
第6章「順序回路の基礎」

- ・ 順序回路の構成
- ・ 順序機械・有限状態機械
- ・ 状態遷移図
- ・ 有限オートマトン
- ・ フリップフロップ

順序回路とは

.....

- ・ 出力が現在の入力だけでなく、現在の内部状態にも依存する回路 ($\leftrightarrow$ 組み合わせ回路)
- ・ 現在の内部状態 = 過去の入力の履歴で決まる
- ・ あらかじめ定めた時間間隔 Δt ごとに状態が更新される同期式順序回路が主流
 - 時刻 $n = 1, 2, \dots$ で表現

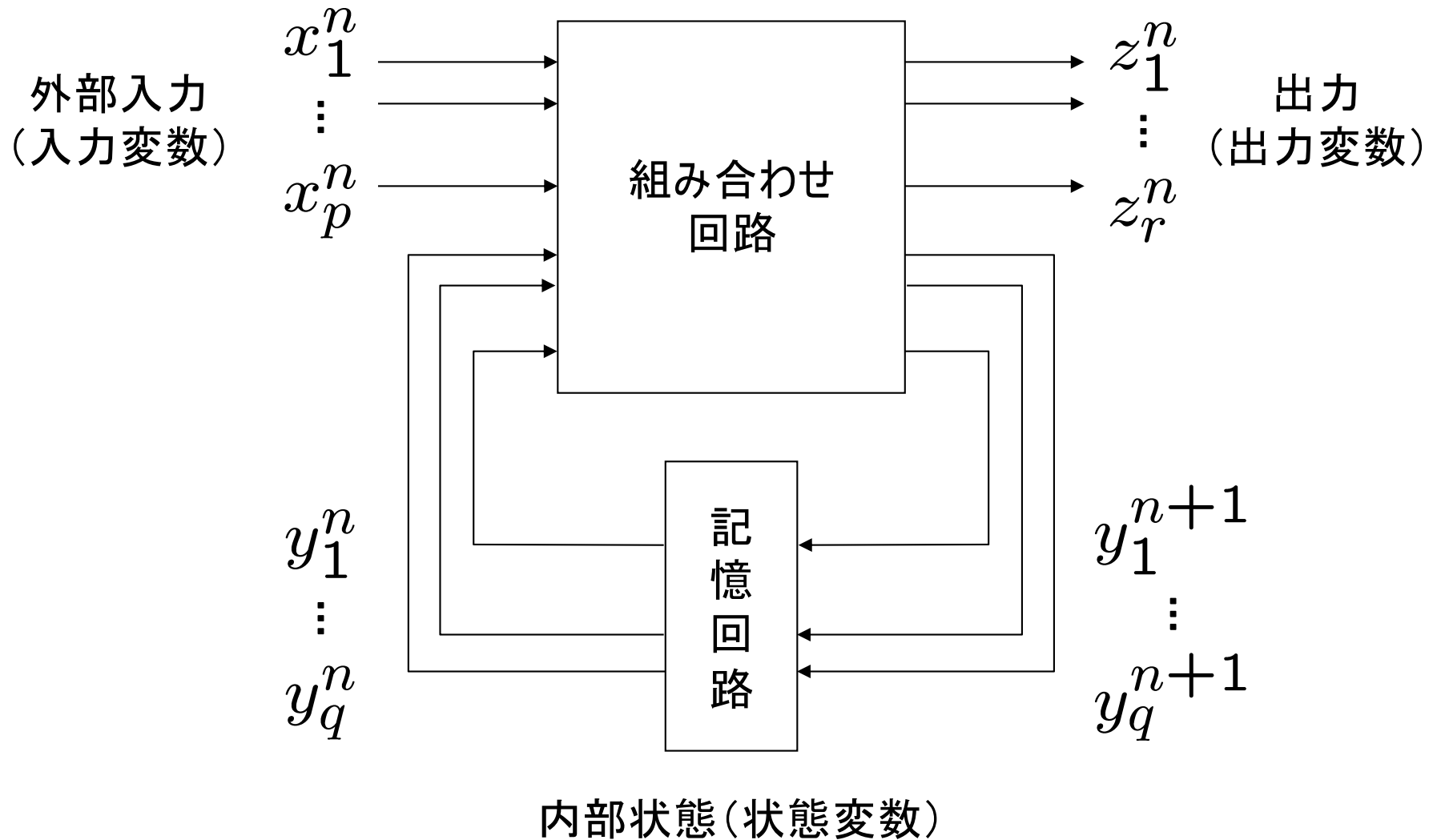
出力変数関数

$$z_i^n = f_i(x_1^n, \dots, x_p^n, y_1^n, \dots, y_q^n) \quad (i = 1, \dots, r)$$

状態変数関数

$$y_j^{n+1} = g_j(x_1^n, \dots, x_p^n, y_1^n, \dots, y_q^n) \quad (j = 1, \dots, q)$$

順序回路の構成



順序機械

.....

- ・ 順序機械を具体化したものが順序回路
