

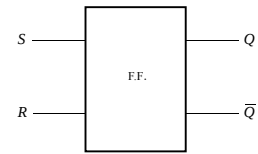
デジタル回路

第10回

前回の復習: SRフリップフロップ

S: セット入力
R: リセット入力

現在の出力 $Q^n, \bar{Q}^n$
↓
変化後の出力 $Q^{n+1}, \bar{Q}^{n+1}$



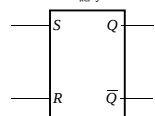
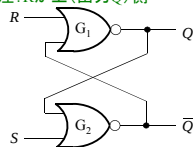
入力		出力
S	R	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	不定

- (1) S=0, R=0の時
出力は入力前の出力と同一
- (2) S=0, R=1の時
常に $Q^{n+1}=0$ (強制的にリセット)
- (3) S=1, R=0の時
常に $Q^{n+1}=1$ (強制的にセット)
- (4) S=1, R=1の時
禁止 (出力状態は定義されない。)

SRラッチ回路 SC(セット-クリア)フリップフロップ ということもある。

前回の復習: SRフリップフロップ (NOR構成)

注: Rが上(出力Q)側

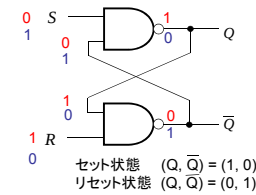


A	B	NOR
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

特性表		
入 力		出力
S	R	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	不定

- (1) S=0, R=0の時
 $Q=1$ なら G_2 には1が入力され、 $\bar{Q}=0$ となる。
これが G_1 に入力されるので $Q=1$ で変化なし
 $Q=0$ なら G_2 には0が入力され、 $Q=1$ となる。
これが G_1 に入力されるので $Q=0$ で変化なし
- (2) S=0, R=1の時
 $R=1$ であるから $\bar{Q}$ にかかわらず $Q=0$
- (3) S=1, R=0の時
 $S=1$ であるから Q にかかわらず $\bar{Q}=0$, 即ち $Q=1$
- (4) S=1, R=1の時
禁止 (両方0になり相補の出力にならない。)

前回の復習: SRフリップフロップ (NAND) の動作

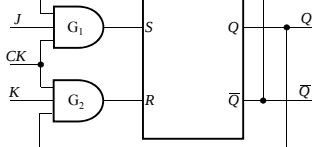
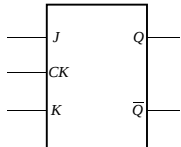


特性表			
入 力		出 力	
S	R	Q^{n+1}	$\bar{Q}^{n+1}$
0	0	不定	不定
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	Q^n	$\bar{Q}^n$

- セット状態 $(Q, \bar{Q}) = (1, 0)$
リセット状態 $(Q, \bar{Q}) = (0, 1)$
- セット入力S=0, リセット入力R=0: 禁止
→ $(Q, \bar{Q}) = (1, 0)$
前の状態に関係なくセット状態へ
- セット入力S=1, リセット入力R=0
→ $(Q, \bar{Q}) = (0, 1)$
前の状態に関係なくリセット状態へ
- セット入力S=1, リセット入力R=1
保持

前回の復習: JKフリップフロップ

SRフリップフロップ: 禁止入力の組み合わせがある。→ JKフリップフロップ
CK=0の時は保持
CK=1の場合に動作

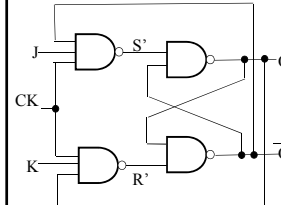


入 力		出力
J	K	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q^n}$

- (1) J=0, K=0の時
出力は入力前の出力と同一 (保持)
- (2) J=0, K=1の時
常に $Q^{n+1}=0$ (強制的にリセット)
- (3) J=1, K=0の時
常に $Q^{n+1}=1$ (強制的にセット)
- (4) J=1, K=1の時
 $Q^{n+1} = \bar{Q}^n$ (反転)

