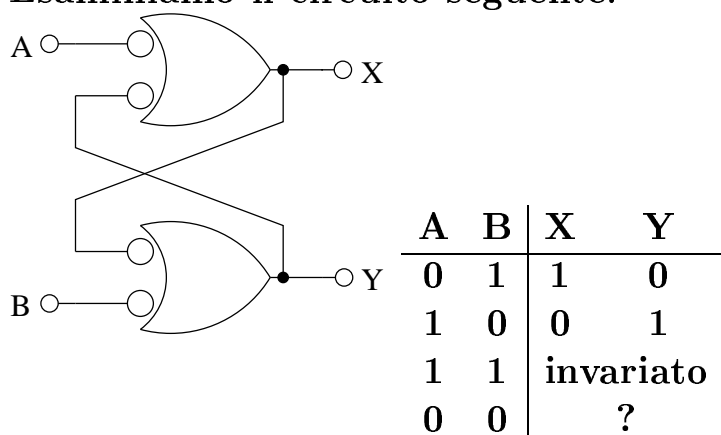


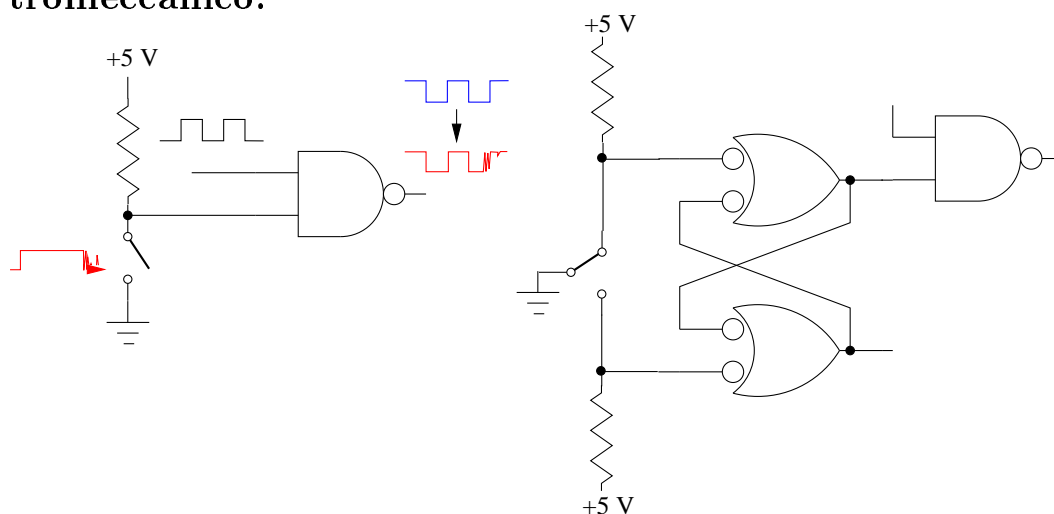
# Logica sequenziale: il flip-flop

- Per andare oltre la logica combinatoria occorre un elemento base capace di memorizzare uno stato binario (0 oppure 1). Esaminiamo il circuito seguente:



il circuito ha due stati stabili (notiamo che in entrambi si ha  $Y = \overline{X}$ ), e può essere forzato in uno di essi portando momentaneamente a 0 uno degli ingressi: si tratta di un **flip-flop** (il nome ufficiale è *multivibratore bistabile*) del tipo *set-reset*; se entrambi gli ingressi A e B rimangono a 1, lo stato delle uscite X e Y si conserva indefinitamente.

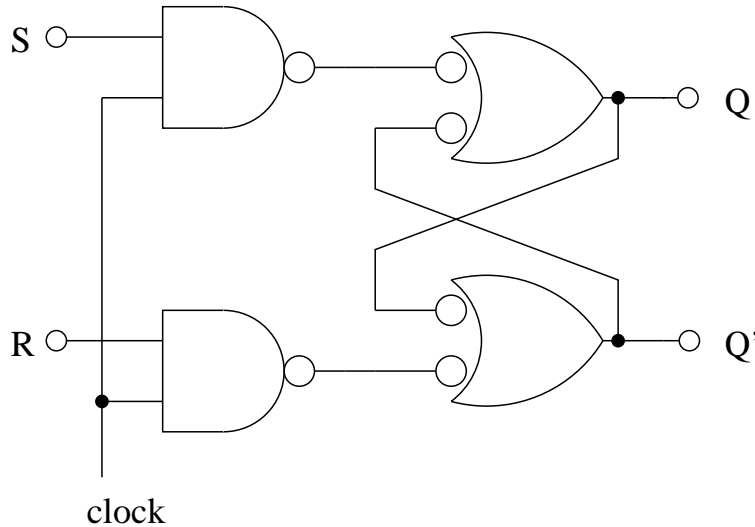
- Vediamo una prima applicazione del flip-flop, un circuito per eliminare le commutazioni multiple di un interruttore elettromeccanico:



nel caso a sinistra le perturbazioni alla chiusura dell'interruttore si ripresentano all'uscita del NAND e deteriorano il segnale periodico rispetto alla forma originale; nel caso di destra, lo stato del flip-flop cambia alla prima transizione dell'interruttore ed è insensibile alle successive perturbazioni

(anche se gli ingressi *set* e *reset* si portano simultaneamente a 1, l'uscita del flip-flop non cambia).

- Le forme più usate di flip-flop sono leggermente diverse, poichè in quasi tutte le applicazioni si preferisce introdurre un ulteriore ingresso di **clock**, che permette di utilizzare parecchi flip-flop in modo coordinato; il primo esempio è il seguente:



S	R	$Q_{n+1}$
0	0	$Q_n$
0	1	0
1	0	1
1	1	indeterminato

- La differenza fondamentale rispetto al primo tipo di flip-flop è che ora lo stato dell'uscita Q può cambiare solo quando il clock vale 1: solo durante questa fase il flip-flop esamina lo stato degli ingressi S ed R, i quali si possono pensare come "dati" da campionare.
- Il secondo tipo di flip-flop ha tuttavia un paio di proprietà indesiderabili:
  - la combinazione (S=1, R=1) produce un risultato casuale e deve essere evitata ad ogni costo;
  - il flip-flop è sensibile agli ingressi durante l'intera fase HIGH del clock, un fatto che limita la precisione della sincronizzazione in un sistema sequenziale complesso.
- Queste difficoltà vengono superate con tipi più sofisticati di flip-flop: i più importanti sono il tipo **J-K** (che rimuove la difficoltà numero 1) e il tipo **D**, nelle due versioni *master-slave* e *edge-triggered* (che rimuovono la difficoltà numero 2).