

5. フリップフロップ

1. 目的

順序回路の基本となるフリップフロップをロジックトレーナ上に構成し、その動作を確認する。

2. 演習

各フリップフロップのタイムチャートにおける出力波形がどうなるか予習して、全て描いてくること。実験では、自分の予習した波形通りになるかスイッチを操作して確かめること。

3. 演習結果

各演習の結果は所定の場所にまとめること。

4. フリップフロップ

4.1 J-K フリップフロップ

1) 結線

以下の手順で図1のように結線を行う。

- トグルスイッチ S_0 の出力をランプ L_0 と J-K フリップフロップの J (セット入力) 端子につなぐ。
- トグルスイッチ S_1 の出力をランプ L_1 と J-K フリップフロップの K (リセット入力) 端子につなぐ。
- プッシュスイッチ P_1 の出力をランプ L_{11} と J-K フリップフロップの C (クロック) 端子につなぐ。
- J-K フリップフロップの出力 Q 及び \bar{Q} 端子をそれぞれランプ L_9 及び L_{10} につなぐ。

2) 動作確認の準備

全てのスイッチをオフにして、ロジックトレーナ電源スイッチを投入する。もし、ランプ L_9 が点灯していたら S_1 をオンにし、 P_1 を一度押して L_9 を消灯させる。

3) J-K フリップフロップの動作確認

- 図2のタイムチャートに従い、フリップフロップの入力端子に対応する3個の入力スイッチ S_0 、 S_1 及び P_1 をオンオフにして、フリップフロップの出力端子に対応する2個のランプ L_9 及び L_{10} の状態を図2に記録する。クロック端子 C に○印が付いていることに注意すること。
- a)の結果を踏まえて、以下の()内を埋めよ。
 - J-K フリップフロップの出力 Q は、プッシュスイッチ P_1 を()時に値が変化する。
 - 図2のタイムチャートから、J-K フリップフロップの出力 Q は ()=1かつ()=0のとき、クロック C の()で $Q=1$ となる。

- ()=0かつ()=1のとき、クロック C の()で $Q=0$ となる。
 ()=0かつ()=0のとき、クロック C の値を変化しても出力 Q は ()。
 ()=1かつ()=1のとき、クロック C の()で出力 Q は ()する。

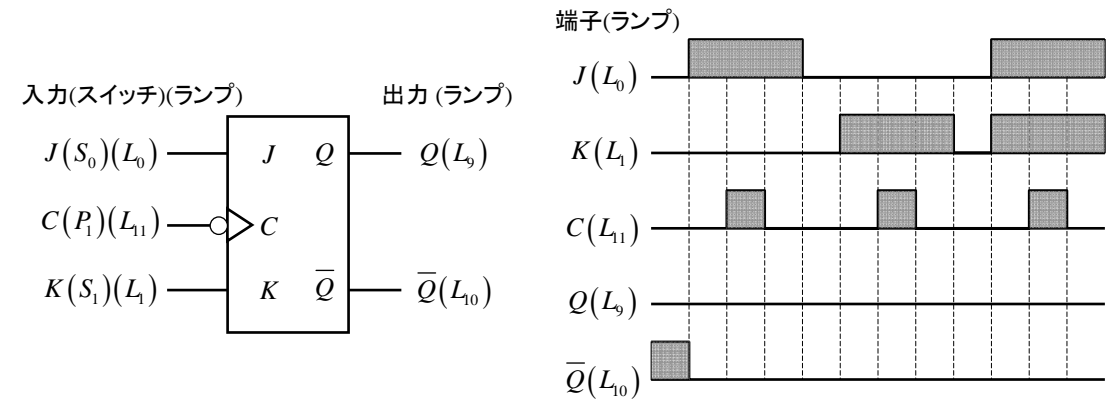


図1 J-K フリップフロップの入出力端子

図2 J-K フリップフロップのタイムチャート

4.2 D フリップフロップ

1) 結線

以下の手順で図3のように結線を行う。

- トグルスイッチ S_0 の出力をランプ L_0 と D フリップフロップの D (ディレイ入力) 端子につなぐ。
- プッシュスイッチ P_1 の出力をランプ L_{11} と D フリップフロップの C (クロック) 端子につなぐ。
- D フリップフロップの出力 Q 及び \bar{Q} 端子をそれぞれランプ L_9 及び L_{10} につなぐ。

