

*Laboratorio di Architetture degli Elaboratori I*  
*Corso di Laurea in Informatica, A.A. 2024-2025*  
*Università degli Studi di Milano*



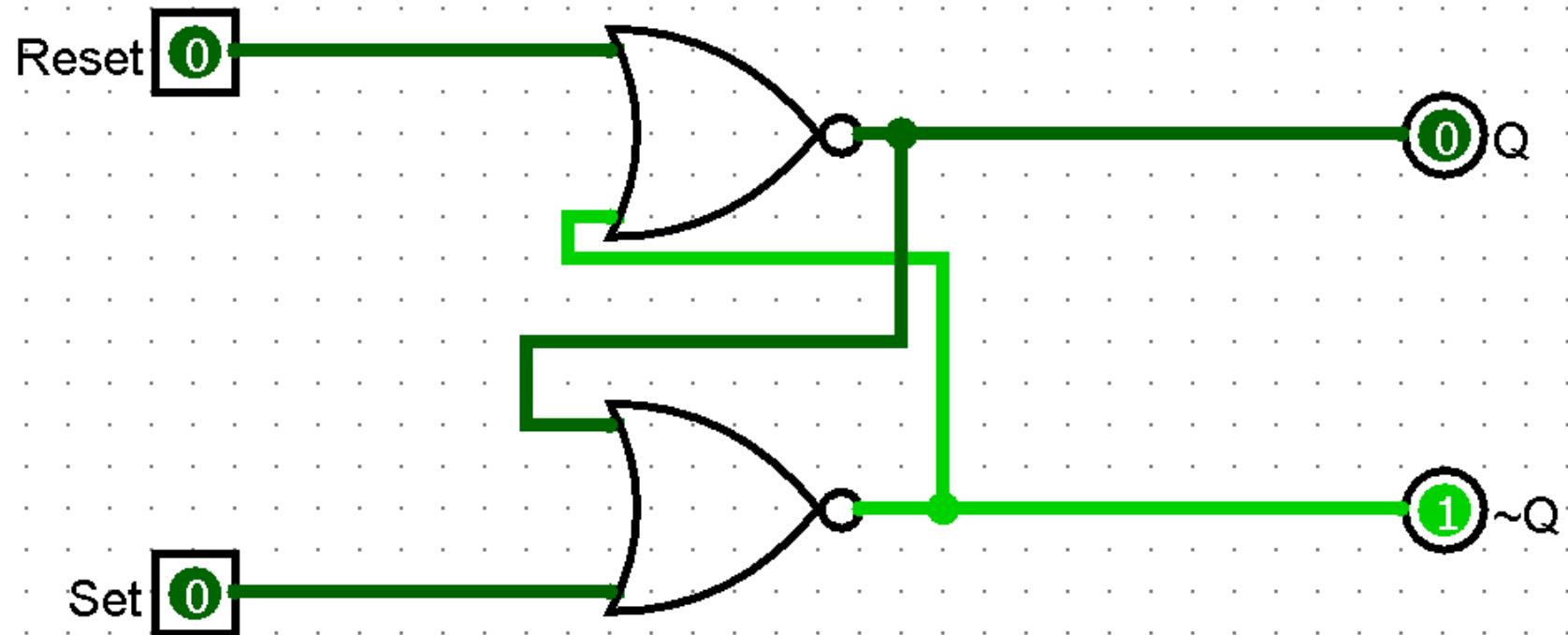
# Memorie

# Esercizio 1

- Si implementi in Logisim un bistabile Set Reset (SR) asincrono utilizzando due porte NOR retroazionate
- Si definisca la tabella delle transizioni (o stato prossimo) del bistabile
- Si derivi la SOP e la si semplifichi, implementandone il circuito corrispondente (si assuma prima  $X=0$ , poi  $X=1$  per le due uscite indeterminate della tabella di verità)

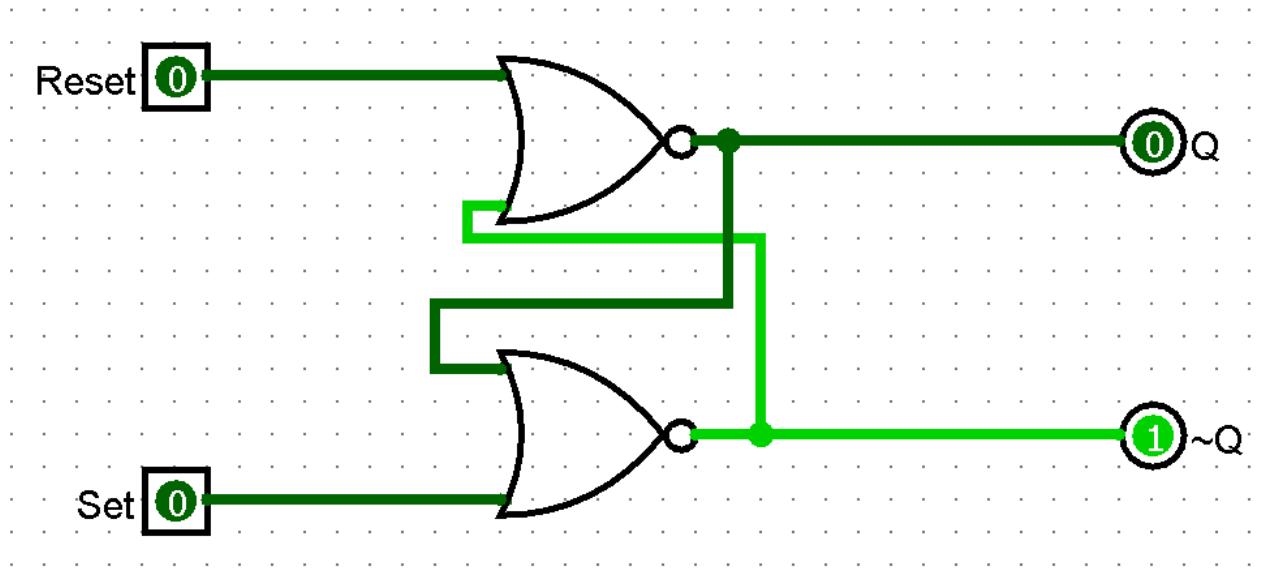
# Esercizio 1

Bistabile asincrono SR con due NOR



# Esercizio 1

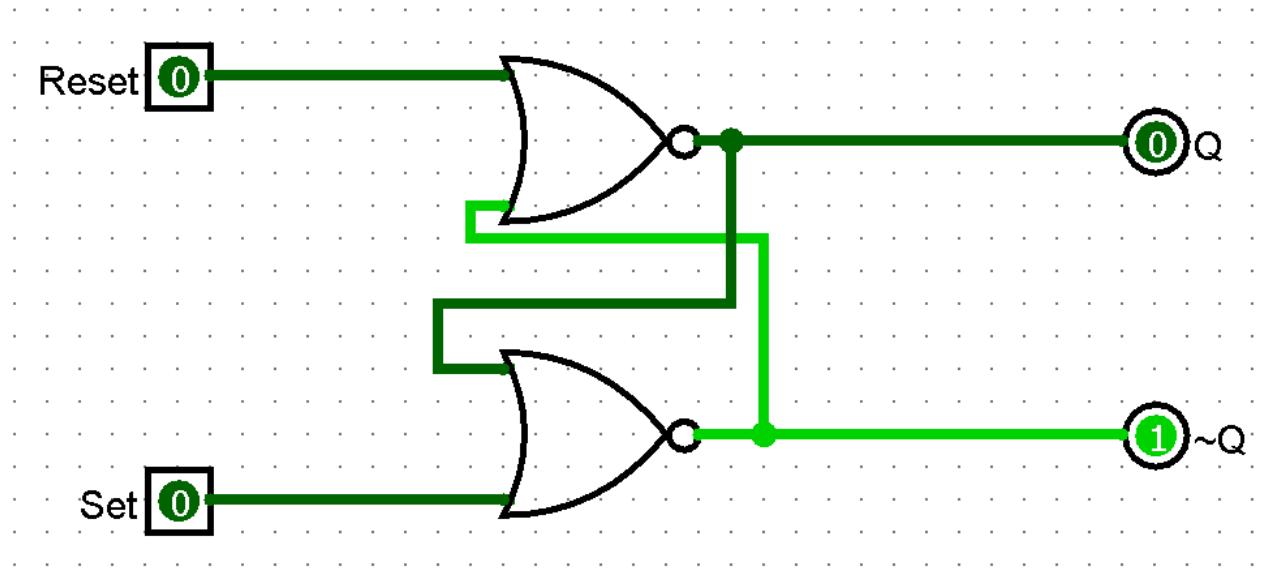
Bistabile asincrono SC (o SR) con due NOR



- **Q** è sia lo **stato** del bistabile che la sua **uscita** ( $\sim Q$  è lo stato negato, quindi  $Q$  e  $\sim Q$  hanno sempre valori complementari)
- Lo stato/uscita del circuito è modificato dalle variazioni di due segnali:
  - Quando **Set (S)** passa da **0** a **1** lo stato passa a **1 stabilmente** (cioè  $Q$  continua a valere 1 anche dopo che  $S$  è tornato a 0; abbiamo memorizzato un 1)
  - Quando **Reset (R)** passa da **0** a **1** lo stato passa a **0 stabilmente** (cioè  $Q$  continua a valere 0 anche dopo che  $R$  è tornato a 0; abbiamo memorizzato uno 0)

# Esercizio 1

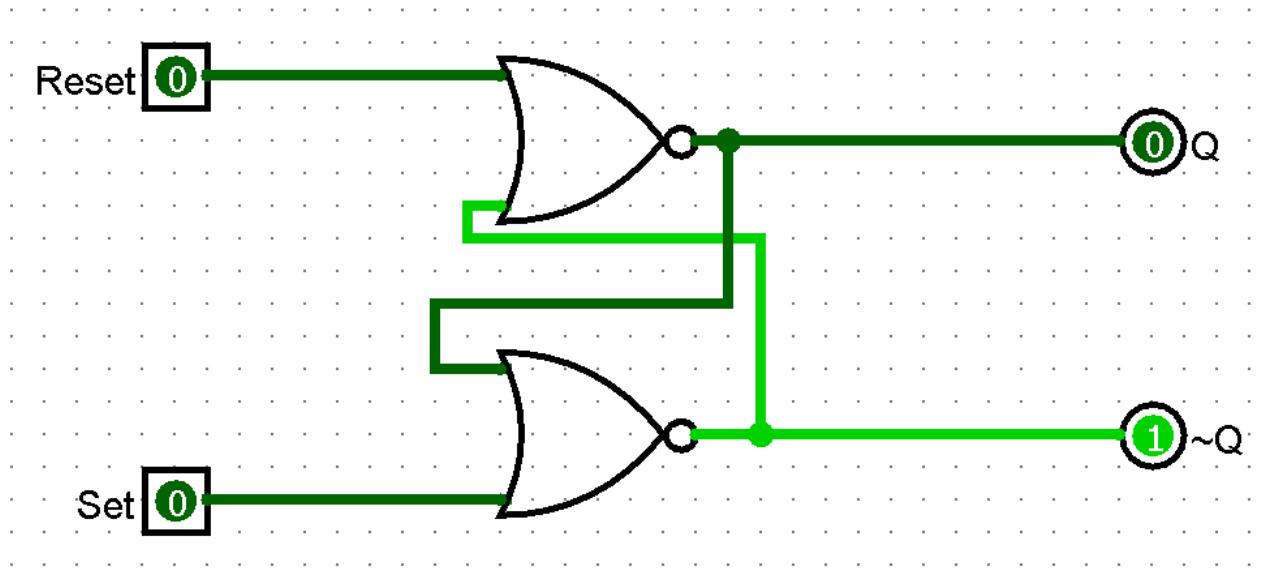
Bistabile asincrono SC (o SR) con due NOR



- S e R non devono trovarsi mai contemporaneamente a 1. Perchè?

