

---

# 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 (↔ 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  $\Delta t$  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

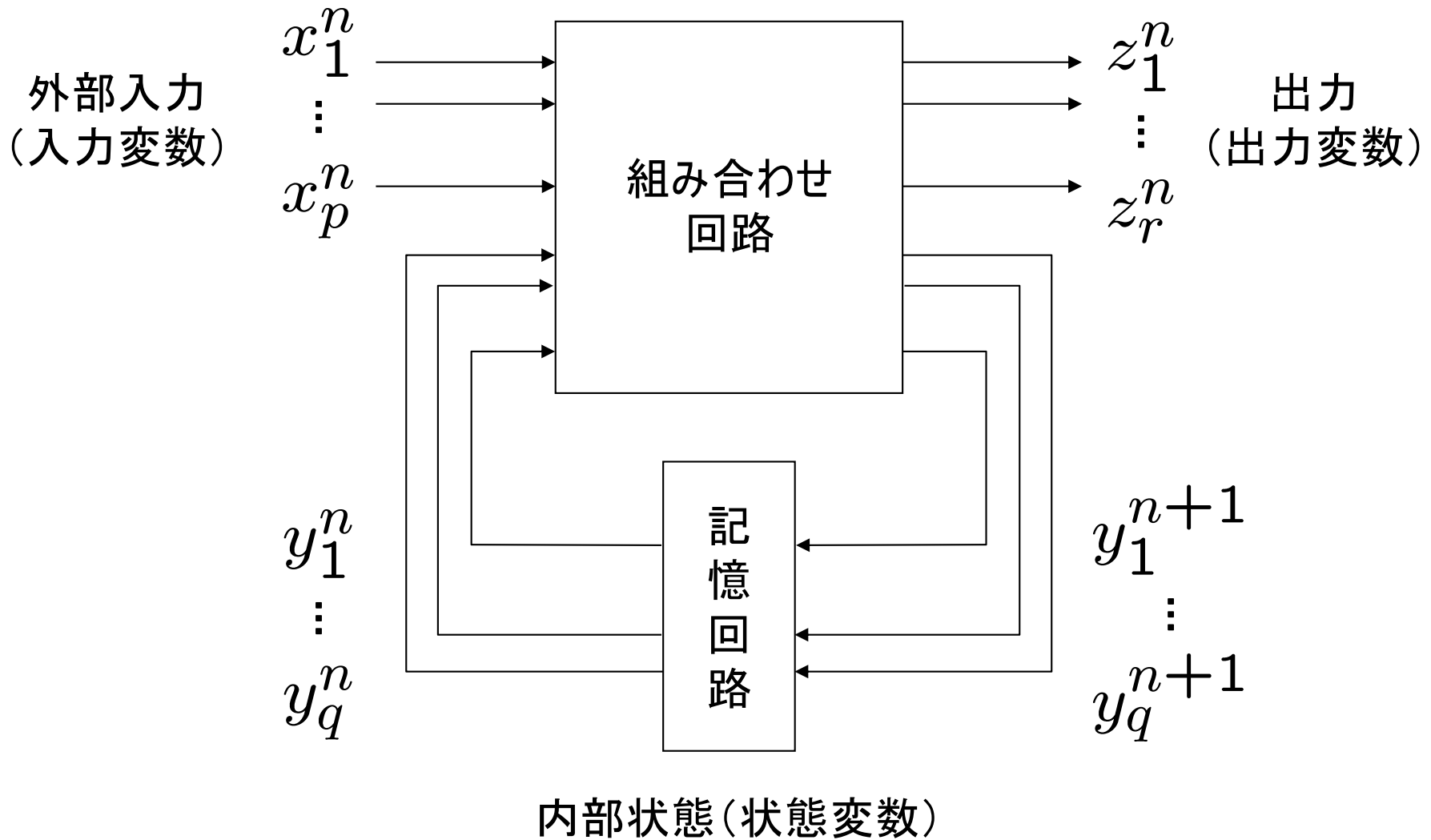
出力変数関数

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

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

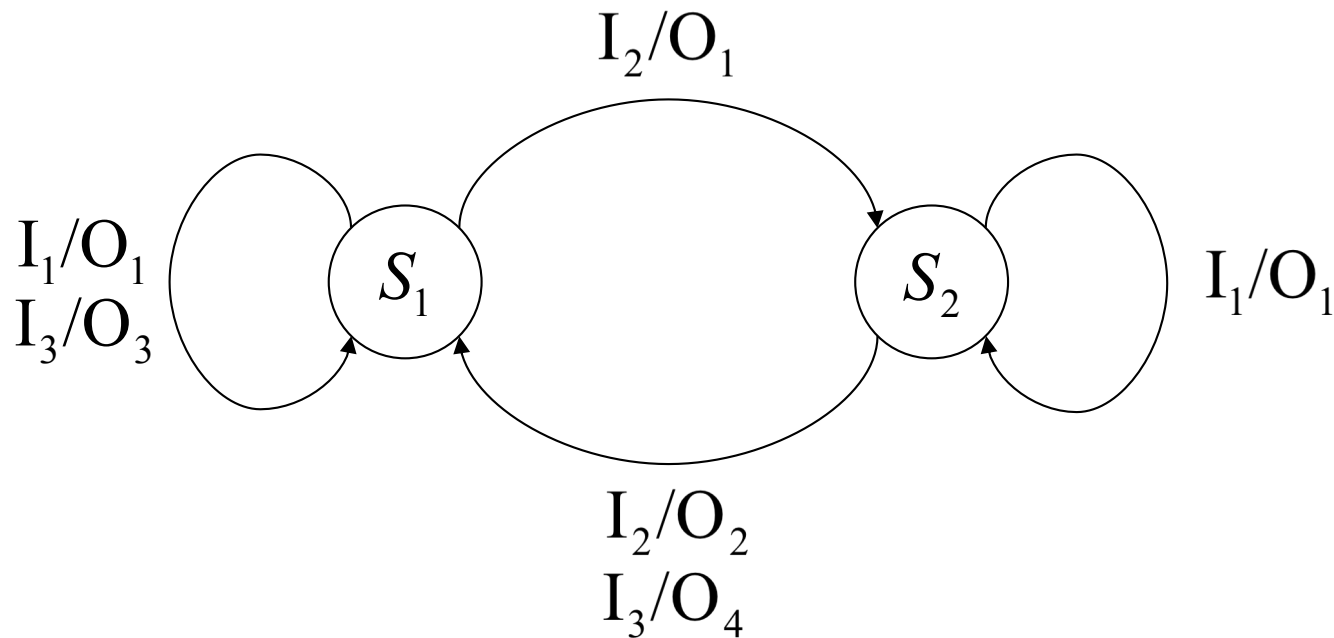
入力	I <sub>1</sub> :何もしない, I <sub>2</sub> :100円投入, I <sub>3</sub> :500円投入
状態	S <sub>1</sub> :硬貨未投入, S <sub>2</sub> :100円投入済み
出力	O <sub>1</sub> :何もしない, O <sub>2</sub> :品物のみを出す, O <sub>3</sub> :品物と300円, O <sub>4</sub> :品物と400円

# 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 <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>
S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>

現状態

状態遷移表

入力

	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
S <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>3</sub>
S <sub>2</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>4</sub>