前回の復習: NAND構成JKフリップフロップ

NAND構成のSR-FF
S'=0 でセット R'=0 でリセット
S'=1, R'=1は保持

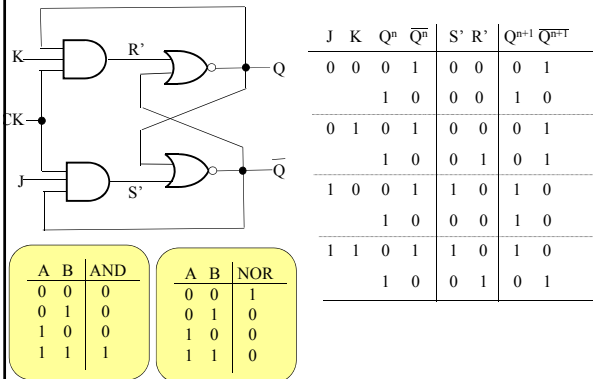


J	K	Q^n	$\bar{Q}^n$	S' R'	Q^{n+1}	$\bar{Q}^{n+1}$
0	0	0	1	1 1	0	1
		1	0	1 1	1	0
0	1	0	1	1 1	0	1
		1	0	1 0	0	1
1	0	0	1	0 1	1	0
		1	0	1 1	1	0
1	1	0	1	0 1	1	0
		1	0	1 0	0	1

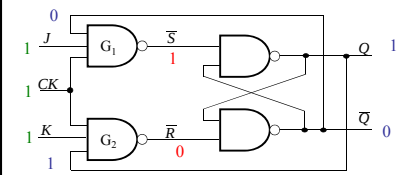
- JKフリップフロップ
(J,K)=(0,0)で保持
(J,K)=(0,1)でリセット ($Q=0$)
(J,K)=(1,0)でセット ($Q=1$)
(J,K)=(1,1)で反転

前回の復習: JKフリップフロップ(NOR構成)

J,KとS',R'の上下がNAND形と逆になっていることに注意!



JKフリップフロップの発振



$Q=1, \bar{Q}=0$ で、 $CK=1, J=1, K=1$ の場合、
 $S'=\bar{S}=1, R'=\bar{R}=0 \rightarrow Q=0, \bar{Q}=1$ にリセットされる。
 この状態で $CK=0$ となれば状態は保持されるが... $CK=1$ が続くと...
 $Q=0, \bar{Q}=1$ となり、 $CK=1, J=1, K=1$ であるので、
 $S'=\bar{S}=0, R'=\bar{R}=1$ となり、今度は $Q=1, \bar{Q}=0$ にセットされる。

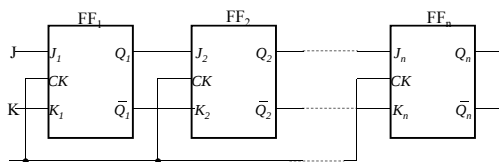
二つの安定状態を交互に繰り返し、安定点が定まらない。(発振)

JKフリップフロップのレーシング

フリップフロップを従属接続して、同一クロックで動作させる。

理想的には... $CK=1$ となった瞬間に、各フリップフロップの出力によって次段のフリップフロップの出力が決まる。

$CK=0$ とならないうちにFF1の出力が変化してしまうと、FF2は変化した後のFF1の出力によりその出力が決まる。



マスタースレーブJKフリップフロップ

発振やレーシングを防止するために...

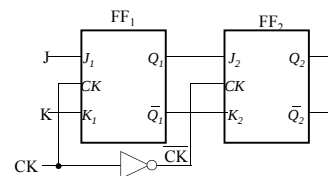
フリップフロップを2段構成にし、1段目をCKで、2段目を $\bar{CK}$ で動作させる。

1段目: $CK=1$ で動作 マスタースレーブフリップフロップ (マスター: 主人)

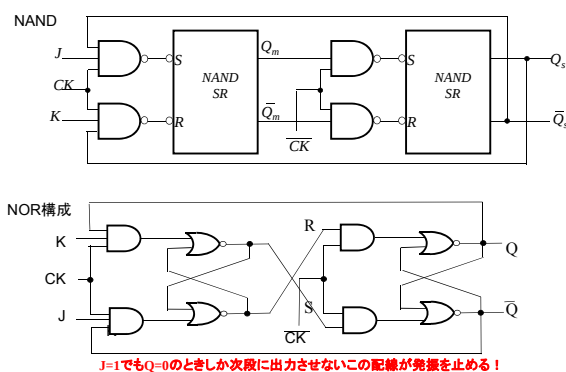
2段目: $\bar{CK}=1$ ($CK=0$)で動作 スレーブフリップフロップ (スレーブ: 奴隷)