尚、D フリップフロップは次の T フリップフロップの構成に用いるので、D フリップフロップの動作確認が終了しても、結線はそのままにしておくこと。

2) 動作確認の準備

全てのスイッチをオフにして、ロジックトレーナ電源スイッチを投入する。もし、ランプ L_9 が点灯していたら S_1 をオンにし、 P_1 を一度押して L_9 を消灯させる。クロック端子 C に○印が付いていることに注意すること。

3) D フリップフロップの動作確認

- 図4のタイムチャートに従い、フリップフロップの入力端子に対応する2個の入力スイッチ S_0 及び P_1 をオンオフにして、フリップフロップの出力端子に対応する2個のランプ L_9 及び L_{10} の状態を図4に記録する。
- a)の結果を踏まえて、以下の()内を埋めよ。
 - D フリップフロップの出力 Q は、プッシュスイッチ P_1 を()時に値が変化

する。

・図4のタイムチャートから、 D フリップフロップはクロック C の()時に()の内容を出力 Q に転送する。

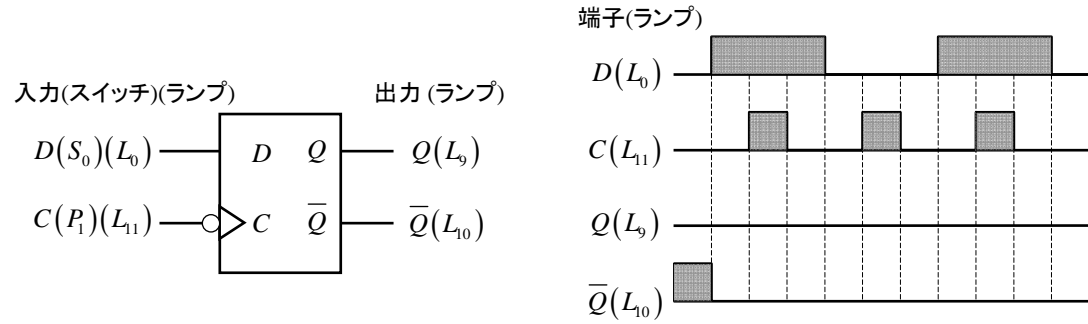


図3 D フリップフロップの入出力端子

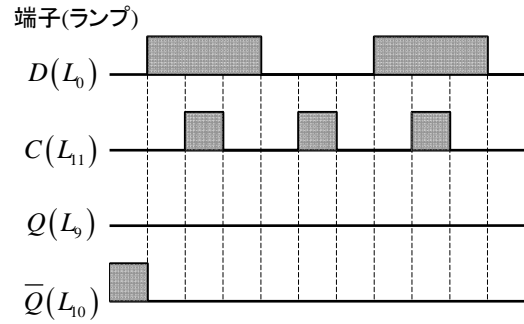


図4 D フリップフロップのタイムチャート

4.3 T フリップフロップ

1) 結線

実験で使用するロジックトレーナでは T フリップフロップが存在しないので、 D フリップフロップを用いて構成する。以下の先程の D フリップフロップを基準として手順で図5のように結線を行う。

- D フリップフロップの D 端子の結線ははずす。
- D フリップフロップの出力 \bar{Q} を D 端子につなぐ。

2) 動作確認の準備

全てのスイッチをオフにして、ロジックトレーナ電源スイッチを投入する。もし、ランプ L_9 が点灯していたら、 P_1 を一度押しして L_9 を消灯させる。

3) T フリップフロップの動作確認

- 図6のタイムチャートに従い、フリップフロップの入力端子に対応する1個の入力スイッチ P_1 をオンオフにして、フリップフロップの出力端子に対応する2個のランプ L_9 及び L_{10} の状態を図6に記録する。クロック端子 C に○印が付いていることに注意すること。
- a)の結果を踏まえて、以下の()内を埋めよ。
 - ・図4のタイムチャートから、 T フリップフロップの出力 Q の値はクロック C の()の時に()する。