出力表

# 同期式と非同期式

---

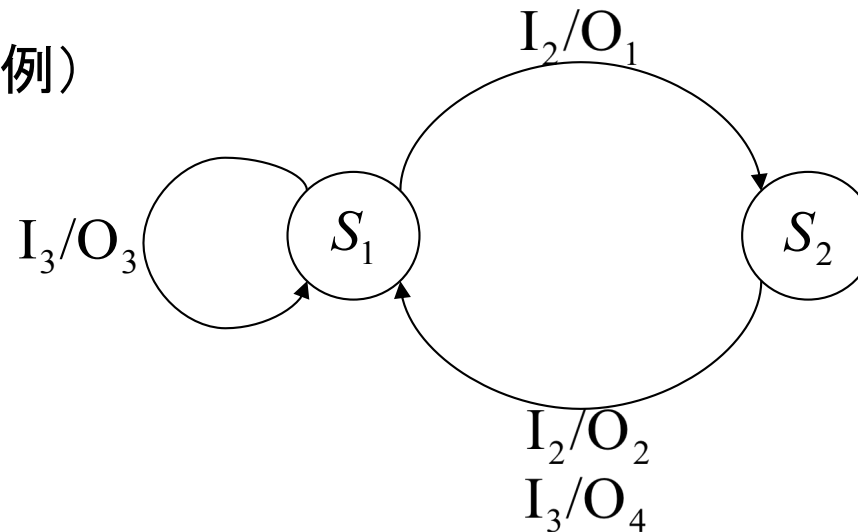
- 同期式順序回路

- 一定時間間隔  $\Delta t$  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)

