

# 1 Digital circuit (6<sup>th</sup> day)

## 1.0.1 Purpose

Flip-flop(FF)回路は回路状態を記憶でき、電気回路の前の入出力状態に反応する複雑な機能を実現できるため、デジタル回路において重要な要素である。FFの基礎的な動作を理解するために reset-set FFを作り、FFの応用としてのデジタルカウンターの動作を調べる。

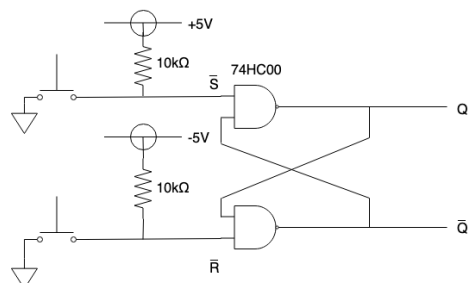


図 1: reset-set FF 回路

## 1.1 Equipment

- 前回の実験と同様のもの
- CMOS NAND IC 74HC00
- CMOS counter IC 74HC4040
- printed circuit boards
- push switches

### 1.1.1 Procedure

図 1 に示すようにリセット・セット FF 回路を制作し入力  $\bar{S}$ ,  $\bar{R}$  の値ををそれぞれ変えながら出力電圧の値を計測する。その計測結果を表にまとめる。

次に図 2 に示すようにデジタルカウンター回路を作り入力電圧をファンクションジェネレーターを用いて矩形波とし、その動作を確認する。入出力電圧をオシロスコープで測定したのち、そのグラフを作りデジタルカウンターの動作について考える。

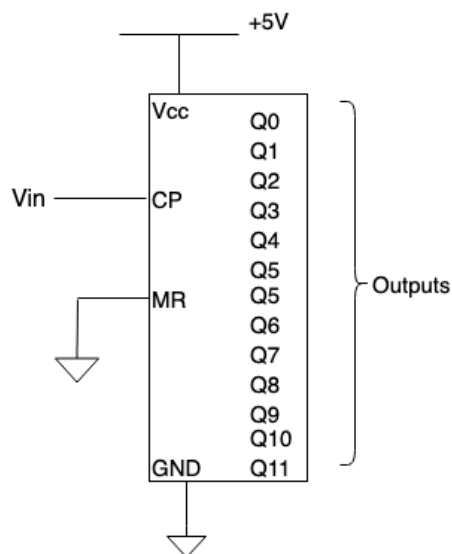


図 2: Diagram of digital counter

### 1.1.2 Result

まずリセットセット FF 回路の実験における真理表を表 1 に示す。

表 1: reset-set FF 回路の真理表

$\overline{S}$	$\overline{R}$	$Q_{n+1}$	$\overline{Q}_{n+1}$
1	1	1	1
0	1	0	1
1	0	1	0
0	0	$Q_n$	$\overline{Q}_n$