- ・ 有限状態機械ともいう
 - 有限状態機械 … 有限個の履歴だけで内部状態が決まる(状態の数が有限個で済む)
 - ミーリー(Mealy)型とムーア(Moore)型
- ・ 順序機械は次のような5つの要素からなる

$$M(I, O, S, \delta, \lambda)$$

I … 入力集合

O … 出力集合 $\delta : S \times I \rightarrow S$ … 状態遷移関数

S … 状態集合 $\lambda : S \times I \rightarrow O$ … 出力関数

例

.....

200円の品物を売る自動販売機があり、次のような仕様とする

- a) 100円硬貨と500円硬貨のみ受け付ける
- b) 合計200円を超えると品物とつり銭を出す

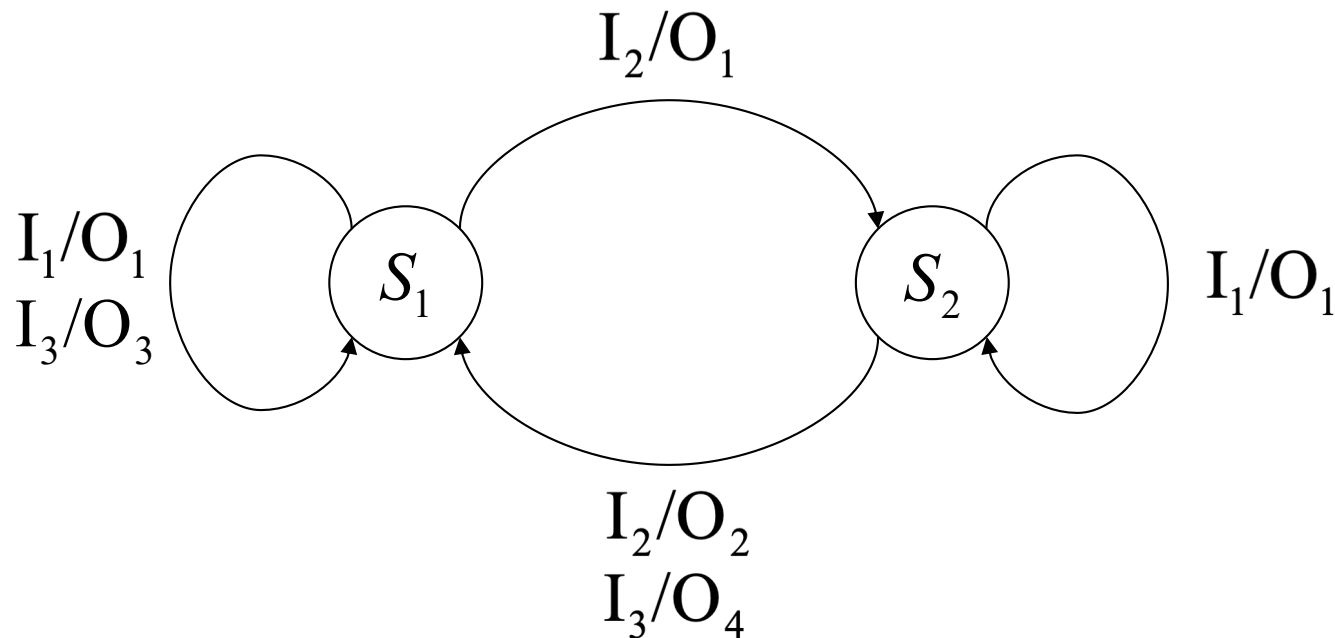
入力	I ₁ :何もしない, I ₂ :100円投入, I ₃ :500円投入
状態	S ₁ :硬貨未投入, S ₂ :100円投入済み
出力	O ₁ :何もしない, O ₂ :品物のみを出す, O ₃ :品物と300円, O ₄ :品物と400円