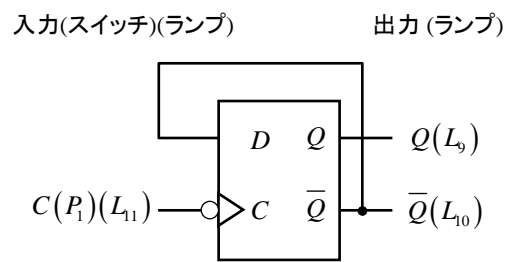


図5 T フリップフロップの入出力端子

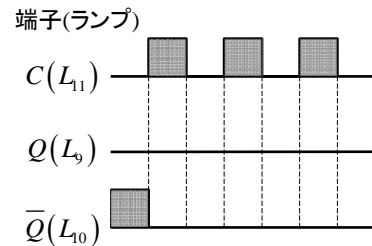


図6 T フリップフロップのタイムチャート

4.4 $R-S$ フリップフロップ

4.4.1 NAND 素子を用いた $R-S$ フリップフロップ

本実験で用いるロジックトレーナでは、 $R-S$ フリップフロップが存在しない。ここでは、NAND 素子を用いて各種 $R-S$ フリップフロップを構成する。

1) 結線

NAND 素子を用いて図7のように $R-S$ フリップフロップを構成する。尚、次節でほぼ同様の回路を用いるので、動作確認後も結線はそのままにしておくこと。

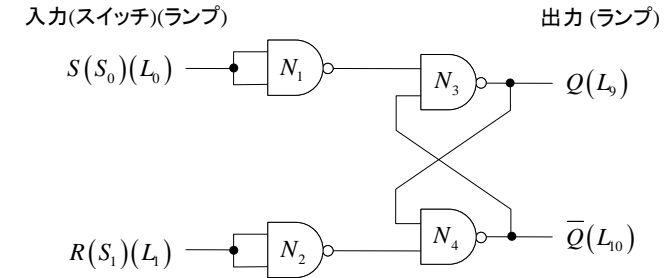


図7 $R-S$ フリップフロップの回路図

2) 動作確認の準備

全てのスイッチをオフにして、ロジックトレーナ電源スイッチを投入する。もし、ランプ L_9 が点灯していたら S_1 をオンにし、 L_9 を消灯させる。

3) $R-S$ フリップフロップの動作確認

- 図8のタイムチャートに従い、フリップフロップの入力端子に対応する2個の入力スイッチ S_0 、 S_1 をオンオフにして、フリップフロップの出力端子に対応する2個のランプ L_9 及び L_{10} の状態を図8に記録する。
- a)の結果を踏まえて、以下の()内を埋めよ。
 - ・ $R-S$ フリップフロップは、 $R=0$ の状態で S が一度1になれば、 $Q=()$ 、 $\bar{Q}=()$ となり、()される。 $S=0$ で R が一度1になれば、 $Q=()$ 、 $\bar{Q}=()$ となり、()される。 $S=R=1$ となると、 $Q=()$ 、 $\bar{Q}=()$ となる。その後、 R より先に S が0になると()、 S より先に R が0になると()されたのと同様になる。しかし、 $S=R=1$ の後、 S と R を同時に $S=R=0$ とすると、 N_3 及び N_4 の2つのNANDの入力が共に1となり、 Q 及び \bar{Q} は同時に1から0に変化しようとする。 Q 、 \bar{Q} の入力はそれぞれ()、()の入力に接続されているので、 N_3 、 N_4 の入力が0になると Q 、 \bar{Q} は再び1に変化しようとする。このように理想的には、出力 Q 、 \bar{Q} は0、1、0、1と交互に値を取るかもしれないが、実際の回路は完全な対称では無いため、どちらかが0で他方が1となり、結果が確定せず不定となる。