# Esercizio 1

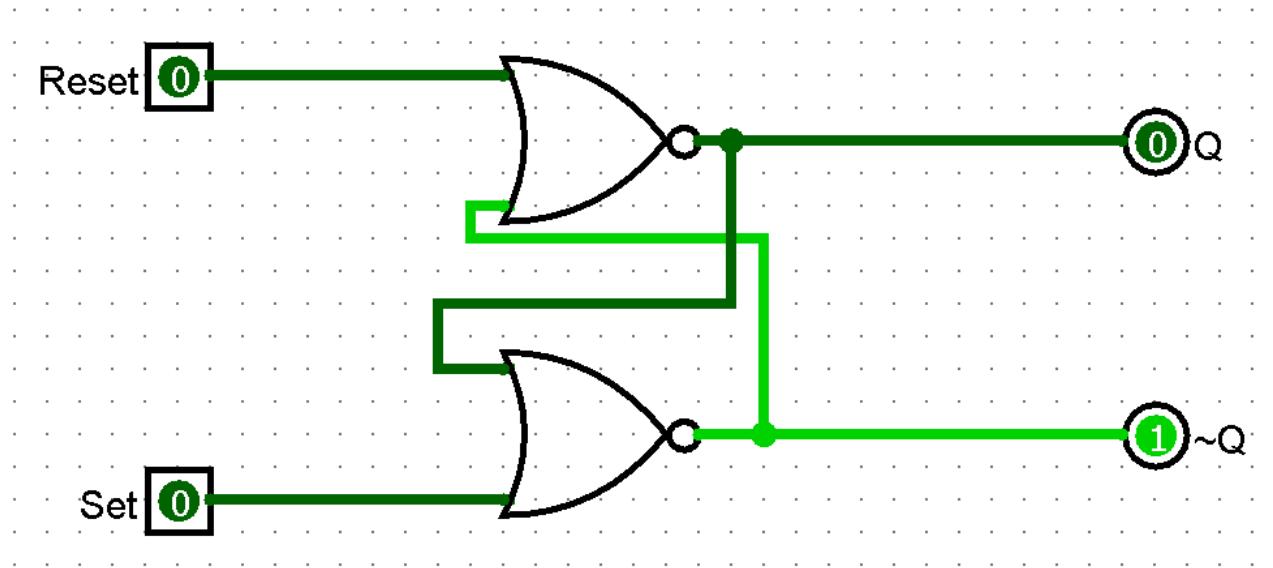
Bistabile asincrono SC (o SR) con due NOR



- S e R non devono trovarsi mai contemporaneamente a 1. Perchè?
  - *Dal punto di vista logico: è come se stessimo cercando memorizzare nello stato uno 0 e un 1 contemporaneamente, che è contraddittorio*
  - *Dal punto di vista fisico: lo stato diventa dipendente dai ritardi di commutazione e quindi non è prevedibile (non deterministico)*
- Questo circuito è sincrono o asincrono?

# Esercizio 1

Bistabile asincrono SC (o SR) con due NOR



- S e R non devono trovarsi mai contemporaneamente a 1. Perchè?
  - *Dal punto di vista logico: è come se stessimo cercando memorizzare nello stato uno 0 e un 1 contemporaneamente, che è contraddittorio*
  - *Dal punto di vista fisico: lo stato diventa dipendente dai ritardi di commutazione e quindi non è prevedibile (non deterministico)*
- Questo circuito è sincrono o asincrono?
  - *Il circuito è asincrono perché lo stato cambia ogniqualvolta S o R cambiano (e non se S o R cambiano solo in certi istanti di tempo)*

# Esercizio 1

Tabella delle transizioni di stato:

$S$	$C$	$Q$	$Q^*$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	X
1	1	1	X

# Esercizio 1

Tabella delle transizioni di stato:

		Stato corrente		Stato prossimo
$S$	$C$	$Q$	$Q^*$	
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	X	X
1	1	1	X	

Queste sono le configurazioni vietate (stato prossimo non-deterministico).  
Possiamo impostare arbitrariamente X per semplificare la funzione.  
Proviamo ad implementare alcune forme canoniche.

# Esercizio 1

SOP, con X=0

$S$	$C$	$Q$	$Q^*$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

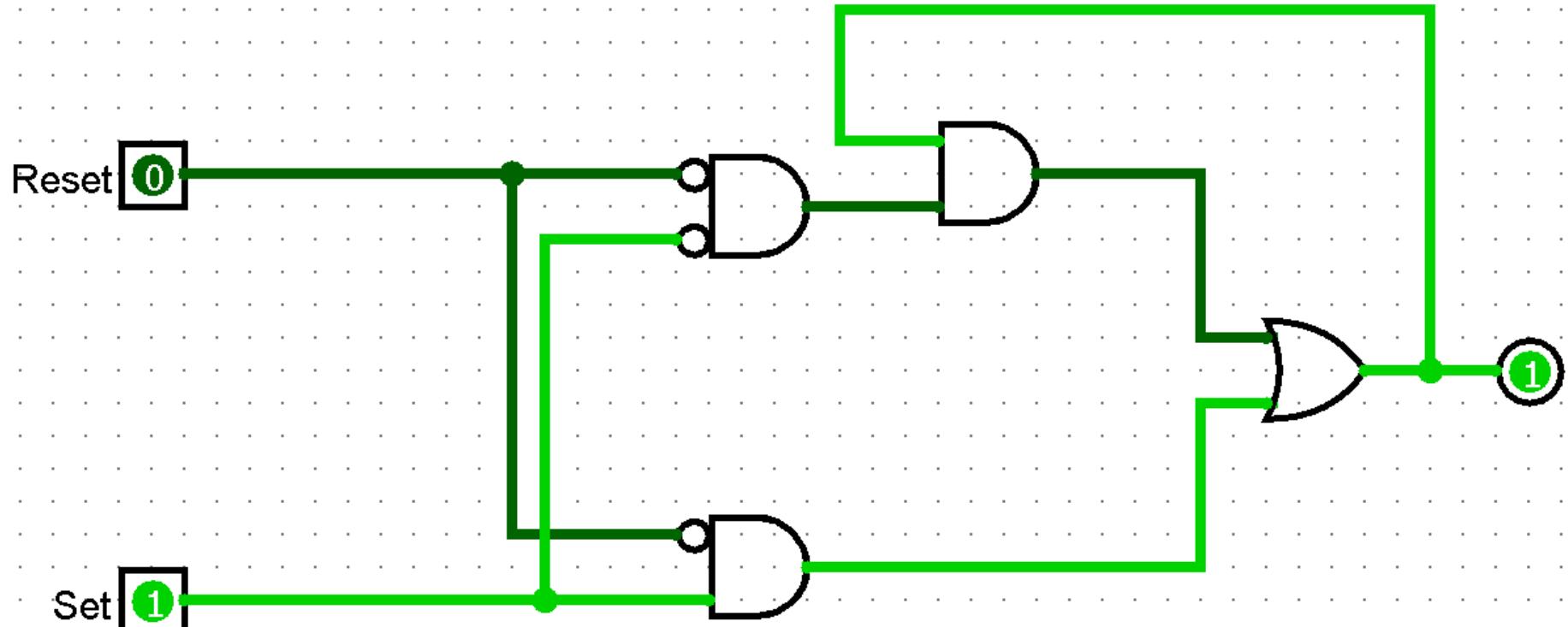
$$\begin{aligned} Q^* &= \neg S \neg C Q + S \neg C \neg Q + S \neg C Q \\ &= \neg S \neg C Q + S \neg C (\neg Q + Q) && \text{(Raccoglimento)} \\ &= \boxed{\neg S \neg C Q} + \boxed{S \neg C} && \text{(Inverso)} \end{aligned}$$