状態遷移図(State transition diagram)

.....

- 状態を○で書き、その間の遷移を有向枝で表す。さらに、入力とそれに対する出力を“/”で区切って記す

自動販売機の例)



状態遷移表, 出力表

.....

- 次状態, 出力を表にしたもの

		入力		
		I ₁	I ₂	I ₃
現状態	S ₁	S ₁	S ₂	S ₁
	S ₂	S ₂	S ₁	S ₁

状態遷移表

入力

	I ₁	I ₂	I ₃
S ₁	O ₁	O ₁	O ₃
S ₂	O ₁	O ₂	O ₄

出力表

同期式と非同期式

.....

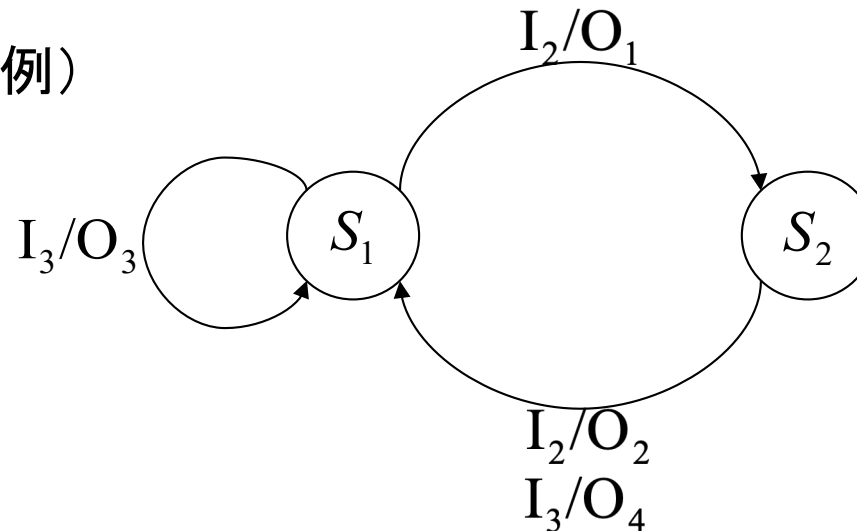
- 同期式順序回路

- 一定時間間隔 Δt で内部状態を更新する。状態変化のトリガーになるのは「クロック」

- 非同期式順序回路

- 入力変化を状態変化のトリガーとし、随時内部状態が変化する

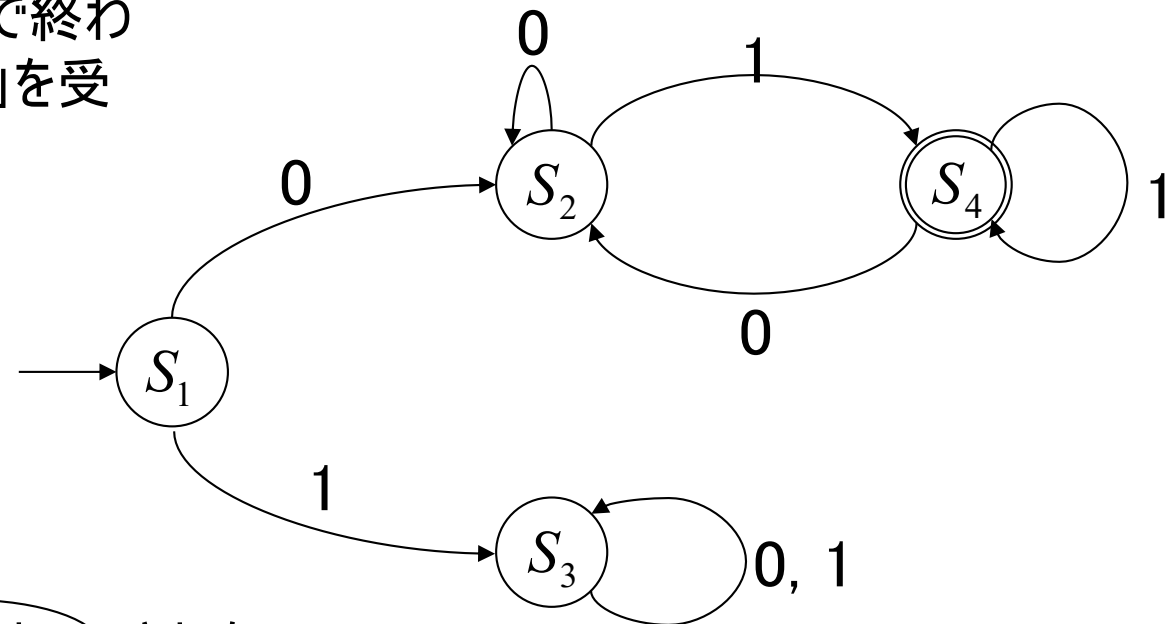
自動販売機の例)



例(有限オートマトン)