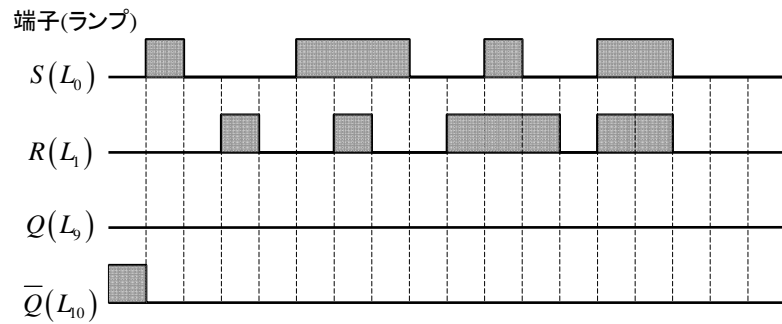


図8 R-S フリップフロップのタイムチャート

4.4.2 クロック端子付き R-S フリップフロップ

前節の NAND 素子を用いた R-S フリップフロップを一部変更し、クロック端子付き R-S フリップフロップを構成する。

1) 結線

図9に示すように図7の R-S フリップフロップを一部変更する。ここで、新たに N_1 及び N_2 の出力の値が分かるように、 L_5 及び L_6 のランプを追加する。尚、次節ではほぼ同様の回路を用いるので、動作確認後も結線はそのままにしておくこと。

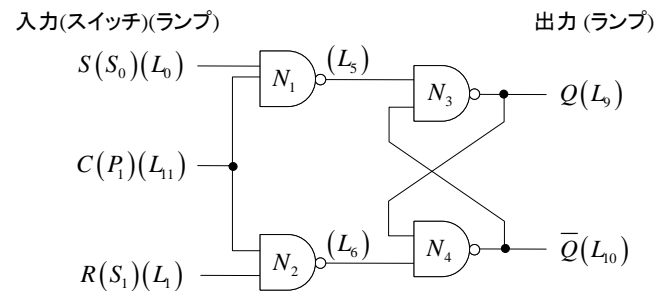


図9 クロック端子付き R-S フリップフロップの回路図

2) 動作確認の準備

全てのスイッチをオフにして、ロジックトレーナ電源スイッチを投入する。もし、ランプ L_9 が点灯していたら S_1 をオンにし、 P_1 を一度押して L_9 を消灯させる。

3) クロック端子付き R-S フリップフロップの動作確認

a) 図10のタイムチャートに従い、フリップフロップの入力端子に対応する3個の入力スイッチ S_0 、 S_1 及び P_1 をオンオフにして、フリップフロップの中間出力及び最終出力端子に対応するランプ L_5 、 L_6 及び L_9 、 L_{10} の状態を図10に記録する。

