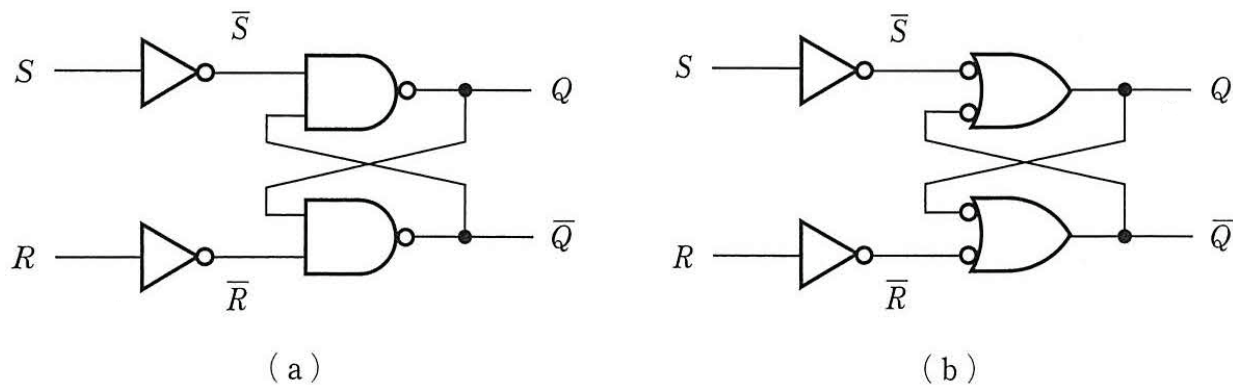


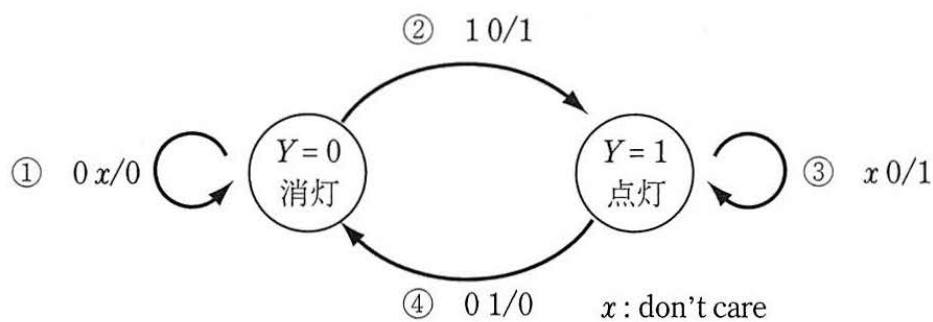
2.6 フリップフロップ

0か1の2つの状態を持ち、入力に応じて、そのいずれかの状態をとるように動作して1ビットの状態を記憶する回路（ラッチ）

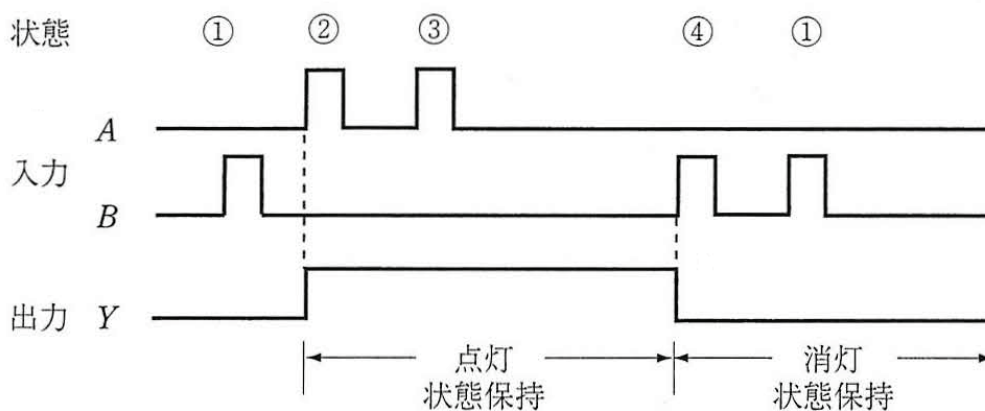
SRフリップフロップ（RSフリップフロップ）



SRラッチ



(a) 状態遷移図

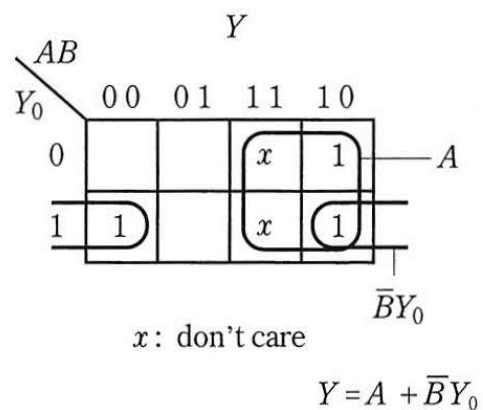


(b) タイムチャート

状態遷移図とタイムチャート

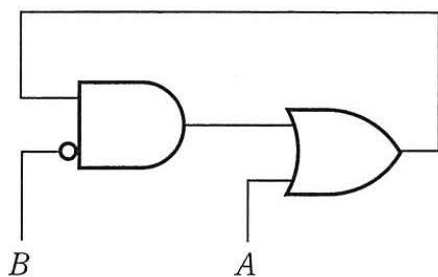
現在の状態 $Y_0$	入力 A B		次の状態 Y
	0	0 0	
	0 1	0	
	1 0	1	
	1 1	使用せず	
1	0 0	1	
	0 1	0	
	1 0	1	
	1 1	使用せず	

(a)

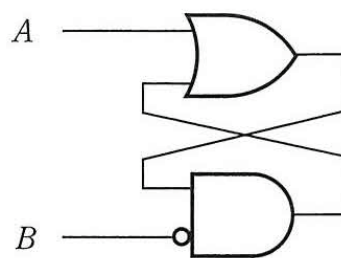


(b)