- 入力された系列が与えられた系列集合(「言語」と呼ばれる)の要素であるかどうかを判定する順序機械を考える

例)「0, 1とからなり0で始まり1で終わる系列(例えば"00101101")」を受理する順序機械



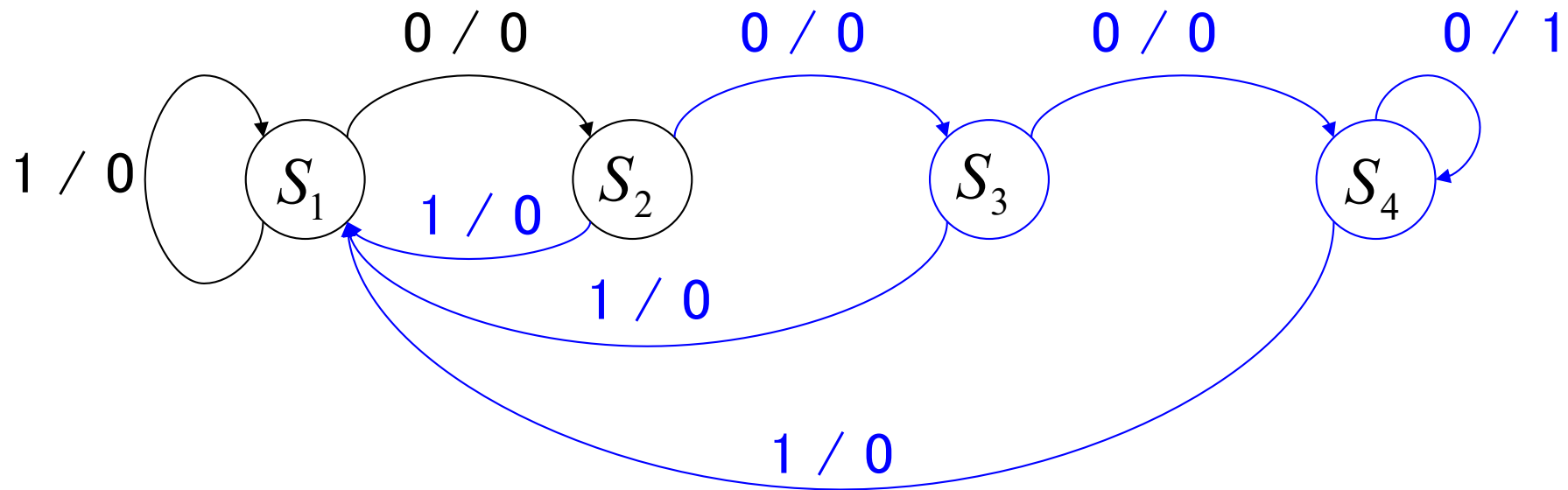
“001011001” ... 受理される・されない

“01100” ... 受理される・されない

“10100000” ... 受理される・されない

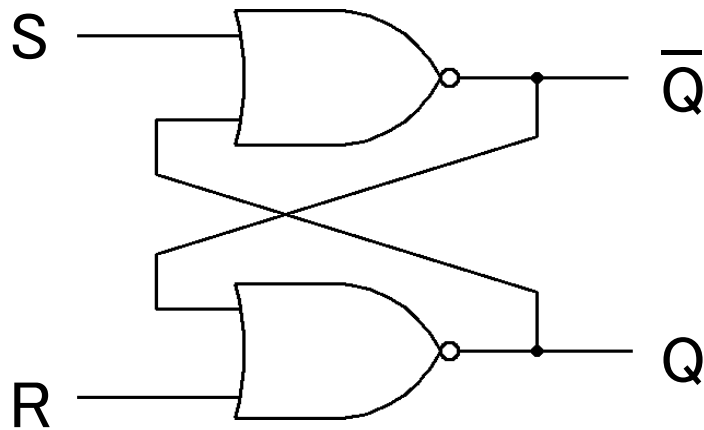
例題

- 0 と 1 からなる系列が連続して入力されるとき, 途中に“0000”という系列があれば 1 を出力する順序機械を考え, その状態遷移図を書け



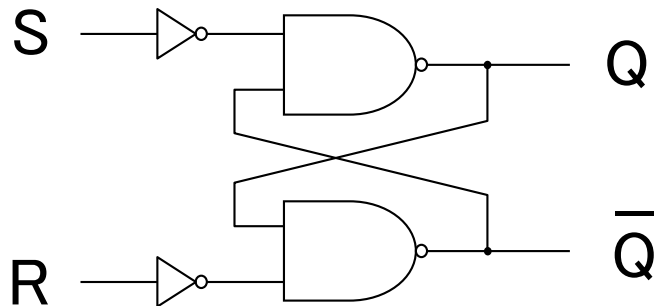
フリップフロップ (Flip-Flop)