Status quo

Rivoluzione

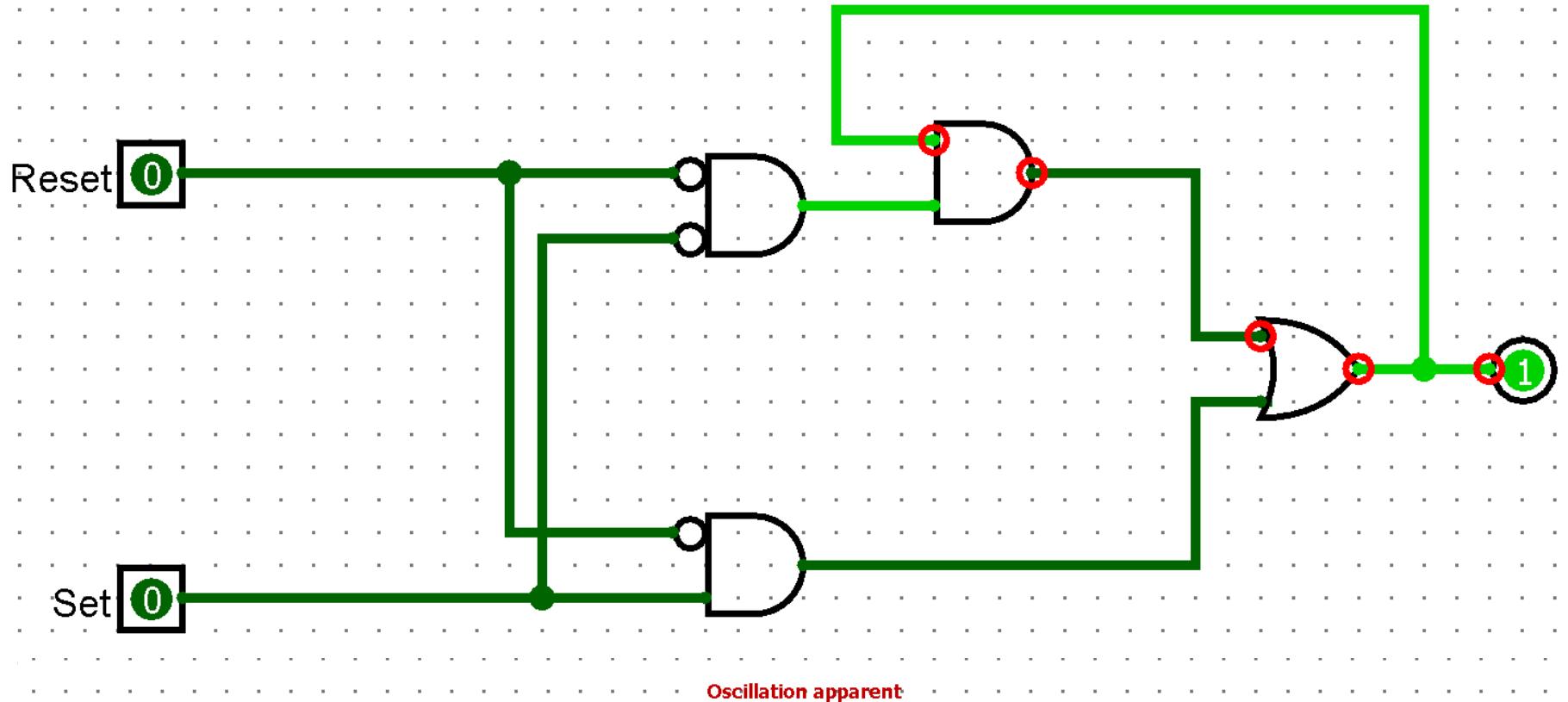
# Esercizio 1

## Circuito derivante dalla SOP

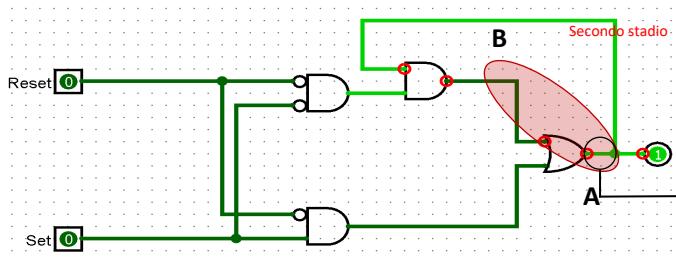
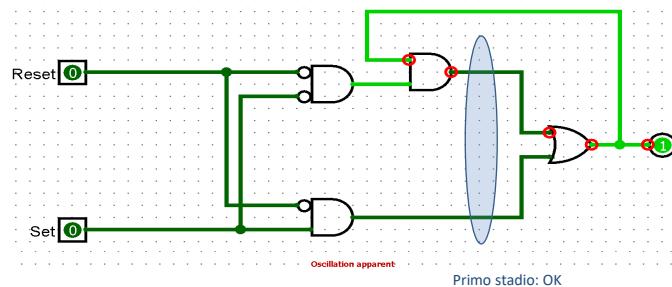
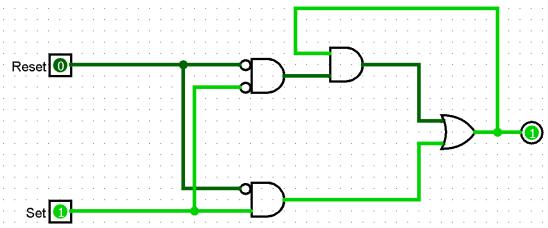


## Cosa succede se lo simuliamo?

# Esercizio 1



# Esercizio 1

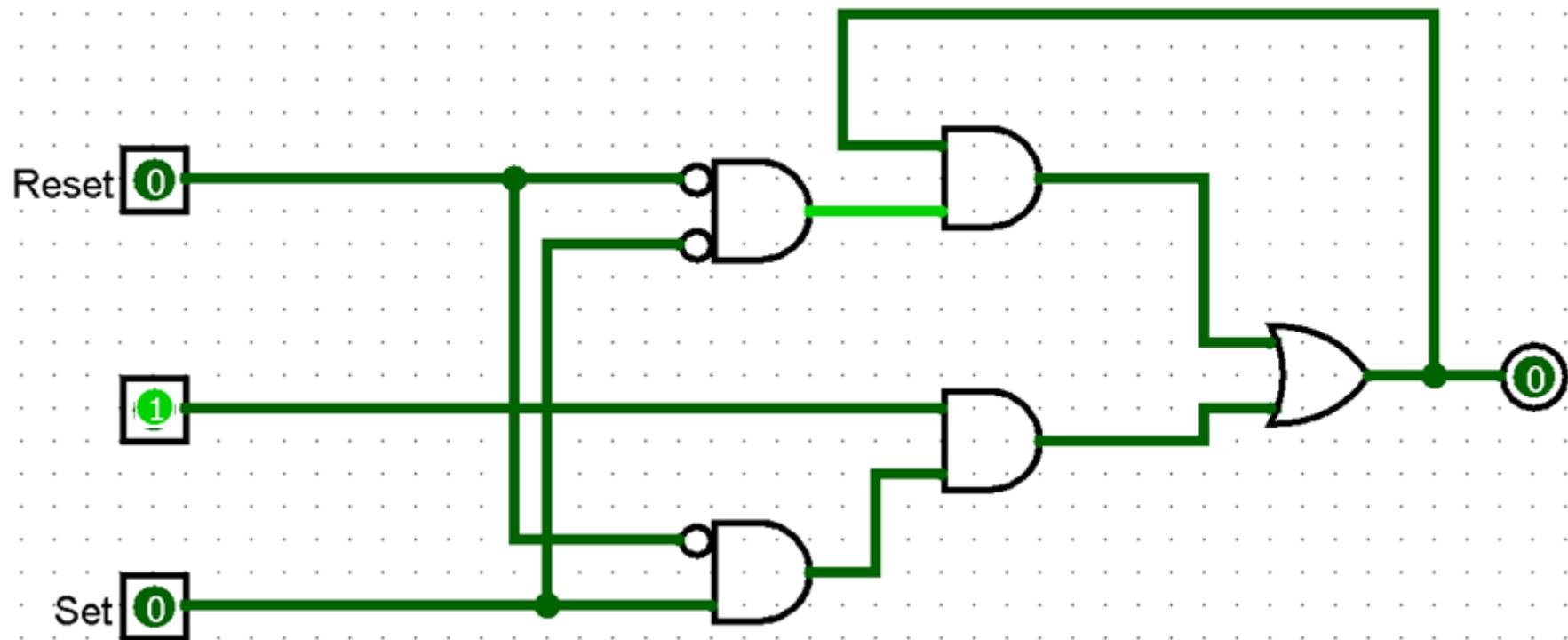


Questo segnale (A) dovrebbe essere 1, ma  
a causa dei diversi ritardi di propagazione,  
**in questo momento è 0!**

- Nella stessa iterazione in cui Logisim determina che **A** è **0**, determina anche che **B** è **1**
- Nell'iterazione successiva Logisim determina quindi che **A** è **1**, ma anche che **B** è **0**
- Il valore di A oscilla all'infinito! Come risolverlo?

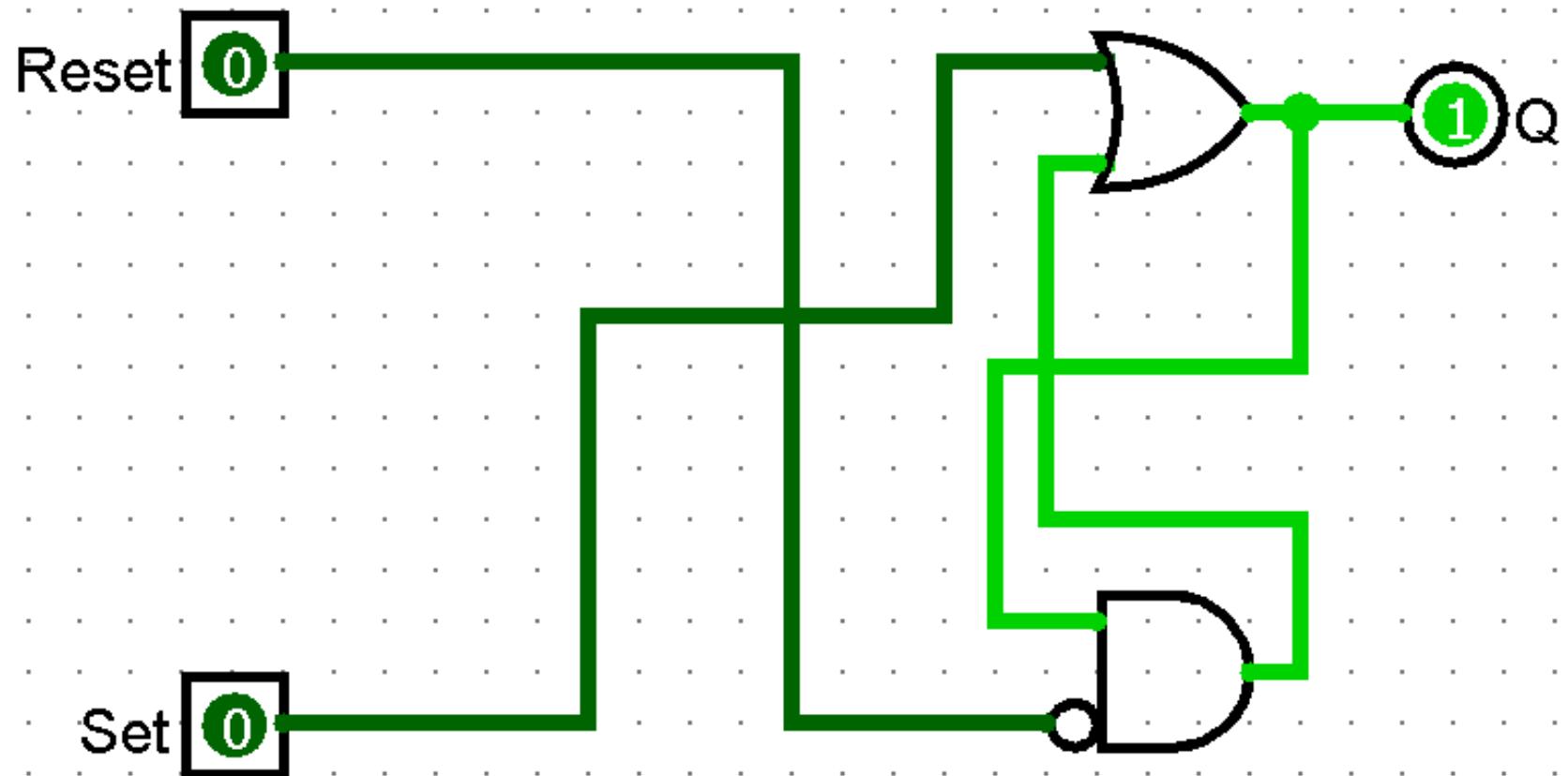
# Esercizio 1

Soluzione:

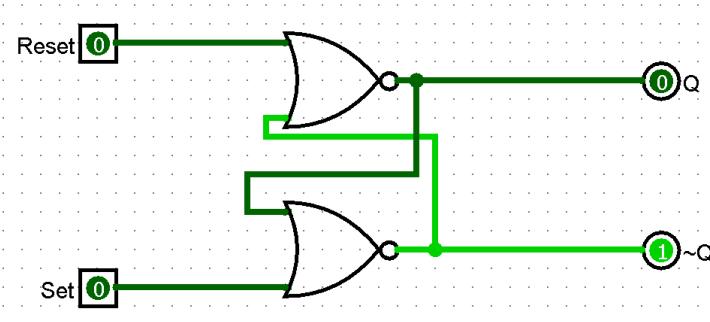


# Esercizio 1

SOP, con X = 1

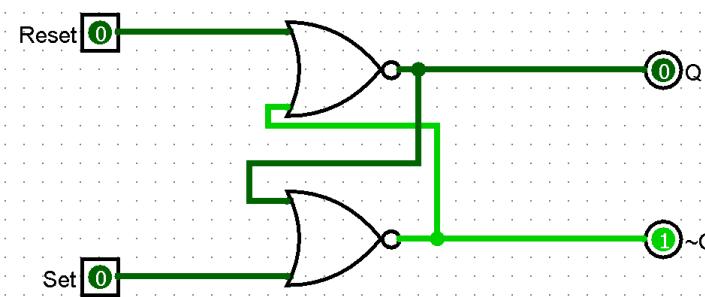


# Esercizio 1

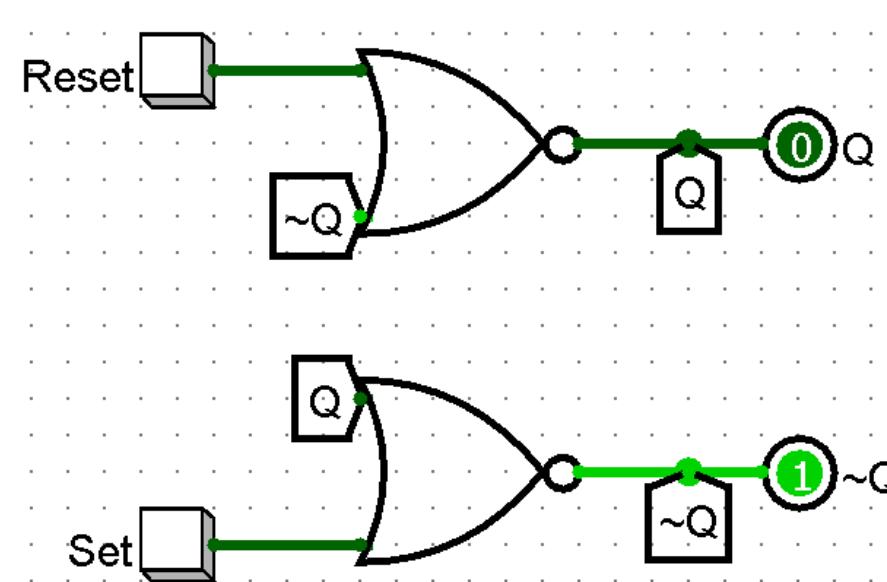


Realizziamone una versione che fa uso di bottoni e tunnel

# Esercizio 1



Realizziamone una versione che fa uso di bottoni e tunnel



# Esercizio 2

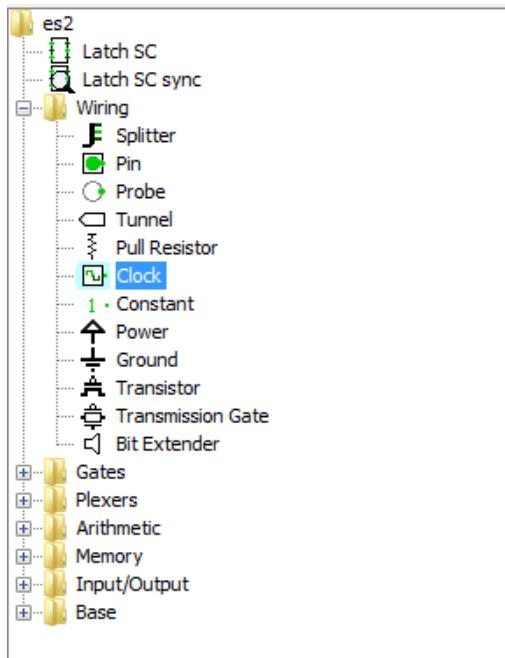
- Si aggiunga un clock (frequenza 0.5Hz) e due porte AND al circuito realizzato nell'esercizio 1 per ottenere un latch sincrono SR

*Suggerimento: un latch sincrono SR è un bistabile che può commutare il suo stato solo quando il clock è nello stato alto*

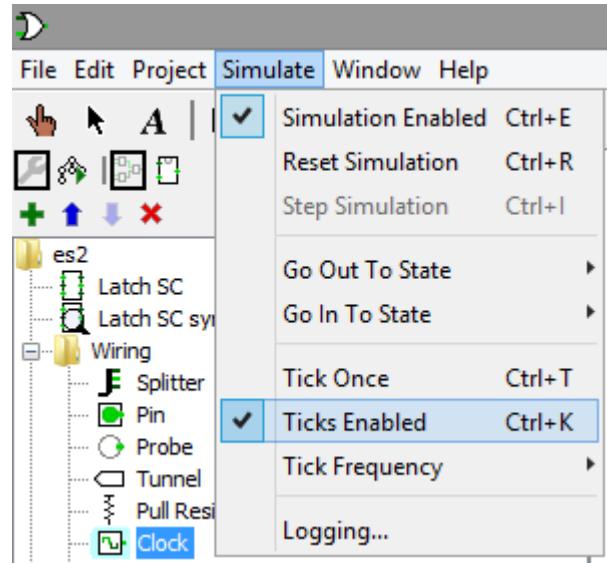
- Si osservi come cambia la risposta del circuito con diverse frequenze di clock

# Esercizio 2

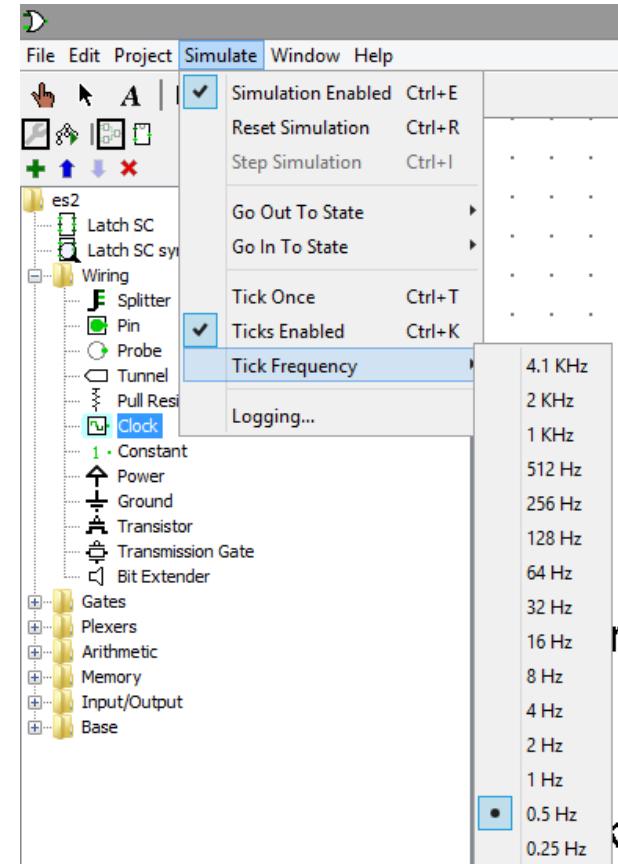
Per aggiungere il clock:



