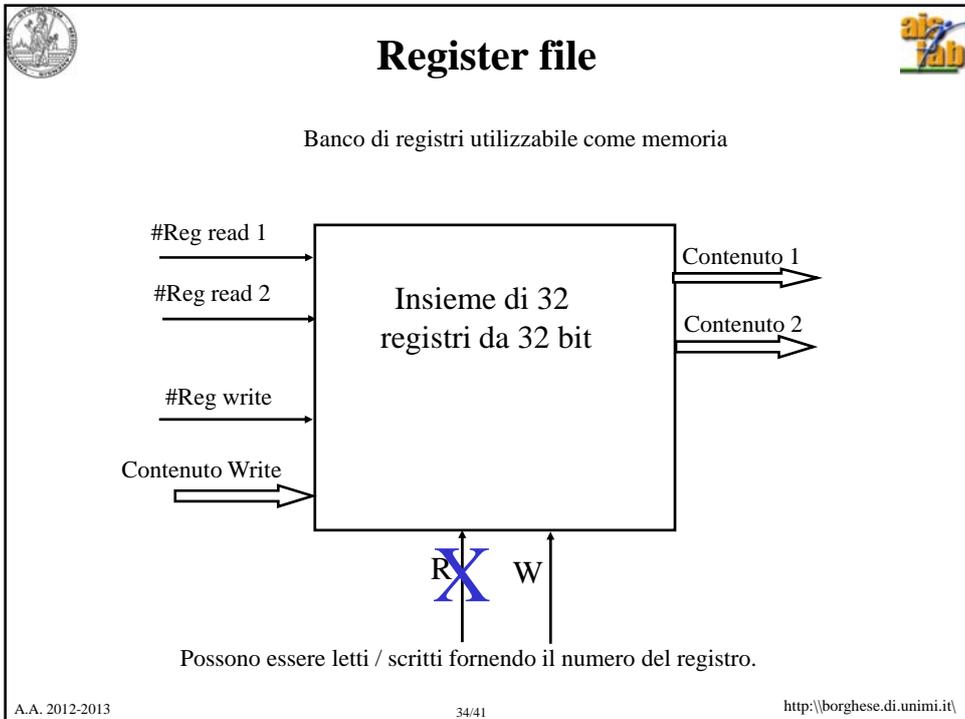
Può essere sincronizzata o meno con il clock.

Il clock apre il passaggio al contenuto di D attraverso il latch. Quando il segnale di Write è a zero, lo stato non varia.



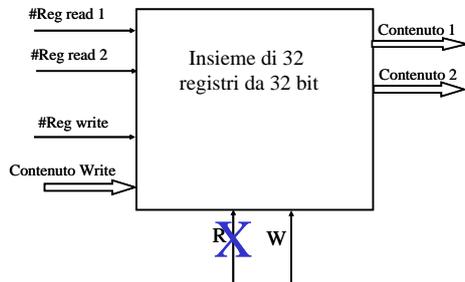








## Gestione del register file



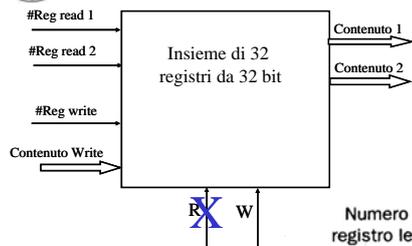
La lettura non modifica il contenuto di un registro (collego uscita Slave con il circuito combinatorio).

La scrittura invece richiede la modifica. Occorre il segnale W.