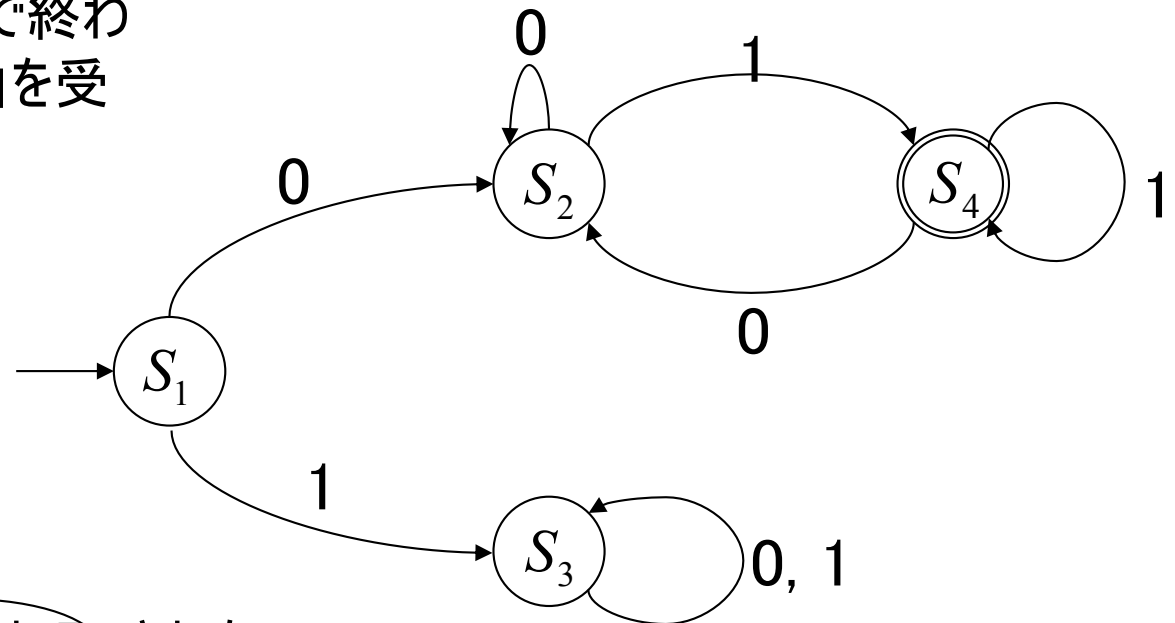




# 例(有限オートマトン)

- 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

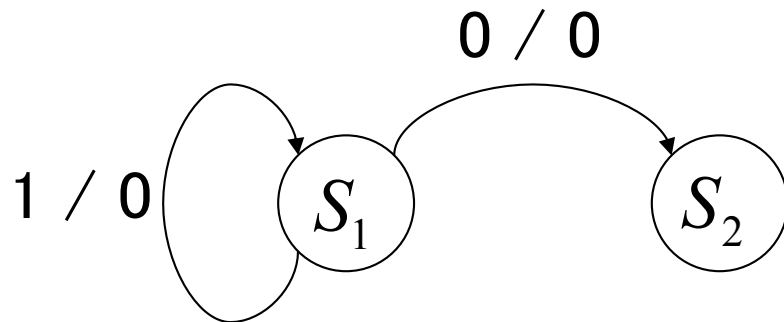
例)「0, 1とからなり0で始まり1で終わる系列(例えば"00101101")」を受理する順序機械



- “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

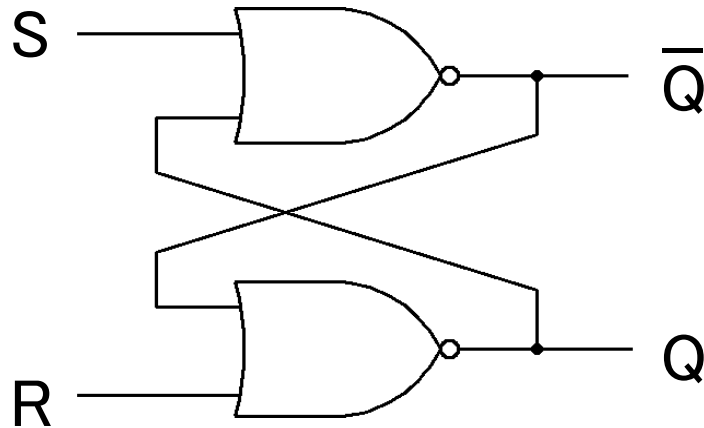
# 例題

- 0 と 1 からなる系列が連続して入力されるとき, 途中で“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



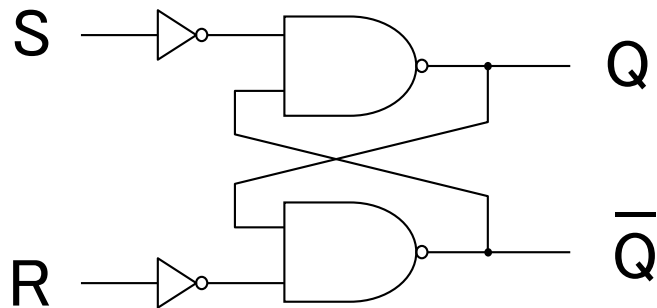
# フリップフロップ (Flip-Flop)