FF1とFF2はクロックパルスの立ち上がり時と立ち下がり時に交互に動作する。

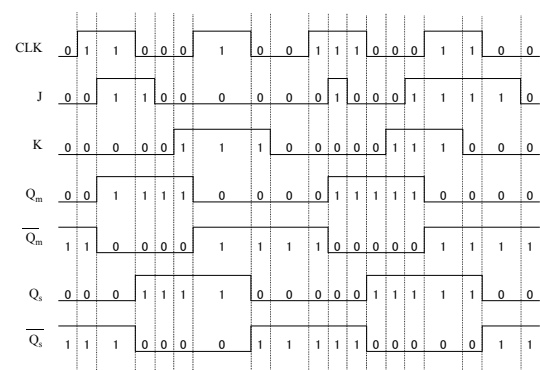
情報伝達が確実に。



マスタースレーブフリップフロップ



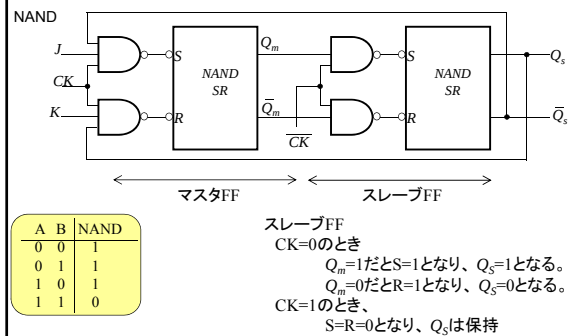
マスタースレーブフリップフロップ



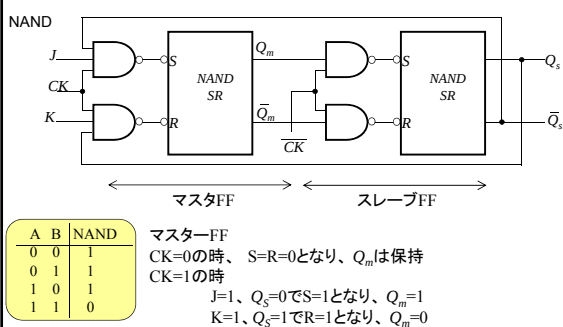
マスタースレーブフリップフロップ



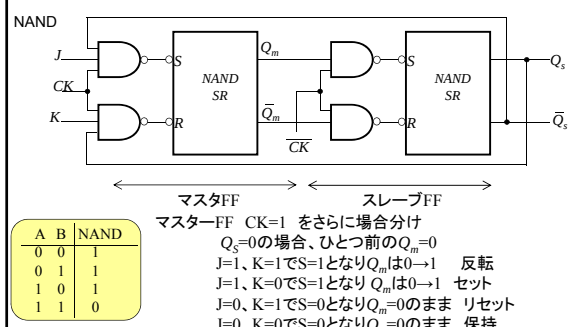
マスタースレーブフリップフロップ (NANDバージョン)



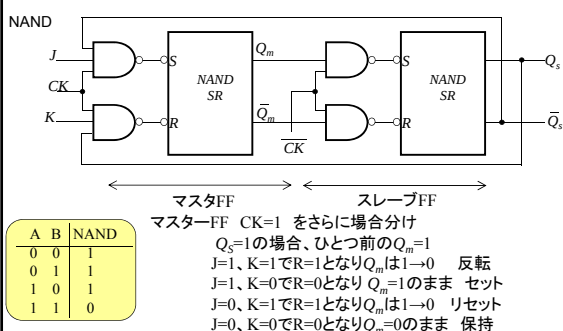
マスタースレーブフリップフロップ (NANDバージョン)



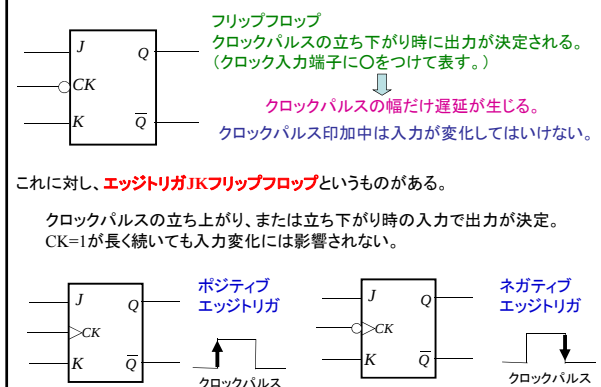
マスタースレーブフリップフロップ (NANDバージョン)