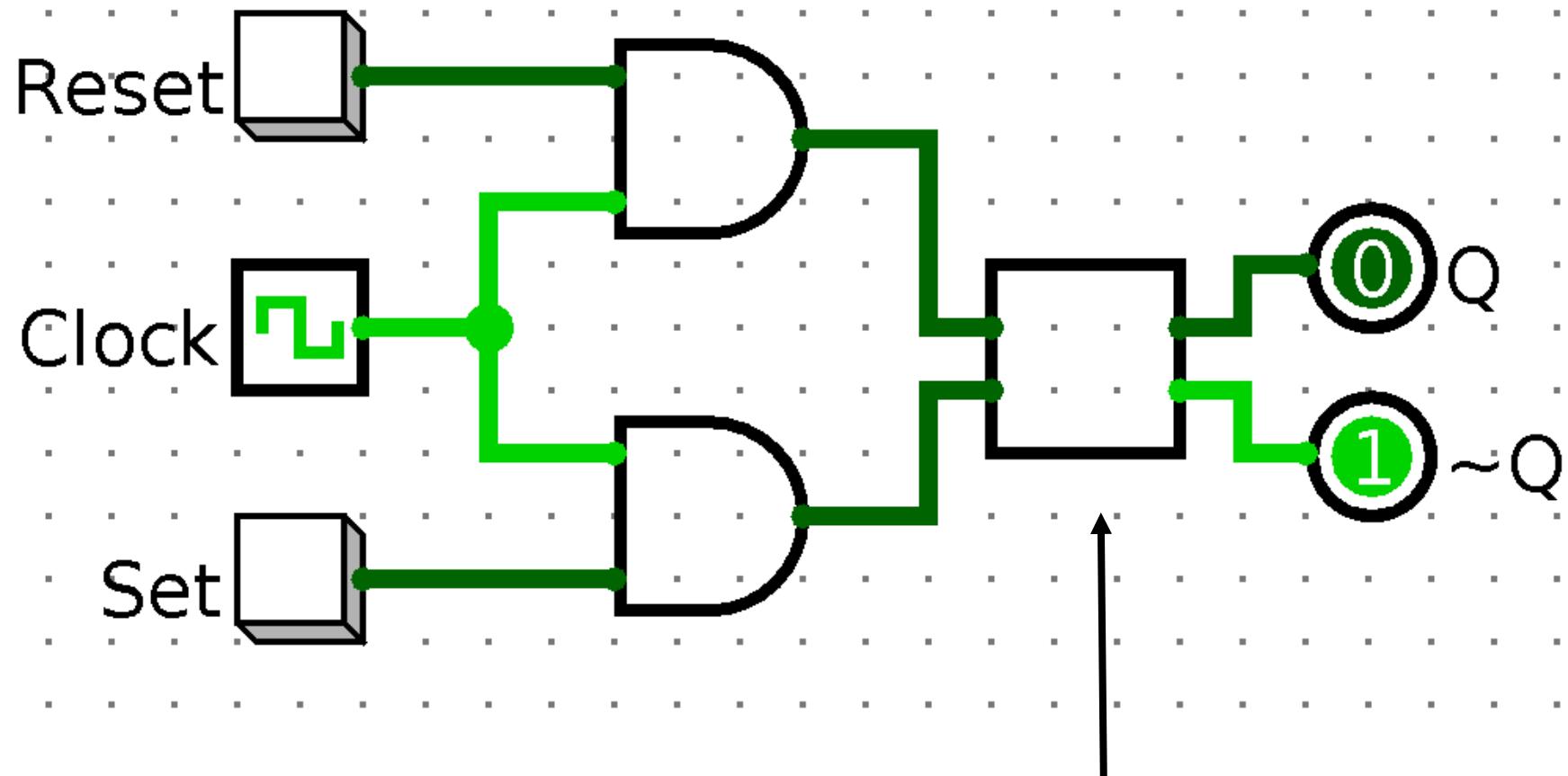
Per attivare il clock:



Per settare la frequenza di clock:

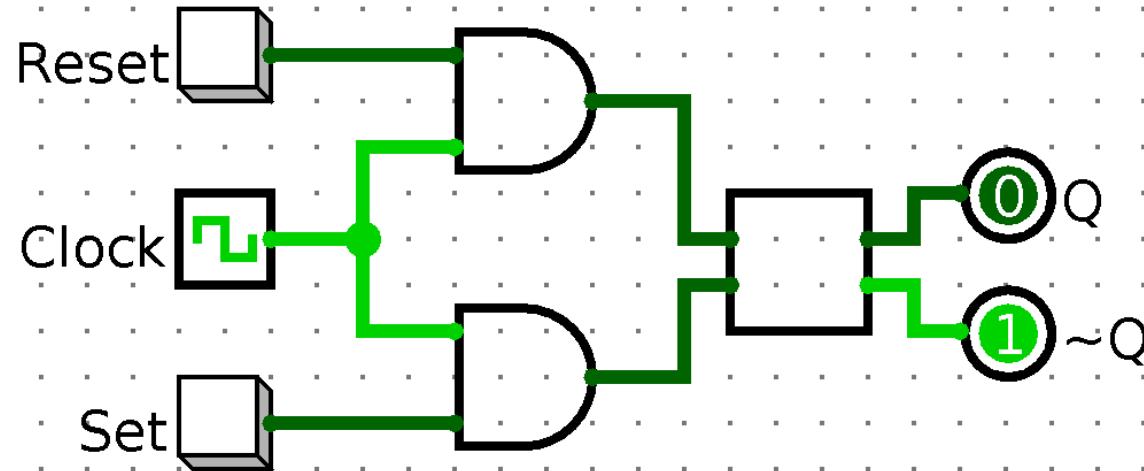


# Esercizio 2



E' il bistabile SR implementato  
precedentemente (versione senza bottoni)

# Esercizio 2



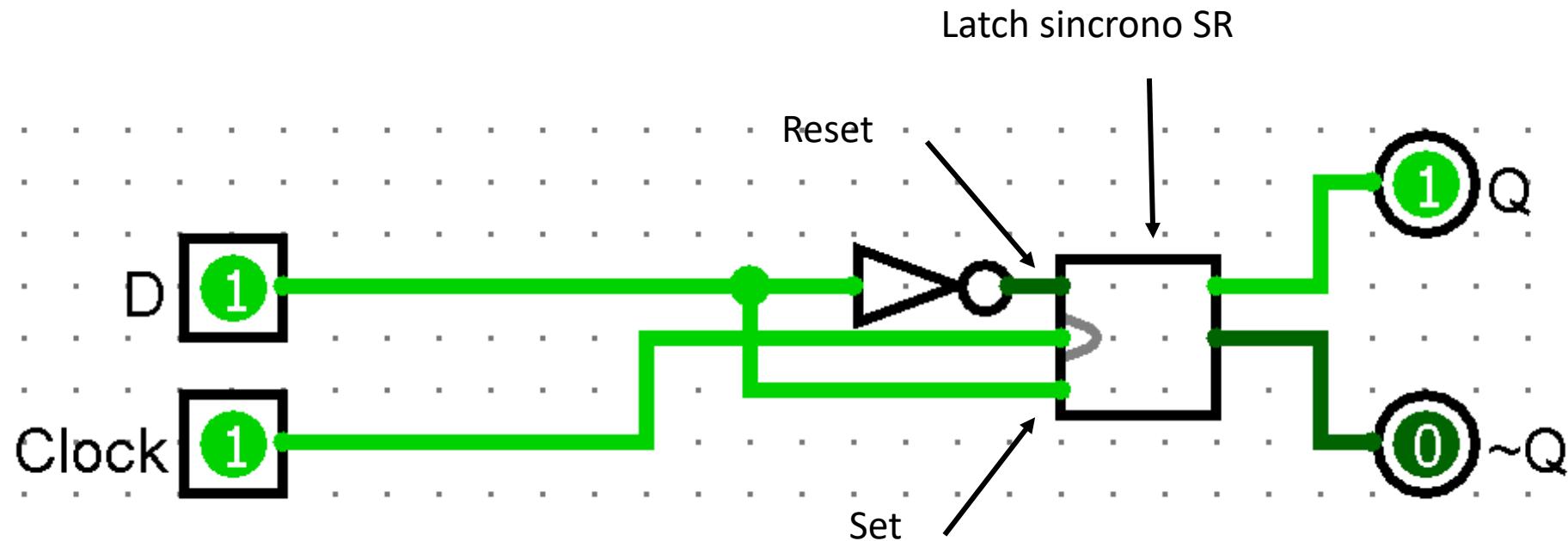
- I segnali di **Set** e **Clear** possono raggiungere il bistabile solo in certi istanti di tempo: quelli il cui il clock è alto (le porte AND agiscono da “cancelli”)
- Se aumentiamo la frequenza di clock il circuito sarà molto più sensibile ai nostri input, ma alte frequenze di clock richiedono circuiterie combinatorie asincrone veloci (i segnali devono riuscire a stabilizzarsi entro un ciclo di clock)

# Esercizio 3

- Utilizzando il circuito del bistabile sincrono SR realizzato nell'esercizio precedente, si crei un latch sincrono D

*Suggerimento: è presente un clock – il latch sincrono D memorizza il valore di D quando il clock è alto*

# Esercizio 3

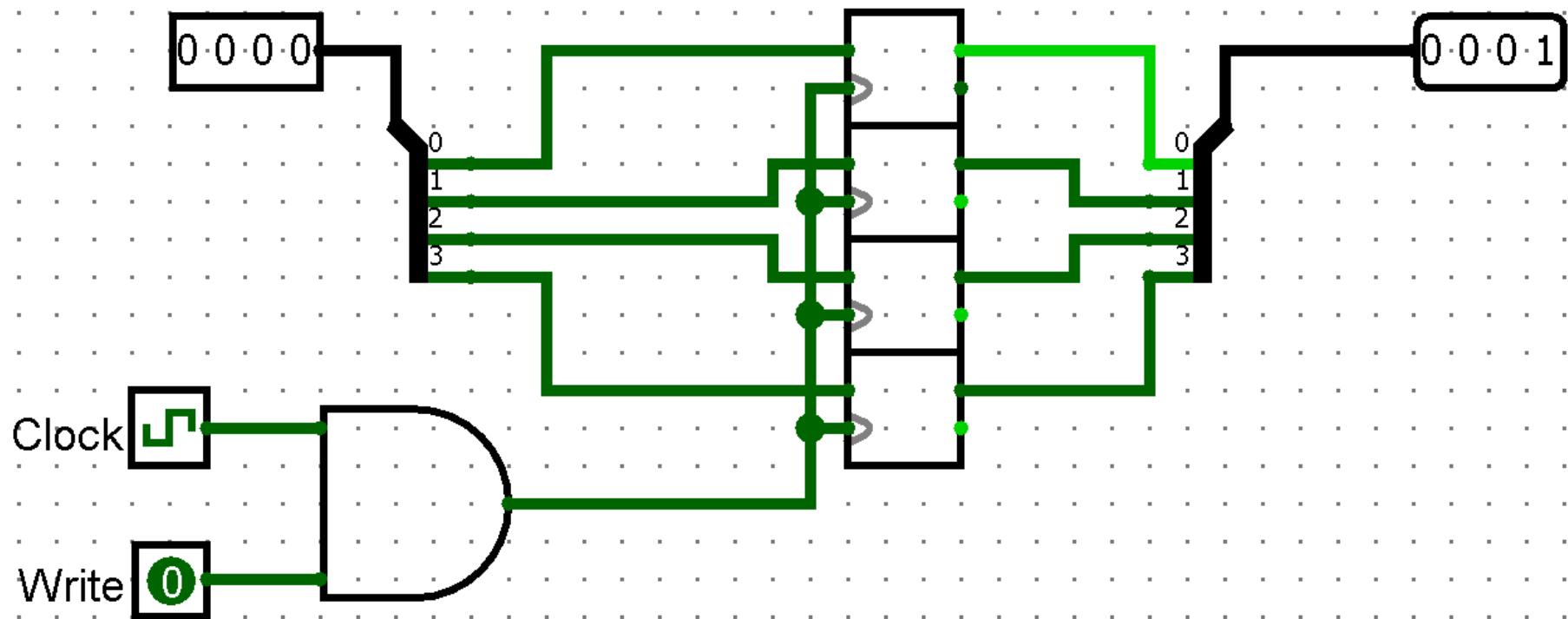


# Esercizio 4

- Si utilizzino 4 latch D sincroni per realizzare un banco di memoria a 4 bit
- Tale circuito sarà caratterizzato da:
  - 4 bit in ingresso da memorizzare
  - 1 ingresso per il clock
  - 1 ingresso per il bit di write: questo bit abilita (inibisce) la scrittura nel banco di memoria quando è posto a 1 (0)