- 記憶回路を構成する記憶素子



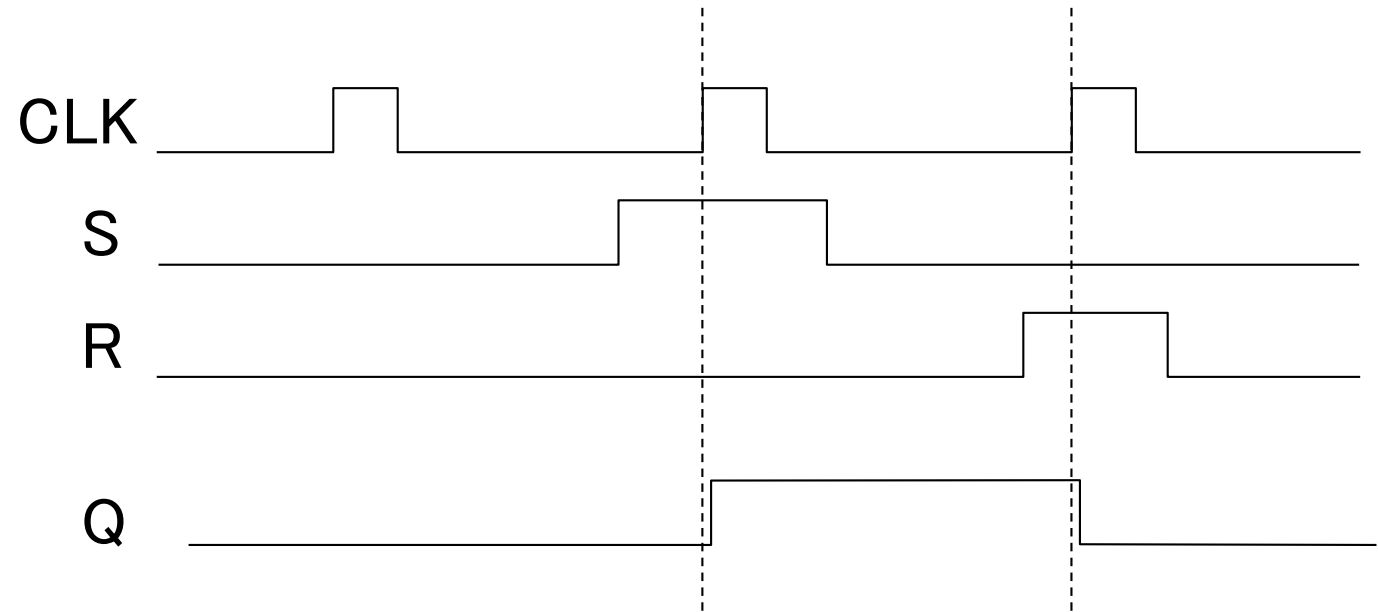
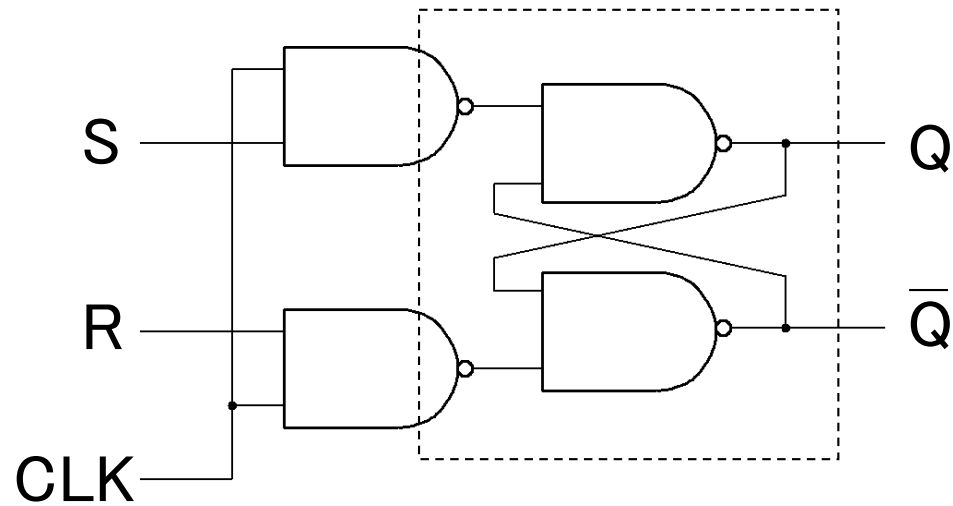
S	R	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	—