- 記憶回路を構成する記憶素子



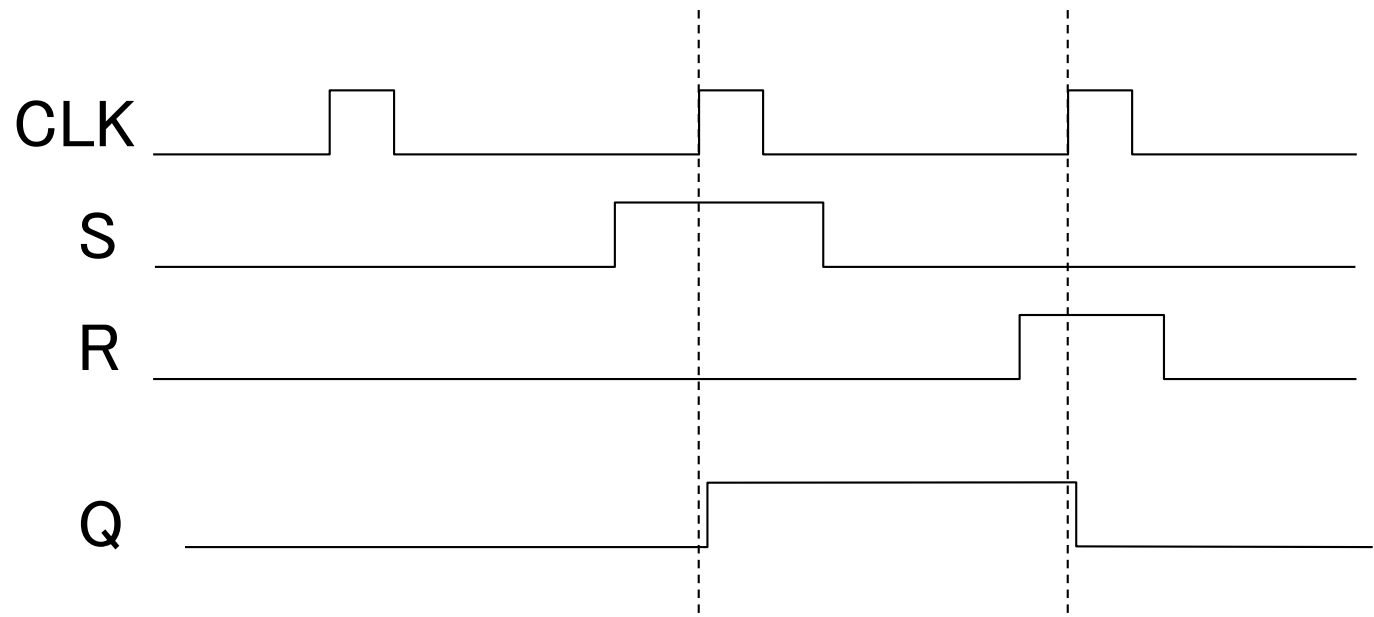
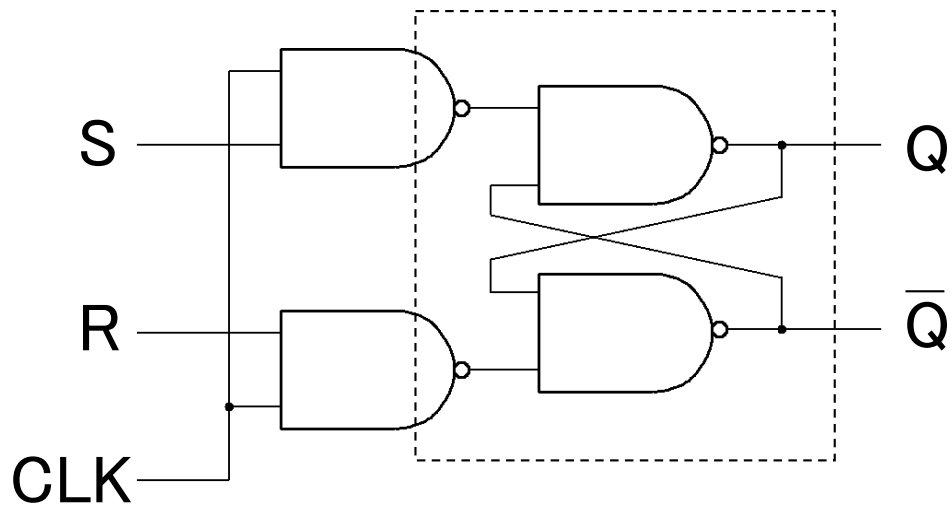
S	R	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	—