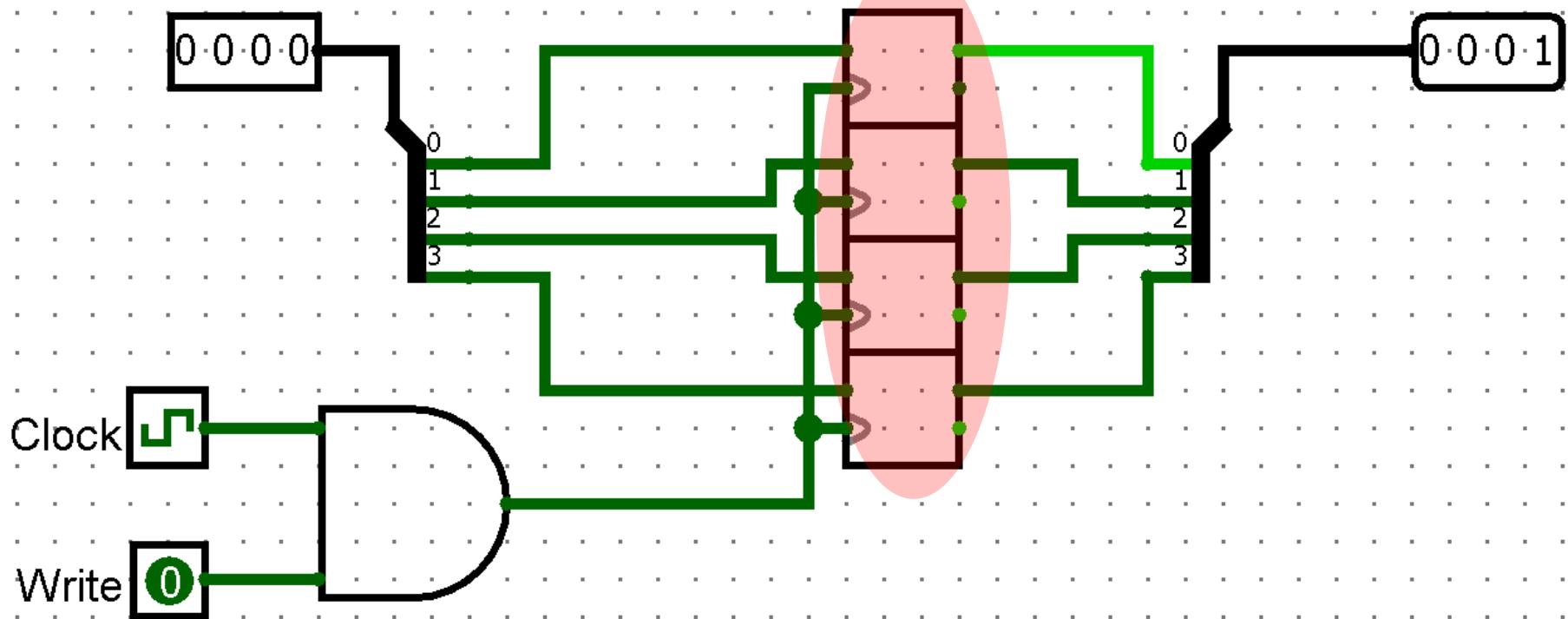
# Esercizio 4

4 bit da memorizzare



# Esercizio 4

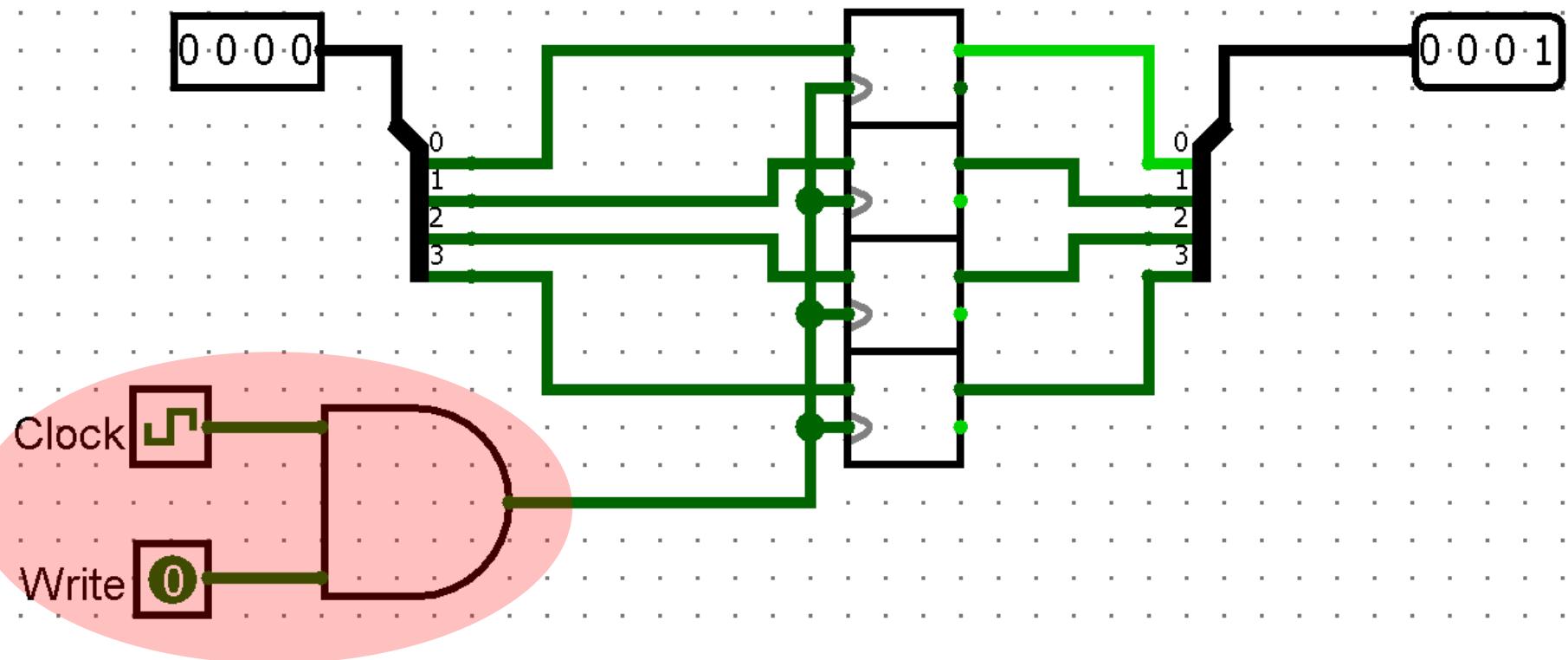
4 bit da memorizzare



Utilizziamo 4 latch D, che permettono  
l'aggiornamento dello stato quando il clock è alto e il  
bit di write è pari a 1

# Esercizio 4

4 bit da memorizzare

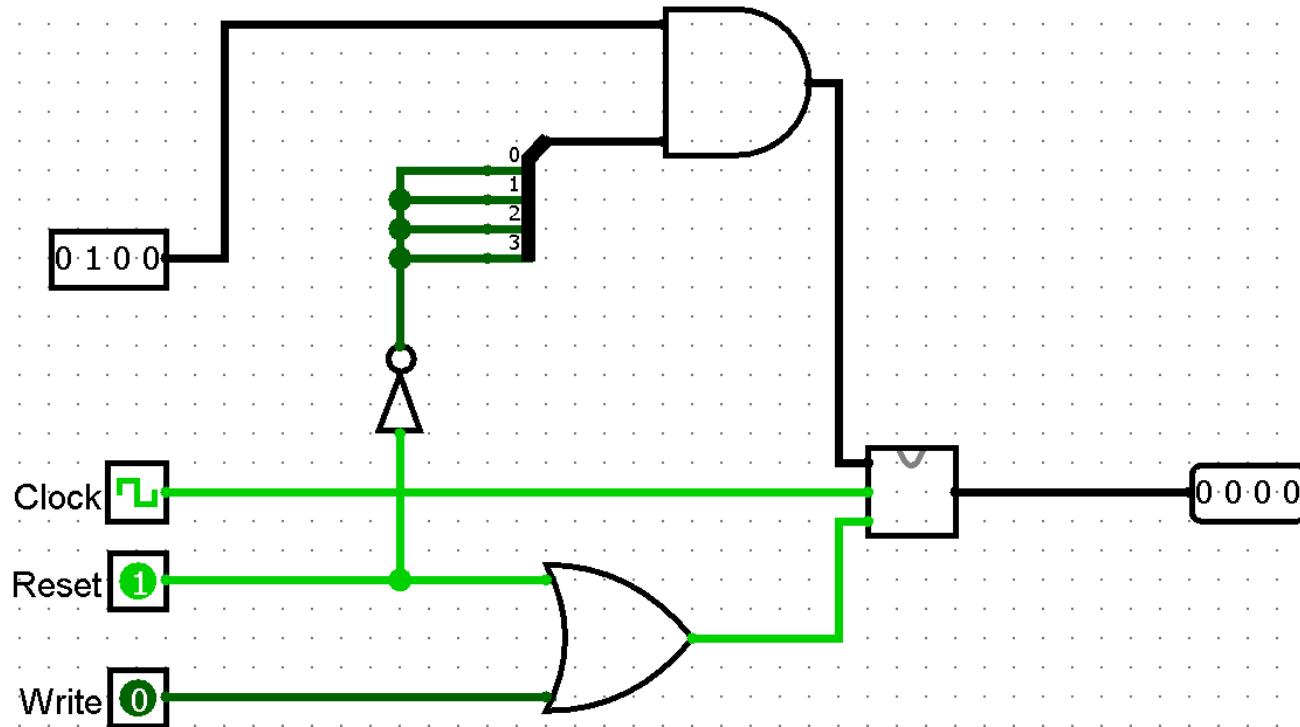


Il bit Write (che abilita la scrittura) è in AND con il clock e agisce sui latch sincroni D, per abilitare/bloccare la scrittura