NANDでも構成可能

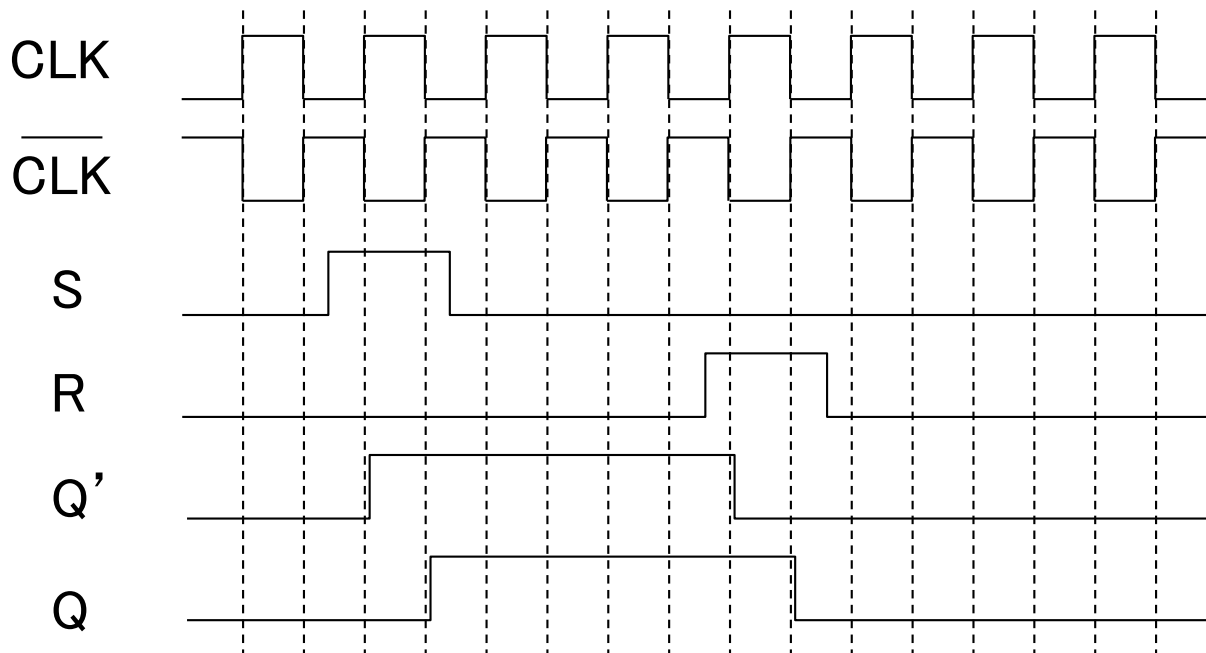
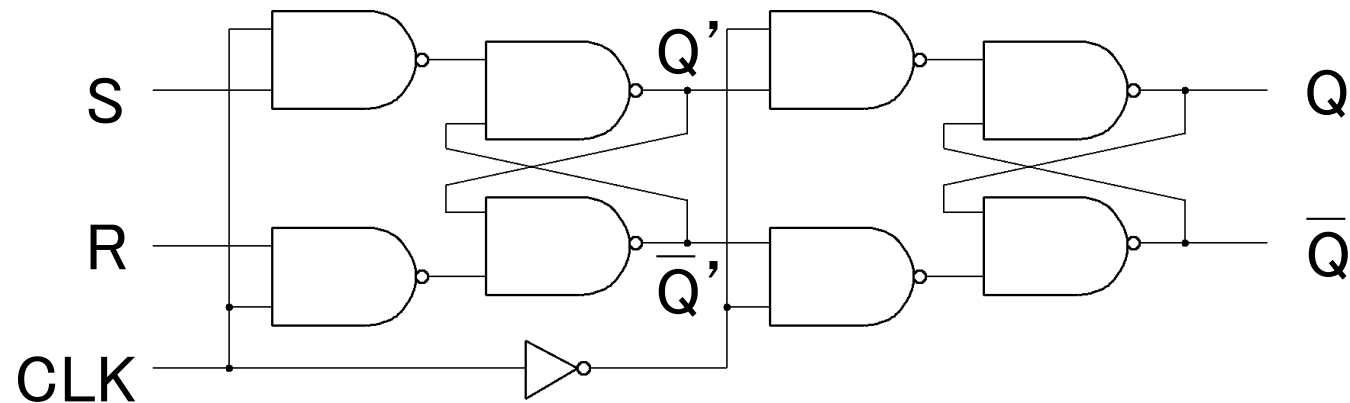