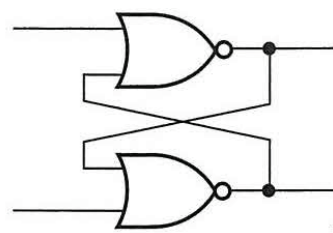
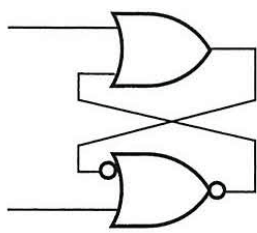
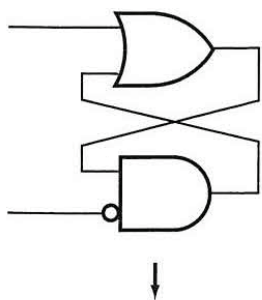
二安定回路の真理値表とカルノー図



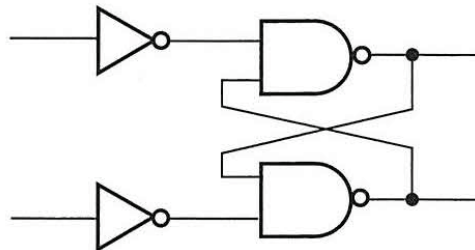
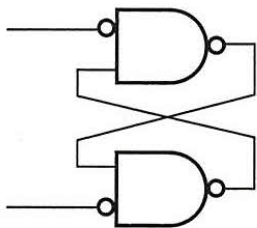
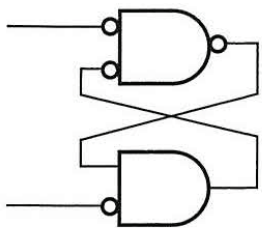
記憶回路



基本ラッチ回路



NOR型ラッチ



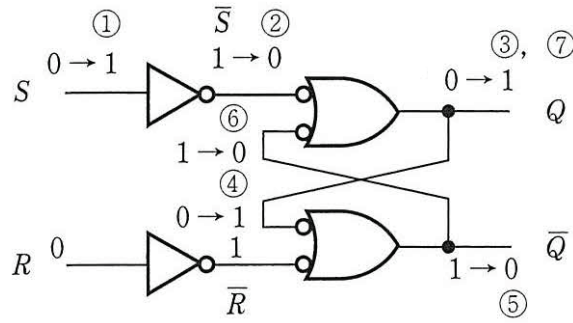
NAND型ラッチ

NAND型ラッチとNOR型ラッチ

現在の出力状態を  $Q_0, \overline{Q}_0$ , 入力により次に遷移する出力状態を  $Q, \overline{Q}$  とする  
 初期値  $S=R=0$ , 現在の出力が仮に  $Q_0=0, \overline{Q}_0=1$  であるとして  
 この状態から  $S=1, R=0$  を入力すると以下のような状態になる