$$\#bit\_indirizzamento = \log_2 \#bit$$

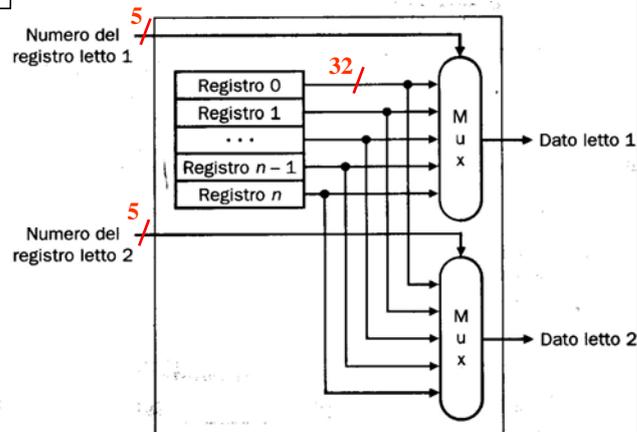


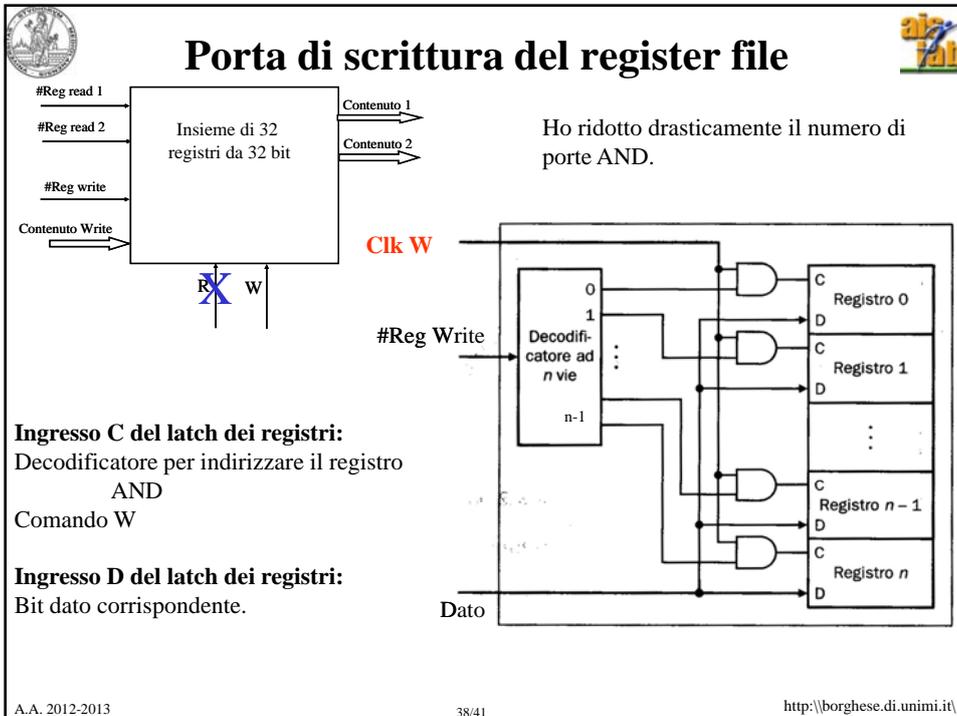
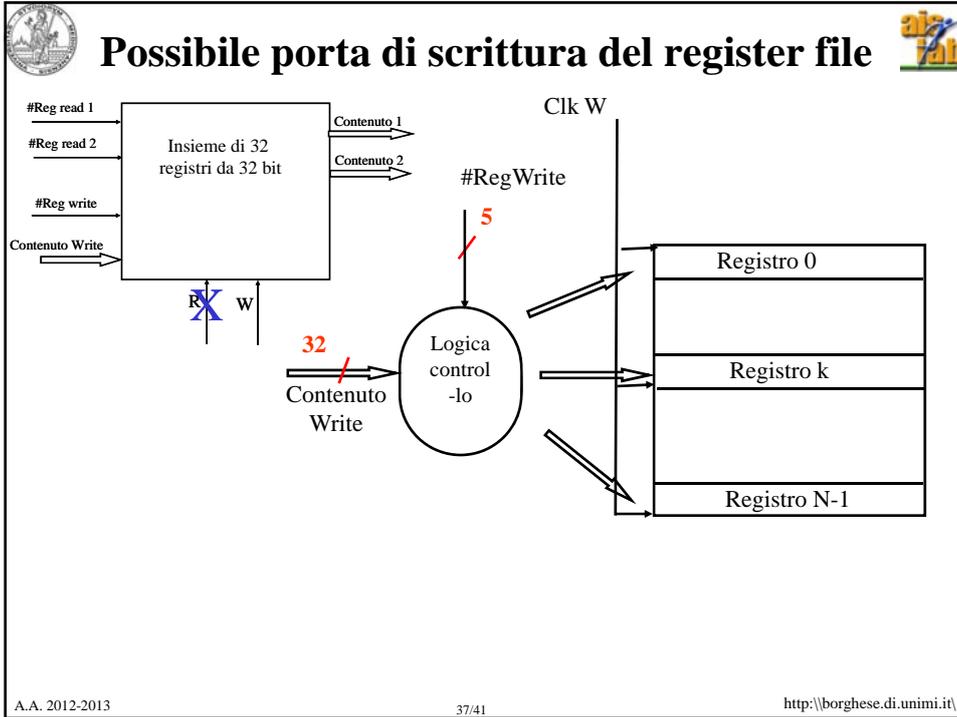
## Porta di lettura del register file



Un mux per ogni porta di lettura.

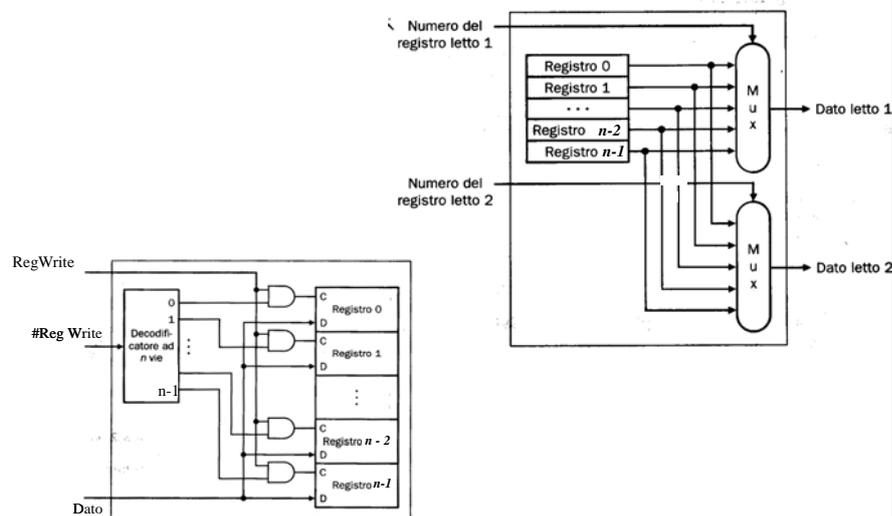
Ciascun Mux ha la complessità di 32 mux, uno per ogni bit.







## Register file



## I bistabili: riassunto



- Semplici elementi di memoria (1 bit)
- “Cancelli”
- Latch o flip-flop.
- I latch possono essere asincroni o sincroni.
- La differenza tra latch e flip-flop sta nel fatto che nel primo, lo stato può cambiare (anche più volte) se il clock è alto, mentre nel secondo può cambiare solo su un fronte di clock (salita o discesa secondo l'implementazione).
- Differenti tipi (S-R, D, J-K, T, sincroni o asincroni,...)
- Differenti realizzazioni (con porte NOR, NAND,...)



## Sommario



I problemi dei latch trasparenti sincroni

I flip-flop D

I registri ed il register file