X	Y	NOR
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

クロック入力付



マスタスレーブ構成



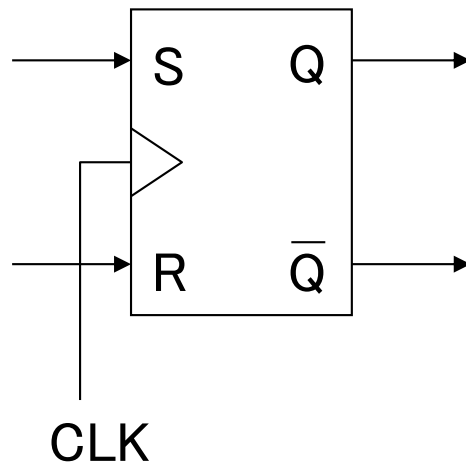
クロックが1のとき(0になる直前)の入力を取り込む

参考)クロックのエッジ(立上がり,あるいは立下り)の入力を取り込むものをエッジトリガ型と呼ぶ

フリップフロップ各種

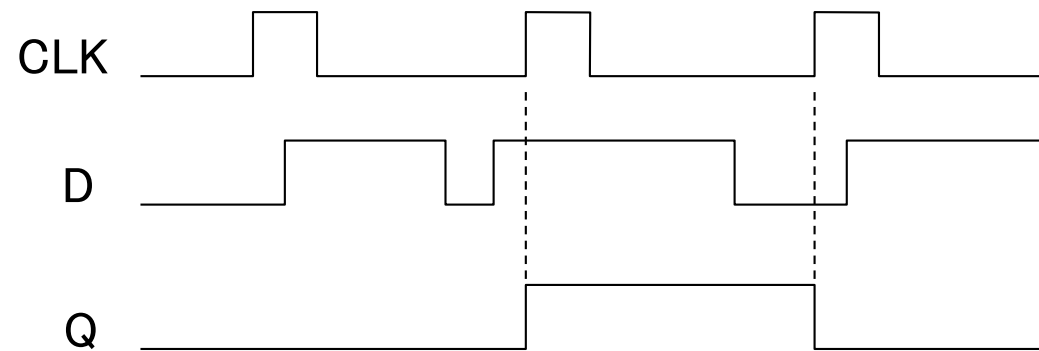
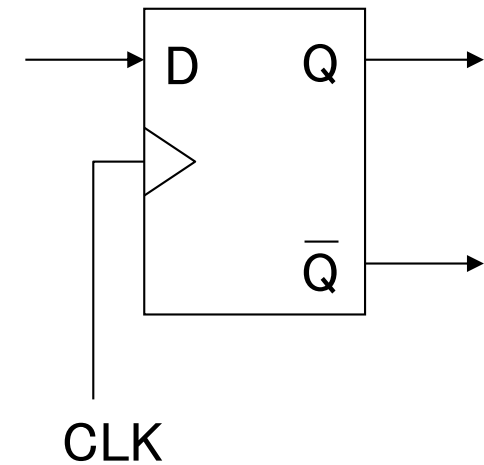
・RSフリップフロップ

S	R	$Q(t+1)$
0	0	$Q(t)$
0	1	0
1	0	1