- (1)  $S=0 \rightarrow 1$
- (2) 上の回路への入力は  $\overline{S}=1 \rightarrow 0$  となり (他方の入力に関係なく)
- (3)  $Q=0 \rightarrow 1$  を出力する
- (4) 下の回路への入力が  $0 \rightarrow 1$  と  $\overline{R}=1$  となるから
- (5)  $\overline{Q}=1 \rightarrow 0$  を出力する
- (6) 上の回路への入力は  $1 \rightarrow 0$  となるが (他方の入力に関係なく)
- (7)  $Q=1$  のままである

よって,  $S=1, R=0$  のとき  $Q=1, \overline{Q}=0$  を出力する

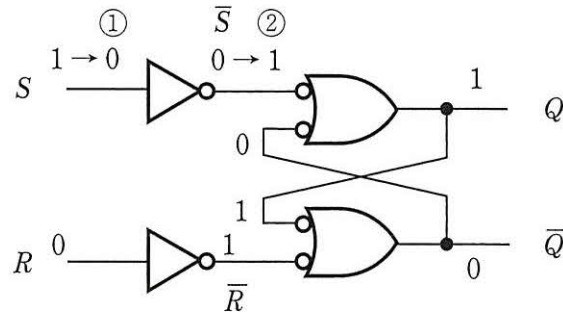


(a)

この状態から  $S=0, R=0$  を入力すると以下のような状態になる

$S=1 \rightarrow 0, \overline{S}=0 \rightarrow 1$  となるが, 他方の入力も  $\overline{Q}=0$  だから  $Q=1$  のままである  
 $\overline{R}=1$  と他方の入力も  $Q=1$  だから  $\overline{Q}=0$  のままである

よって,  $S=0, R=0$  のとき  $Q=1, \overline{Q}=0$  を保持する



(b)

同様にして

$S=0, R=1$  のとき  $Q=0, \overline{Q}=1$  を出力する

この状態から  $S=0, R=0$  を入力すると  $Q=0, \overline{Q}=1$  を保持する

$S=R=1$  では  $Q=\overline{Q}=1$  になるから, 使用禁止である

$Q$  を 1 にすることをセット, 0 にすることをリセットというが,  
 $Q$  は  $S=1 (R=0)$  でセット,  $R=1 (S=0)$  でリセットされる  
 以上の動作を真理値表にする

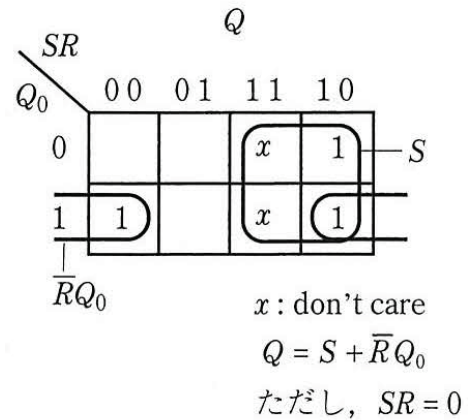
論理式 (特性方程式) は次のようになる ※カルノー図を用いる

$$Q = S + \overline{R} \cdot Q_0 \quad (\text{ただし, } S=R=1 \text{ 以外})$$

この式より論理回路を構成し, 変換すると先の回路になる

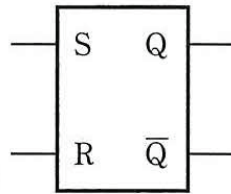
現在の出力状態 $Q_0$ $\bar{Q}_0$		入力 $S$ $R$		次の出力状態 $Q$ $\bar{Q}$	
0	1	0	0	0	1
		0	1	0	1
		1	0	1	0
		1	1	1	1
1	0	0	0	1	0
		0	1	0	1
		1	0	1	0
		1	1	1	1

(a)