NANDでも構成可能

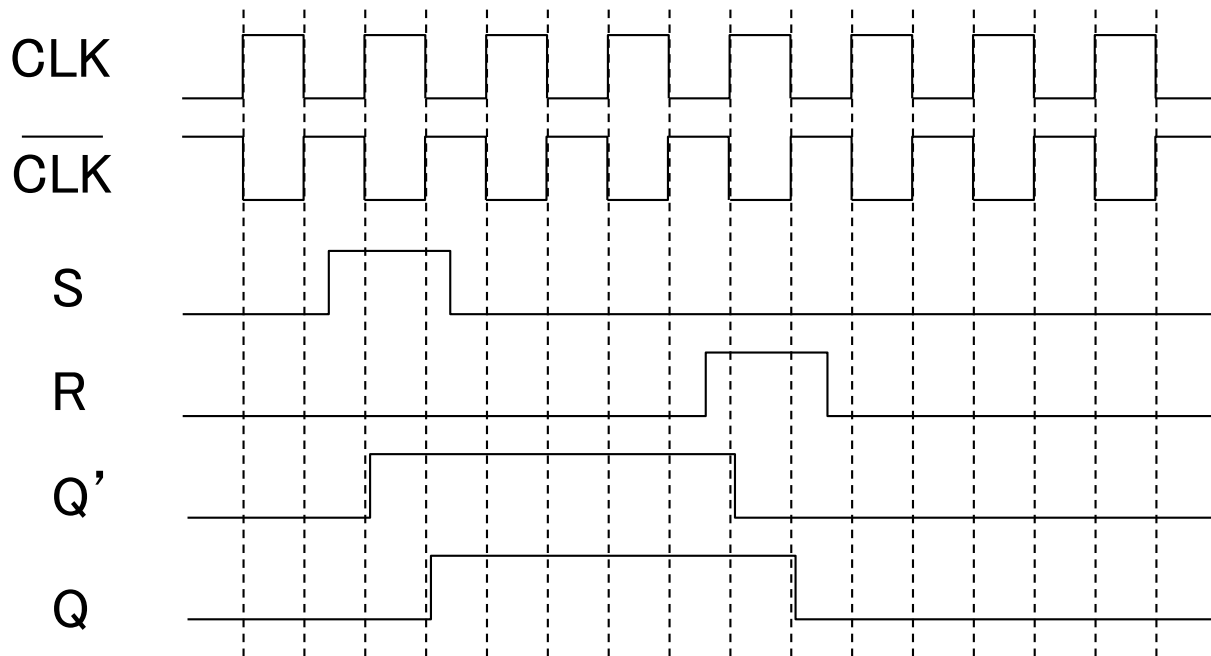
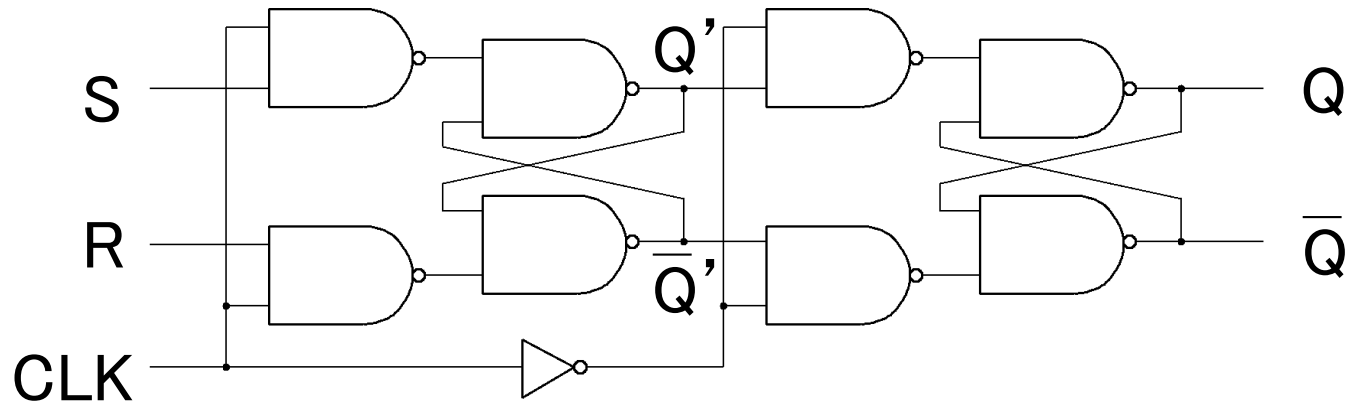