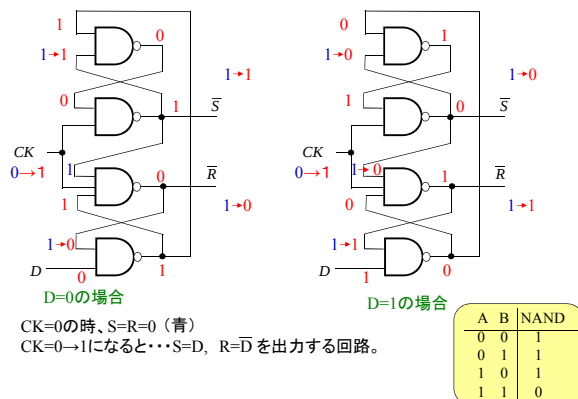
マスタースレーブフリップフロップ (NANDバージョン)



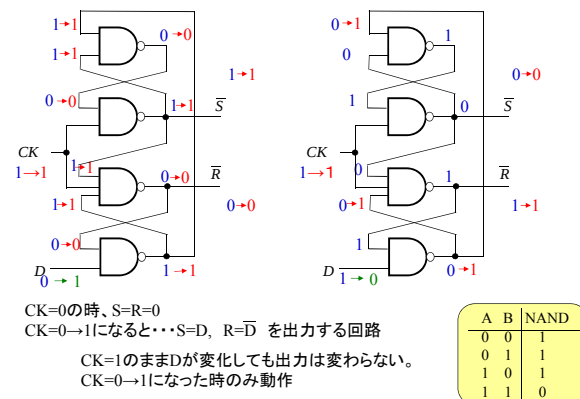
エッジトリガJKフリップフロップ



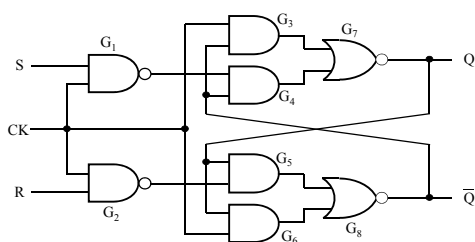
エッジトリガの実現



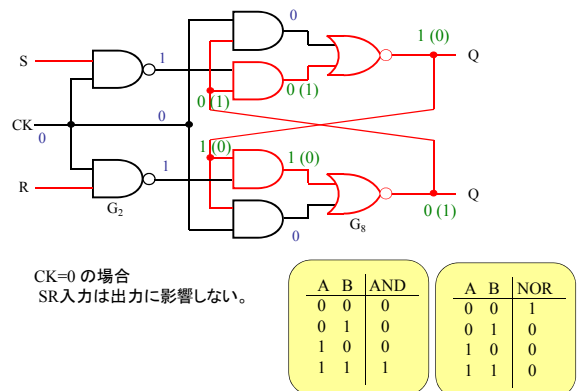
エッジトリガの実現



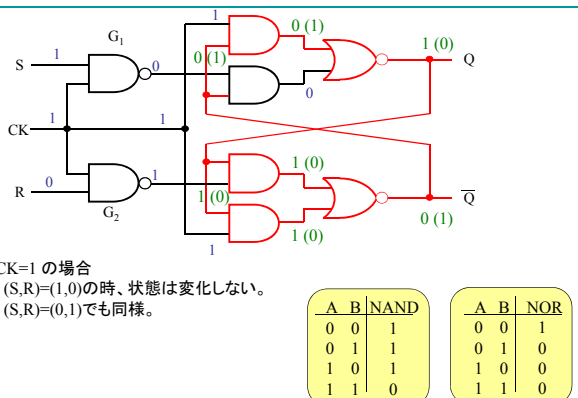
エッジトリガSRフリップフロップの構成例



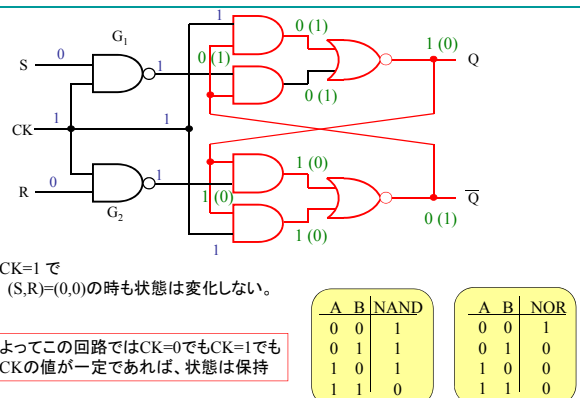
エッジトリガSRフリップフロップの動作(1)