(b)

SR ラッチの真理値表とカルノー図



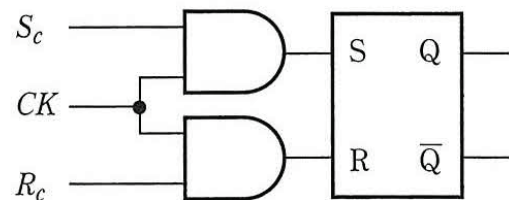
SR ラッチの論理記号

## 同期化SR-FF

外部信号  $CK$  (クロック) に同期して,  $CK=1$  のときのみ入力信号に応答し  
 $CK=0$  のときには入力に関係なく現在の出力状態を保持する

$CK$	$S_c$	$R_c$	$Q$	$\bar{Q}$	$S$	$R$
0	$x$	$x$	$Q_0$	$\bar{Q}_0$	0	0
1	0	0	$Q_0$	$\bar{Q}_0$	0	0
	0	1	0	1	0	1
	1	0	1	0	1	0
	1	1	1	1	1	1

(a)

 $x$ : don't care

(b)

同期型SRラッチ

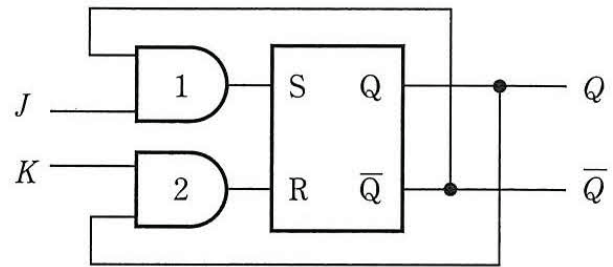
## JKフリップフロップ

$S=R=1$  のとき現在の出力状態が反転するSRフリップフロップ  
 入力を  $J$ ,  $K$ , 現在の出力状態を  $Q_0$ ,  $\bar{Q}_0$ , 次の出力状態を  $Q$ ,  $\bar{Q}$  とする  
 $J=K=1$  のとき  $Q_0=0$  であれば  $Q=1$  を,  $Q_0=1$  であれば  $Q=0$  を出力し,  
 その他の入力ではSRフリップフロップと同様の動作をする  
 以上の動作を真理値表にする

( $Q$ ,  $\bar{Q}$  の状態を作るためのSR-FFの入力  $S$ ,  $R$  の状態も付け加える)

$Q_0$	$\overline{Q_0}$	$J$	$K$	$Q$	$\overline{Q}$	$S$	$R$
0	1	0	0	0	1	0	0
		0	1	0	1	0	0
		1	0	1	0	1	0
		1	1	1	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0	0
		0	1	0	1	0	1
		1	0	1	0	0	0
		1	1	0	1	0	1

(a)



(b)

### SRラッチによるトグル動作と非安定動作

$Q_0$ ,  $J$ ,  $K$ から求めたSR-FFの入力 $S$ ,  $R$ の論理式を次に示す

$S=1$ に着目して

$$S = J \cdot \overline{K} \cdot \overline{Q_0} + J \cdot K \cdot \overline{Q_0} = J \cdot \overline{Q_0} \cdot (\overline{K} + K) = J \cdot \overline{Q_0}$$

$R=1$ に着目して

$$R = \overline{J} \cdot K \cdot Q_0 + J \cdot K \cdot Q_0 = K \cdot Q_0 \cdot (\overline{J} + J) = K \cdot Q_0$$

これを回路化する

$J=K=1$ のとき回路の動作は次のようになる

- (1) 初期状態を $Q_0=0$ ,  $\overline{Q_0}=1$ とすると, SR-FFへの入力は  
AND回路1:  $J=1$ と $\overline{Q_0}=1$ とから出力は1になり,  $S=1$   
AND回路2:  $K=1$ と $Q_0=0$ とから出力は0になり,  $R=0$   
となり, これらを入力としたSR-FFは $Q=0 \rightarrow 1$ ,  $\overline{Q}=1 \rightarrow 0$ に反転する
- (2)  $Q=1$ ,  $\overline{Q}=0$ が入力側に帰還すると, SR-FFへの入力は  
AND回路1:  $J=1$ と $\overline{Q_0}=0$ とから出力は0になり,  $S=0$   
AND回路2:  $K=1$ と $Q_0=1$ とから出力は1になり,  $R=1$   
となり, これらを入力としたSR-FFは $Q=1 \rightarrow 0$ ,  $\overline{Q}=0 \rightarrow 1$ に反転し,  
(1)に戻る. つまり, 非安定な発振状態に陥る