X	Y	NOR
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

# クロック入力付



# マスタスレーブ構成



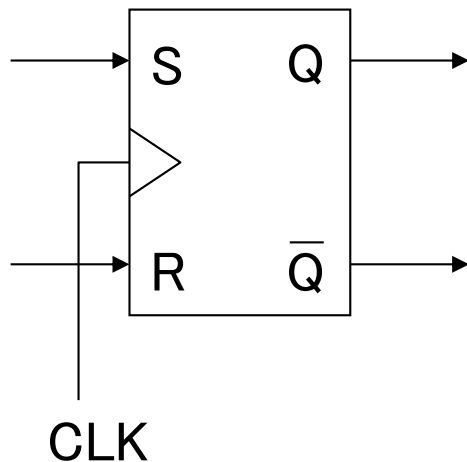
クロックが1のとき(0になる直前)の入力を取り込む

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

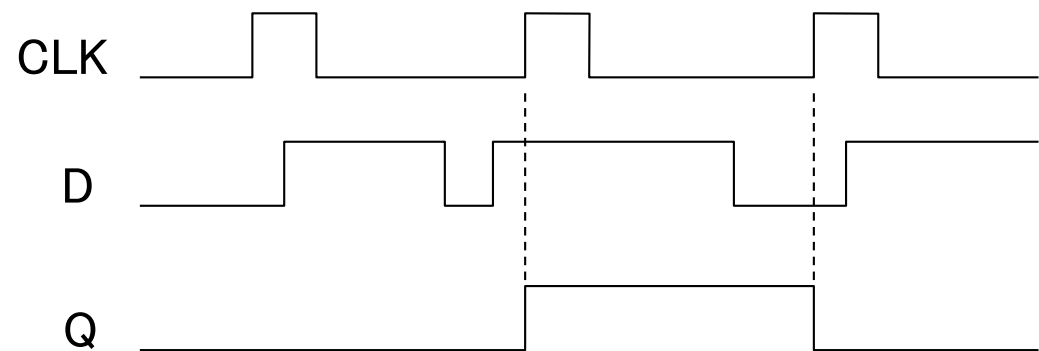
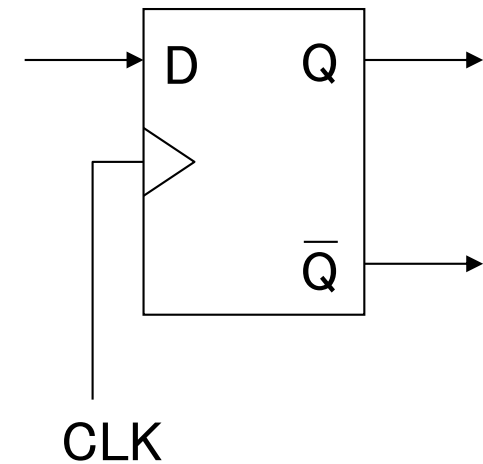
## ・RSフリップフロップ

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

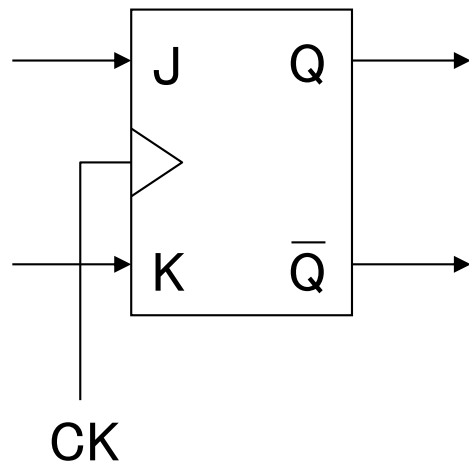


エッジトリガ(立ち上がり)型D-FFの動作

# 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