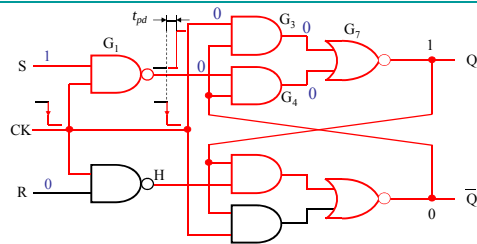
エッジトリガSRフリップフロップの動作(2)



エッジトリガSRフリップフロップの動作(3)

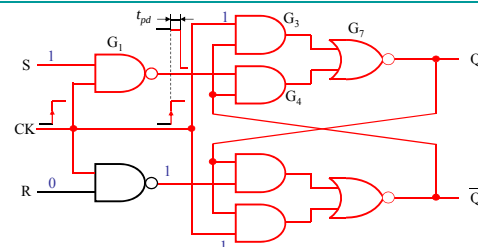


エッジトリガSRフリップフロップの動作(4)



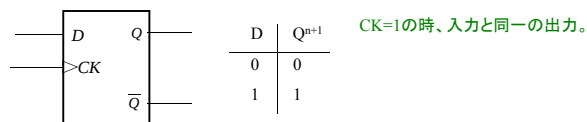
CKが1から0に変化する時、(S,R)=(1,0)の入力があつた場合、 G_1 の出力は G_3 に対するCK入力よりゲートの遅延時間 t_{pd} だけ遅れて現れる。
 $0 < t < t_{pd}$ の間では、 G_1 の出力は0のままであるから、 G_3 、 G_4 の出力は $\bar{Q}$ の値に関わらず、共に0となり、 $Q=1$ にセットされる。
 t_{pd} 経過後は、 G_1 のNANDゲートの出力が立ち上がり、1が G_4 に入力され、FFは状態を保持する。

エッジトリガSRフリップフロップの動作(5)



CKが0→1と変化する場合。
 G_1 の出力は t_{pd} だけ遅れて G_4 に入力されるが、CK=1が G_3 に入力されており、 $\bar{Q}$ が G_7 のNORゲートに入力された状態となり、出力は変化しない。

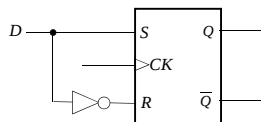
Dフリップフロップ



入力Dの状態を一時的に記憶。
 入力Dの情報をクロックパルスが入力されるまで遅らせる。(Delay)

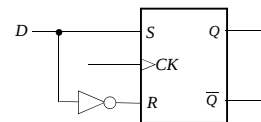
(データフリップフロップ、遅延フリップフロップ)

CK=1で入力を記憶、CK=0で出力状態を保持 (Dラッチ)



Dラッチ

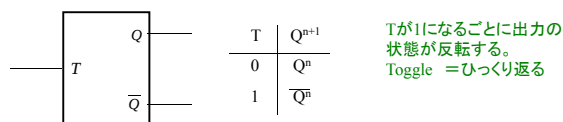
CK=1で入力を記憶、CK=0で出力状態を保持 (Dラッチ)



Dラッチは、現在の回路において、もっともよく使われているフリップフロップ
 → トランスミッションゲートという概念の導入により
 マルチプレクサとNOTループ構造をもちいたD-FFが非常にコンパクトになるから

なお、一般的にはDだけでなく、セット入力端子S、リセット入力端子Rを付加して強制的に出力が変えられるようになっているICが多い。

Tフリップフロップ



Tが1になるごとに出力の状態が反転する。
 Toggle = ひっくり返る

JKフリップフロップのJ,K入力を1とし、CK入力をTとすれば実現できる。

◎ T入力にパルスが2個印加されるごとに元の状態に戻る。

→ 2進のパルスカウンタ (従続につなげば、2ⁿ進カウンタ)
 Frequency divider (周波数分割器)

入力を出力に繋ぐと発振器になる 発振周波数はトグル周波数と呼ばれ、高速性の指標

Tフリップフロップにセット入力端子S、リセット入力端子Rを付加したSRTフリップフロップというものもある。

Tフリップフロップの構成例