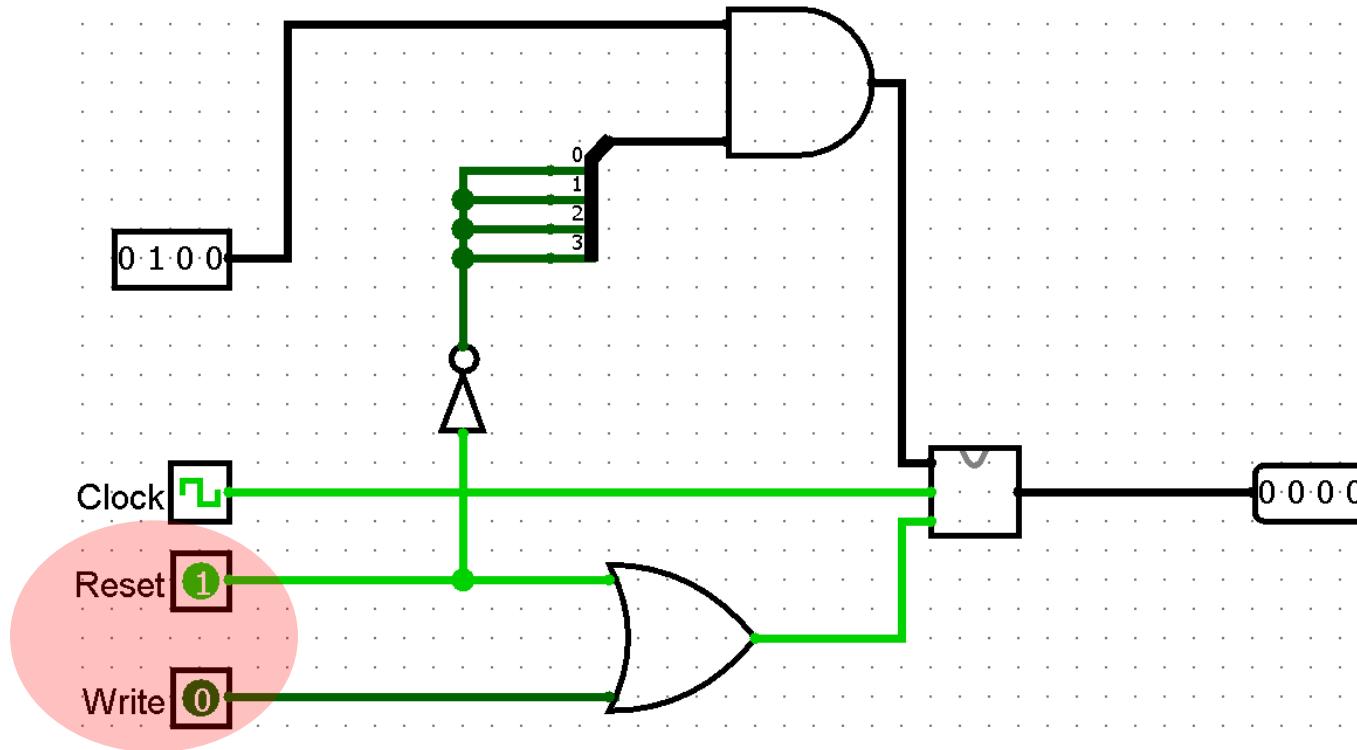
# Esercizio 5

- Si modifichi il circuito realizzato nel corso dell'esercizio 4 aggiungendo 1 bit di input per l'azzeramento del contenuto della memoria.

# Esercizio 5



# Esercizio 5



Abbiamo due bit di selezione, Write e Reset, in OR:

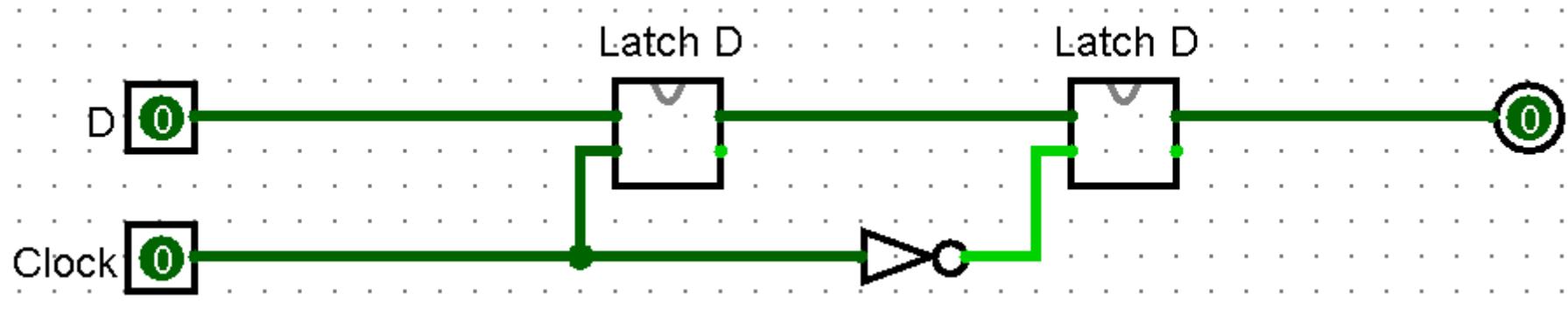
- Quando Reset è a 1 (e anche il clock è alto), allora lo stato viene azzerato
- Altrimenti, quando Write è a 1 (e anche il clock è alto) allora lo stato viene aggiornato
- Altrimenti, lo stato non viene aggiornato

# Esercizio 6

- Si realizzi un flip-flop a partire da due latch D.

# Esercizio 6

- Si realazzi un flip-flop a partire da due latch D.



# Esercizio 7

- Si realizzi un **registro a scorrimento** (verso sinistra) con input seriale e output parallelo.

# Esercizio 7

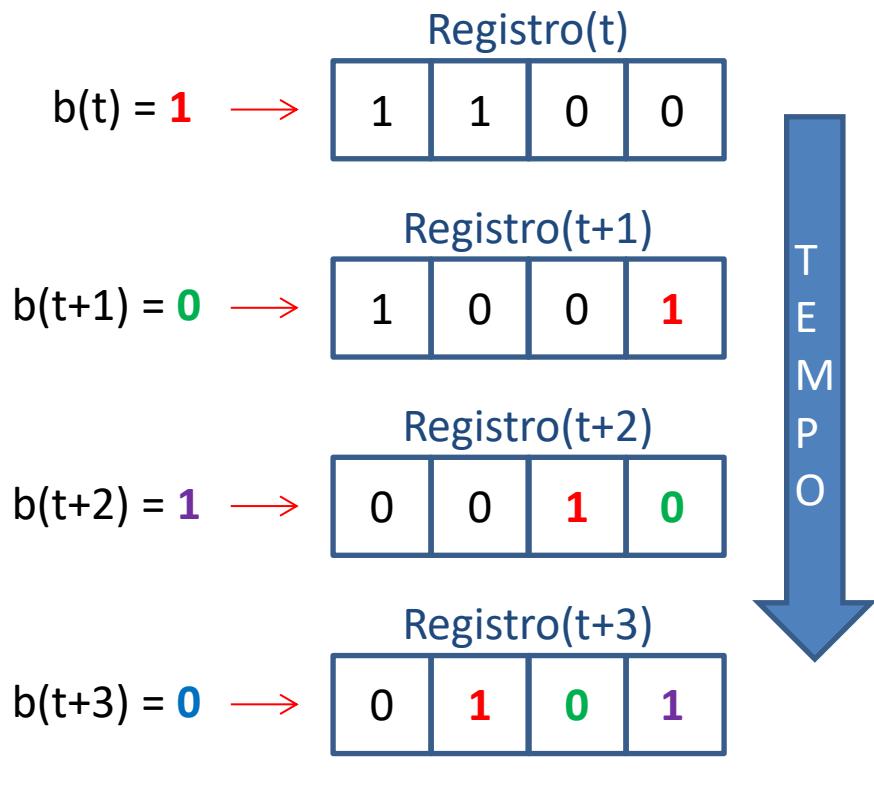
- Si realizzi un **registro a scorrimento** (verso sinistra) con input seriale e output parallelo.

## Come funziona?

Ad ogni istante di tempo diamo in input un singolo bit **b(t)** (input seriale)

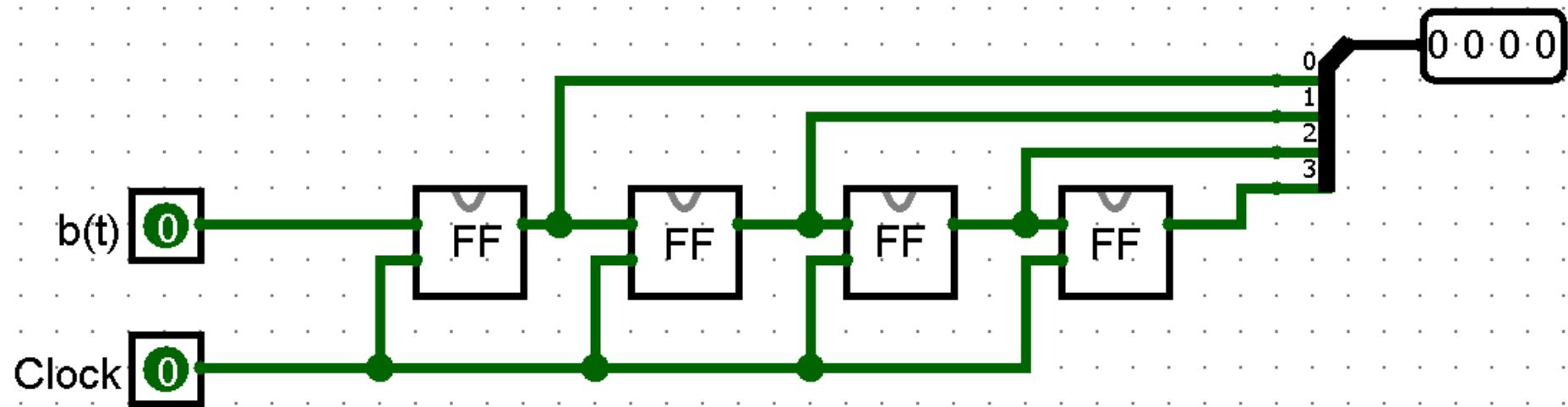
Il registro shifta a sinistra tutto il suo contenuto per fare posto a  $b(t)$  e lo memorizza nel bit più a destra

I quattro bit del registro possono essere letti contemporaneamente ad ogni t (output parallelo)