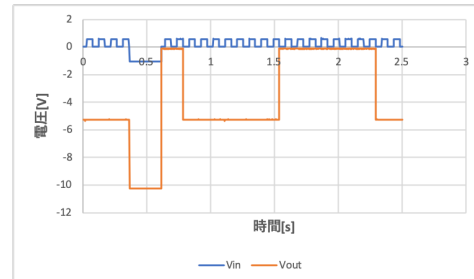


図 5: Q3

次にデジタルカウンタ回路の Q1 から Q5 ま  
で測定した結果を以下に示す。

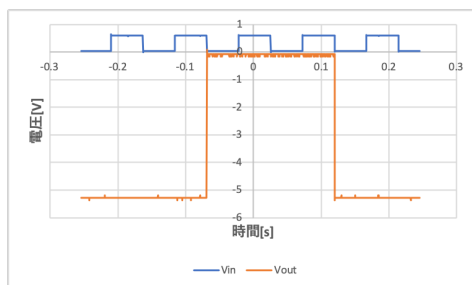


図 3: Q1

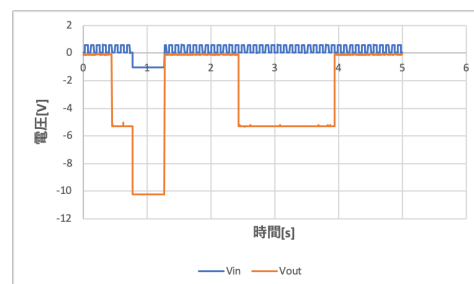


図 6: Q4

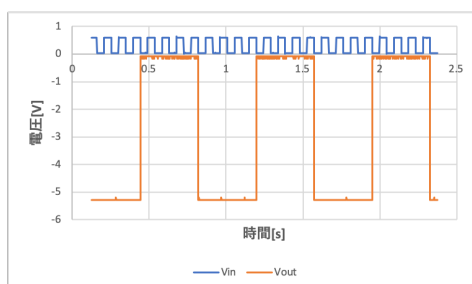


図 4: Q2

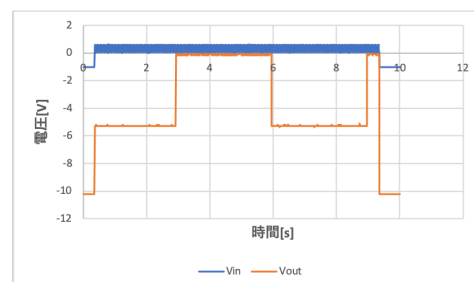


図 7: Q5

### 1.1.3 Discussion

表1からリセットセットFF回路は入力がないければ前の状態を保持し，(1,0)もしくは(0,1)の入力を受け取ると入力の状態へと遷移するシーソーのような特性を持つことが確かめられた．また(1,1)の入力を渡すと入力後に(1,0),(0,1)のどちらかにランダムに遷移し，状態は不定となるのでフリップフロップ回路においては(1,1)入力は使うべきでないと考えられる．

また図3, 図4, 図5, 図6, 図7においてデジタルカウンタ回路の出力電圧は0Vと-5Vの状態を繰り返すような動作を繰り返しており，この回数を”Count”とすると，出力電圧はファンクションジェネレーターの矩形波をCount回数えるごとに状態を遷移すると考えられる．またCountと入力端子Qの間には以下の関係が成り立つと予想できる．

$$Count = 2^{Q^m} (m = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

また，図5, 図6, 図7において出力電圧に乱れがあり-10Vの出力が発生したのは出力結果をUSBで保存する際にオシロスコープのプロブの接触が悪くなり出力が乱れたことなどが考えられる．

次にカウンタ回路がなぜ動作するのかについて参考文献を参照しながら考えてみる．まず，Dフリップフロップ回路の考え方を導入して考察してみる．そして，ファンクションジェネレーターからの矩形波入力をクロック入力と呼ぶことにする．図8のような基本的なDF/F回路について考える．

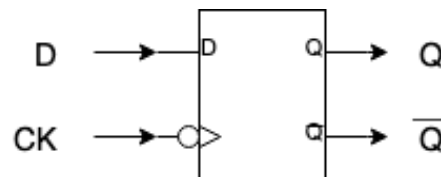


図 8: DF/F 回路

この回路において真理表は以下ようになる．

表 2: DF/F 回路の真理表

D	CK	Q	$\overline{Q}$
0	↓	0	1
1	↓	1	0

つまりこの回路はQを出力とすれば，クロック入力の立ち下がりにおいて入力Dの状態が出力されるという動作をする．ここで図9のような回路について考える．

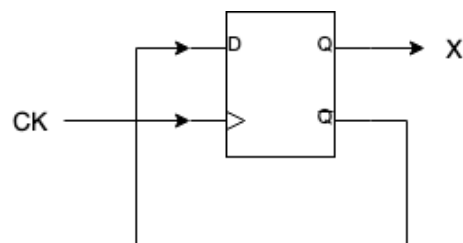


図 9: DF/F 回路 ( $D=\overline{Q}$ )

この回路のクロック入力に対する出力波は以下のようになる。

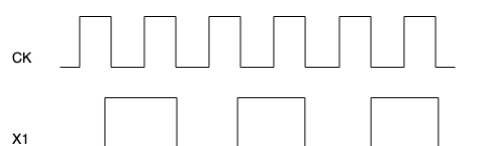


図 10: DF/F 回路の入出力波形

さらに図 9 の回路を 2 個直列につなげた場合図 10 の X の波の立ち下がり数を数えるので結果的に出力される波形はクロック入力 2 個分を数えて切り替わる出力となる。またこれは実験における Q1 の波形に他ならない。

同様に図 9 の回路を 3 個直列につなげた場合は 2 個直列に繋げた場合の 2 倍分の入力を数えて出力波を出すので結果としてはクロック入力 4 個分を数えて切り替わる。以下同様にこの回路を繋げていくと 2 の乗数分クロック入力を数えて出力が切り替わるカウンター回路を作ることができる予想される。

ここでフリップフロップ回路の応用例について考えてみる。フリップフロップは前の状態を保存しておくことができるのでコンピュータのメモリなどに使うことができると予想できる。

また、このカウンター回路の応用例としては周期ごとにカウントをしていくので交流電源を矩形波に変換して使えばタイマーのような時間を図ることのできる素子を形成できることが予想される。

## 参考文献

- [1] 松原洋平 『電気回路の基本 66』 (2011)
- [2] 『応用物理学実験』