b) a)の結果を踏まえて、以下の()内を埋めよ。

クロック付き R-S フリップフロップは、

- $S=1$ 、 $R=0$ でクロック C が()とき、 $Q=()$ 、 $\bar{Q}=()$ となり、

()される。

- $S=0$ 、 $R=1$ でクロック C が()とき、 $Q=()$ 、 $\bar{Q}=()$ となり、

()される。

- $S=R=1$ でクロック C が()間、 $Q=()$ 、 $\bar{Q}=()$ となる。

しかし、クロック C が()と、出力は()になる。

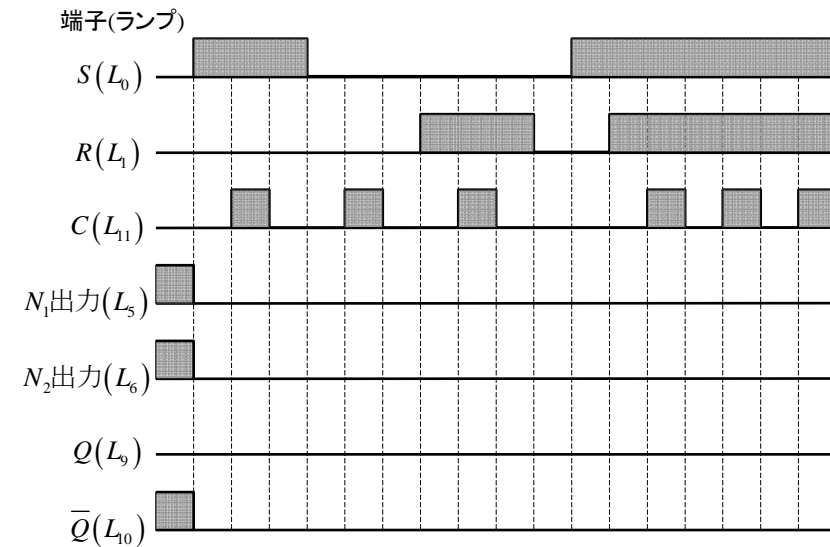


図10 クロック端子付き R-S フリップフロップのタイムチャート

4.4.3 セット優先 R-S フリップフロップ

前節のクロック端子付き R-S フリップフロップを一部変更し、セット優先 R-S フリップフロップを構成する。

1) 結線

図11に示すように図7の R-S フリップフロップを一部変更する。

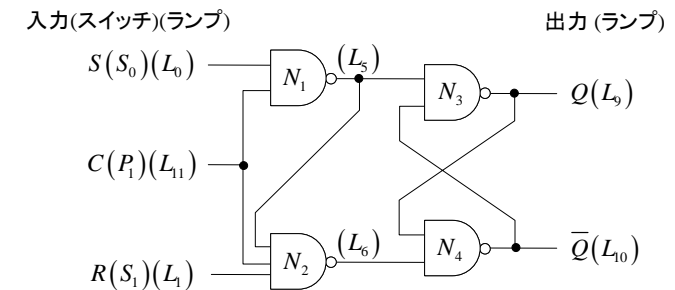


図11 セット優先 R-S フリップフロップの回路図

2) セット優先 $R-S$ フリップフロップの動作確認

a) 図 12 のタイムチャートに従い、フリップフロップの入力端子に対応する 3 個の入力スイッチ S_0 , S_1 及び P_1 をオンオフにして、フリップフロップの中間出力及び最終出力端子に対応するランプ L_5 , L_6 及び L_9 , L_{10} の状態を図 12 に記録する.

b) a)の結果を踏まえて、以下の()内を埋めよ.

セット優先 $R-S$ フリップフロップは,

- $S=R=1$ でクロック C を()でも、 N_1 の出力()が N_2 の入力に加わることで、 N_2 の出力は()になる. すなわち、 N_1 , N_2 の出力が共に()になることが無くなるので、出力は $Q=()$, $\bar{Q}=()$ となり、()が優先される. この結果、不定が無くなり出力が安定する.

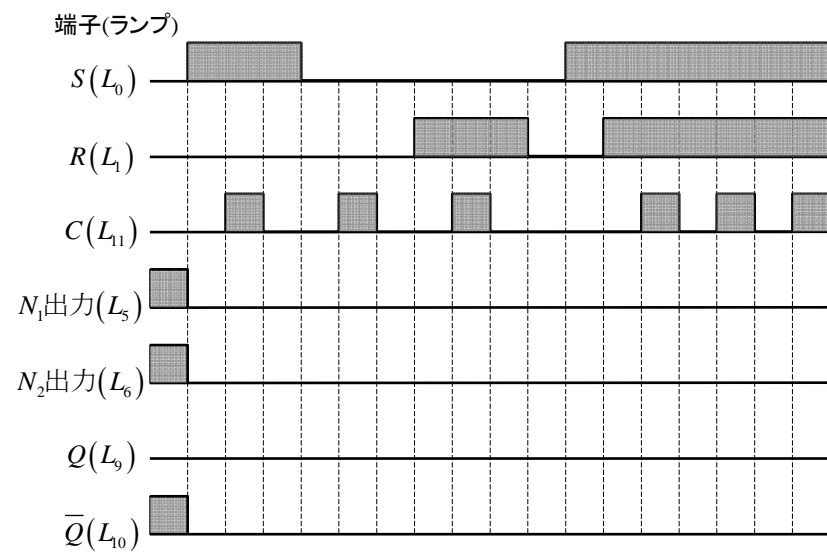


図 12 セット優先 $R-S$ フリップフロップのタイムチャート