### マスタースレーブJK-FF

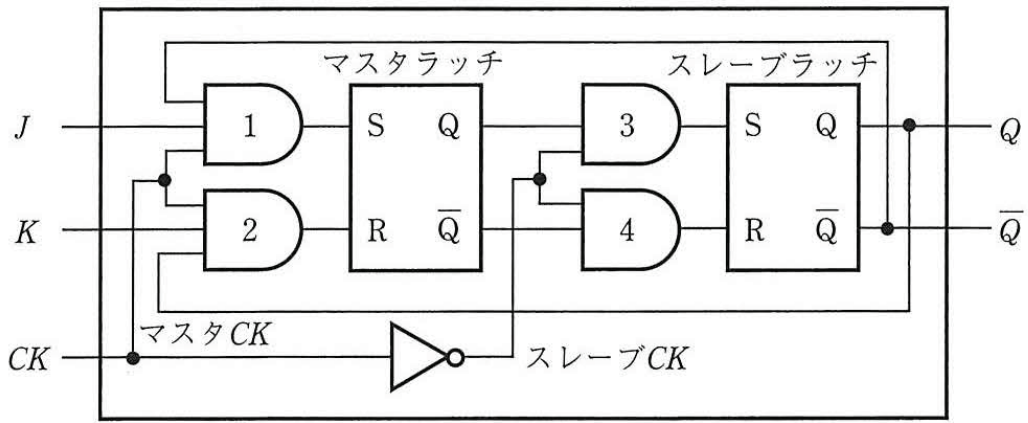
前段のマスターラッチと後段のスレーブラッチの2段から構成  
両者が同時に動作しない時間帯がある

### ポジティブエッジトリガJK-FF

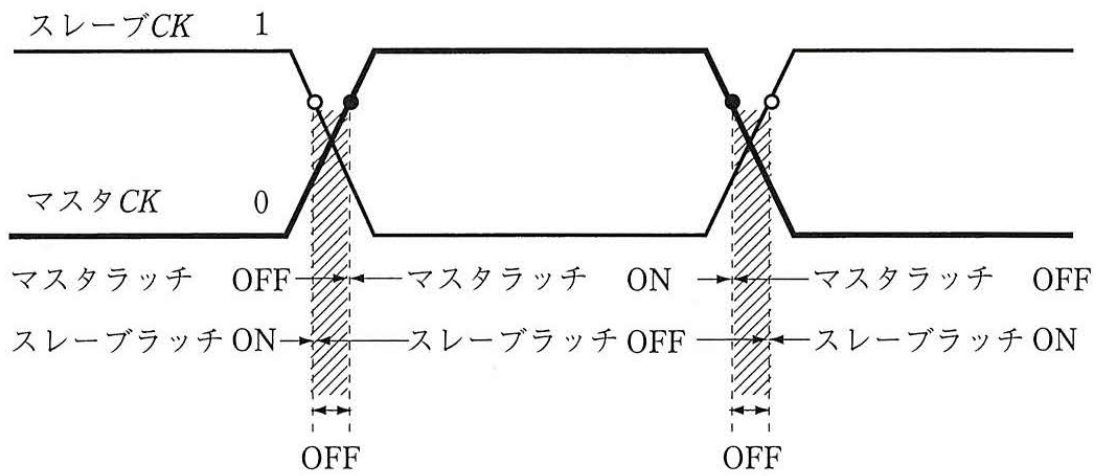
CKが立ち上がる直前の入力を読み込み, CKの立ち上がりで出力が遷移し  
次のCKの立ち上がりまでその出力状態を保持する

### ネガティブエッジトリガJK-FF

CKが立ち下がる直前の入力を読み込み, CKの立ち下がりまで出力が遷移し  
次のCKの立ち下がりまでその出力状態を保持する



(a)



(b)

MS JK-FFの回路構成と動作時間関係