1	1	—



・Dフリップフロップ(ラッチ)

D	$Q(t+1)$
0	0
1	1



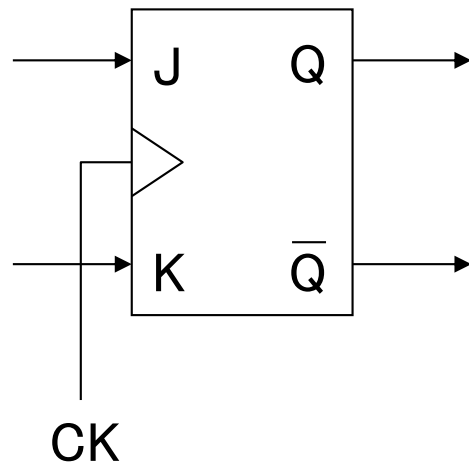
エッジトリガ(立ち上がり)型D-FFの動作

フリップフロップ各種

.....

・ JKフリップフロップ

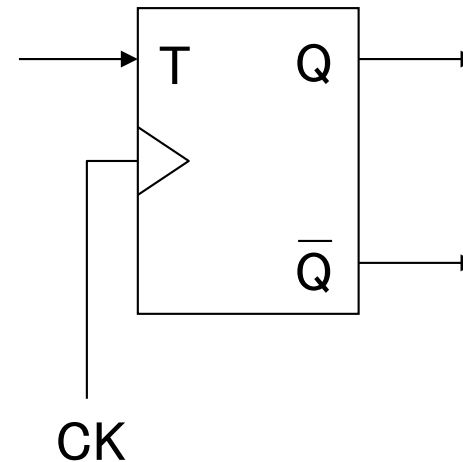
J	K	$Q(t+1)$
0	0	$Q(t)$
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q(t)}$



・ Tフリップフロップ

T	$Q(t+1)$
0	$Q(t)$
1	$\overline{Q(t)}$

トグル(toggle)動作



.....