# Esercizio 7

- 4 Flip Flop

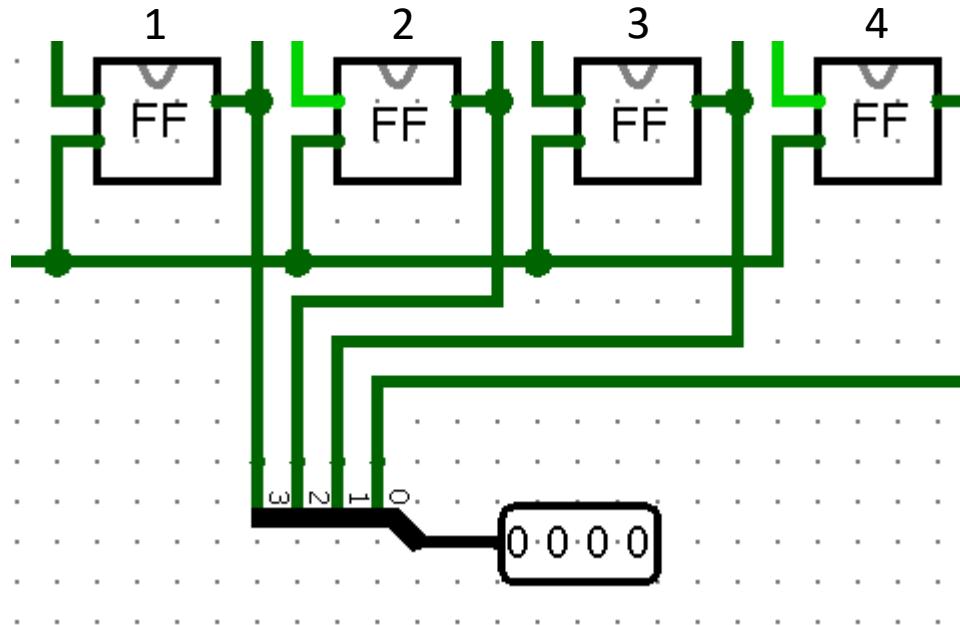


# Esercizio 8

- Si realizzi un banco di memoria di 4 bit per il quale siano possibili, per ogni ciclo di clock, le seguenti operazioni:
  - Scrittura di una parola di 4 bit;
  - Reset dei 4 bit;
  - Inserimento di un bit a sinistra (con shift della parola verso destra).

# Esercizio 8

- Suggerimenti:

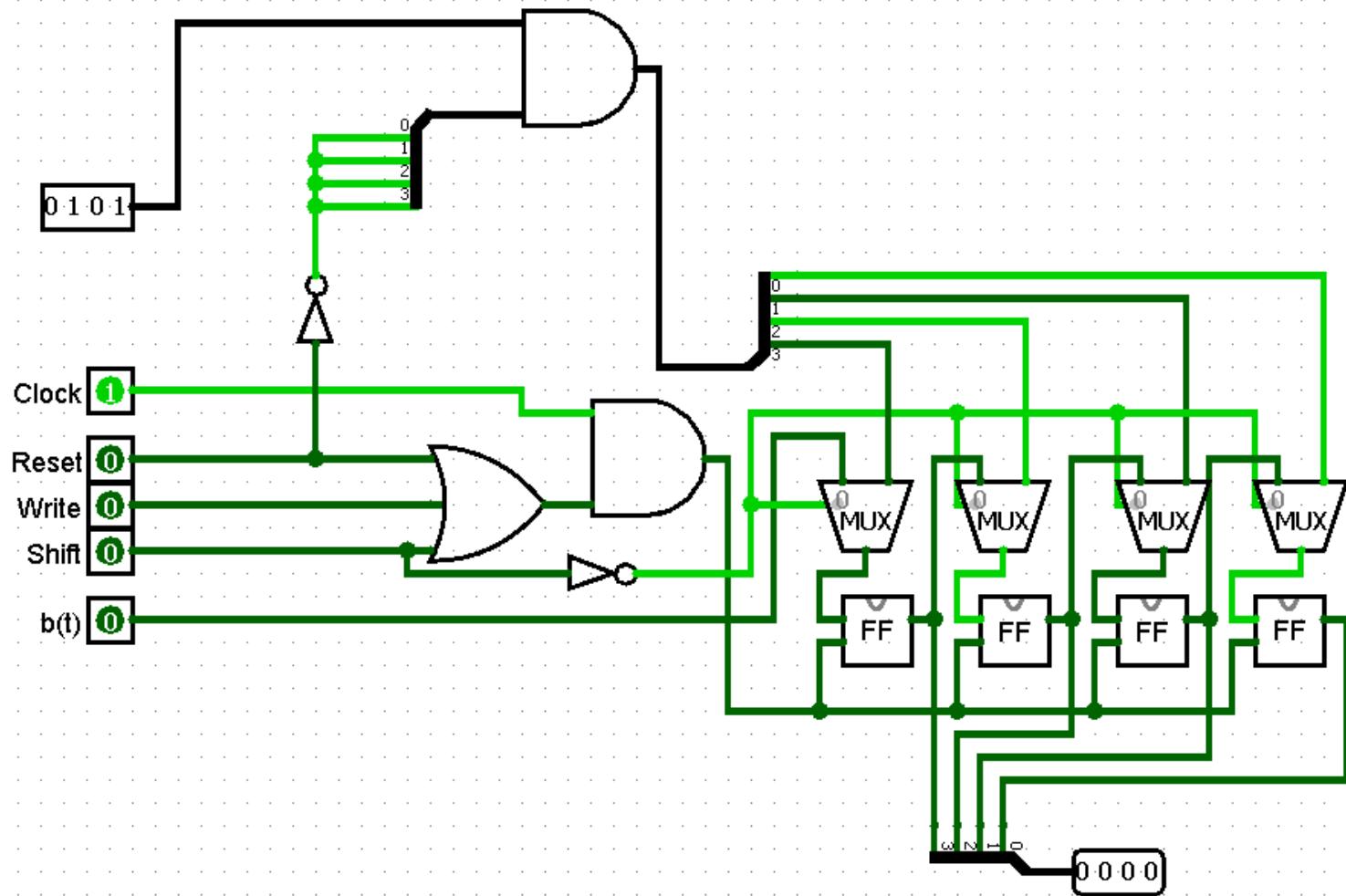


Useremo 4 Flip Flop:

- se RESET=1, memorizzeranno 0 0 0 0
- se WRITE=1, memorizzeranno la parola di quattro bit data in input
- se inseriamo a sinistra un bit **b**: FF1 memorizza **b**, FF2 memorizza FF1, FF3 memorizza FF2, FF4 memorizza FF3

# Esercizio 8

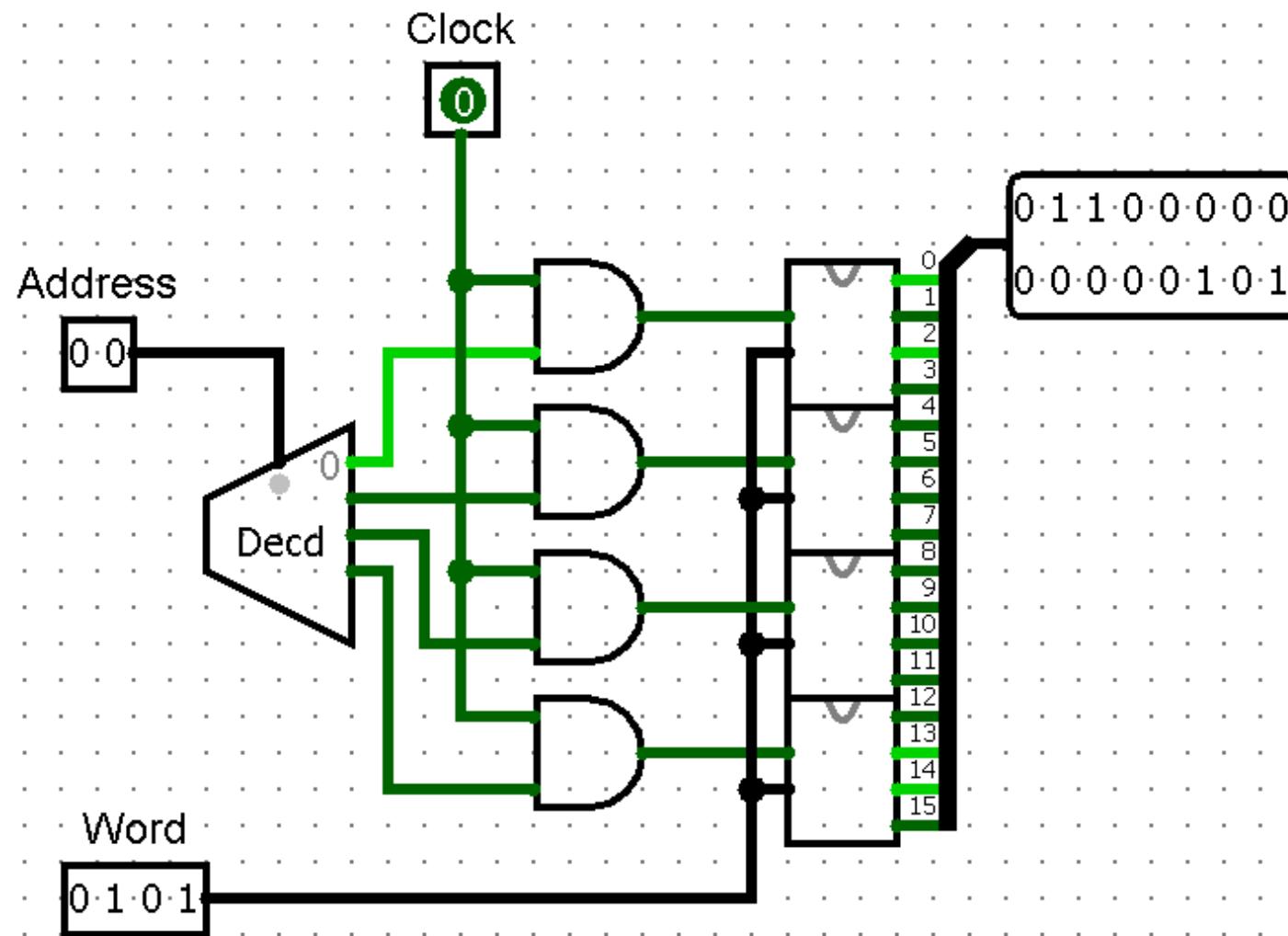
- Soluzione:



# Esercizio 9

- Si realizzi un registro nel quale sia possibile scrivere una parola di 4 bit;
- Si crei poi una memoria composta da 4 parole, nella quale sia possibile scrivere una delle 4 parole a seconda dell'indirizzo dato dall'utente.

# Esercizio 9



# Esercizio 9

