

1 目的

ゲートレベルの IC を使って実際に基本デジタル回路を作成し、動作原理について学び、理解して応用できるようにする。また、ブレッドボードの使い方を習得し、コンデンサーを用いたノイズ除去方法を学ぶ。さらに、フリップフロップを用いたカウンタ回路や DRAM 回路の動作を確認し、デジタル回路の基本的な回路の動作原理を理解する。

2 原理

NOT,NAND,NOR,JK-FF,D-FF について回路図と真理値表を用いて、動作や閾値などを簡潔に説明する。NOT,NAND,NOR は CMOS トランジスタを用いて記載し、JK-FF に関しては NAND を用いて記載する。

2.1 NOT ゲート

NOT ゲートは、式 (2.1) のように、入力信号を反転させる基本的な論理ゲートである。入力が HIGH 閾値以上のとき出力は LOW に、入力が LOW 閾値未満のときは出力は HIGH になる。

$$Y = \bar{A} \quad (2.1)$$

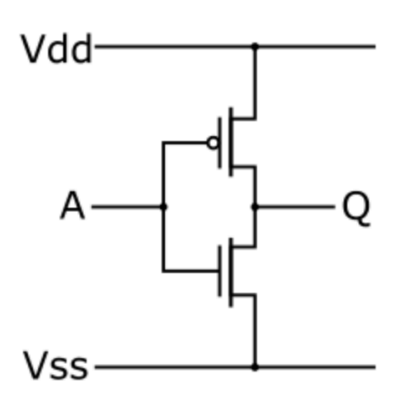


表 2.1: NOT ゲートの真理値表

入力 A	出力 Y
0	1
1	0

図 2.1: CMOS トランジスタを用いた NOT ゲートの回路図

2.2 NAND ゲート

NAND ゲートは、AND ゲートの出力を反転させたものである。両方の入力が高レベル以上のときのみ出力が低レベルとなる。

$$Y = \overline{A \cdot B} \quad (2.2)$$

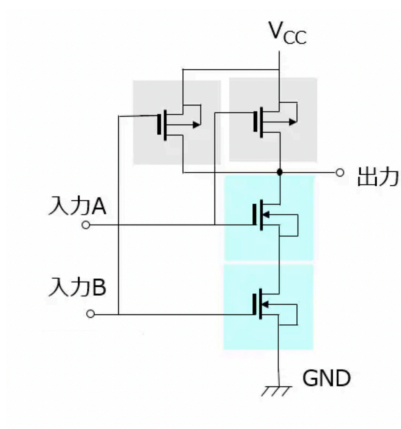


図 2.2: CMOS トランジスタを用いた NAND ゲートの回路図

表 2.2: NAND ゲートの真理値表

入力 A	入力 B	出力 Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

2.3 NOR ゲート

NOR ゲートは、OR ゲートの出力を反転させたものである。両方の入力が低レベル未満のときのみ出力が高レベルとなる。

$$Y = \overline{A + B} \quad (2.3)$$

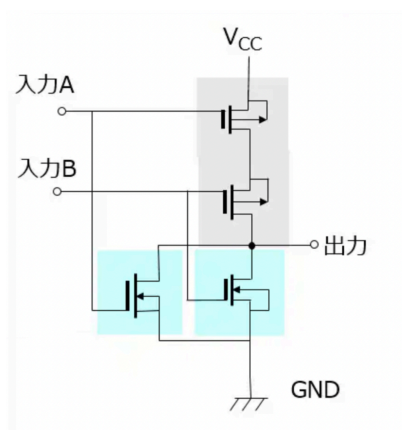


図 2.3: CMOS トランジスタを用いた NOR ゲートの回路図

表 2.3: NOR ゲートの真理値表

入力 A	入力 B	出力 Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

2.4 JK-FF

JK-FF は、2つの入力信号 J と K を持つフリップフロップである。クロック信号により状態が変化し、J と K の値に応じて出力 Q が変化する。

$$Q_{next} = J \cdot \overline{Q} + \overline{K} \cdot Q \quad (2.4)$$

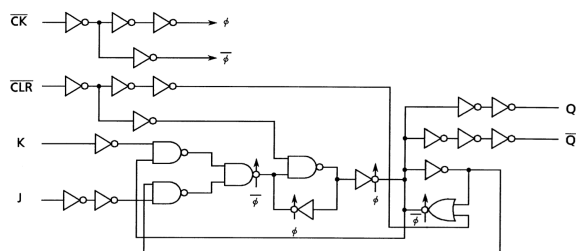


図 2.4: JK-FF (74HC107) の回路図

表 2.4: JK-FF の真理値表

$\overline{\text{CLR}}$	J	K	$\overline{\text{CK}}$	Q, \overline{Q}
L	X	X	X	L, H
H	L	L	↓	$Q_n, \overline{Q_n}$
H	L	H	↓	L, H
H	H	L	↓	H, L
H	H	H	↓	$\overline{Q_n}, Q_n$
H	X	X	↑	$Q_n, \overline{Q_n}$

クロックが立ち上がりエッジのときに、J と K の値に応じて出力 Q が変化する。J と K が両方とも HIGH の場合、出力は反転する。J が HIGH で K が LOW の場合、出力は HIGH になり、J が LOW で K が HIGH の場合、出力は LOW になる。

2.5 D-FF

D-FF は、1つのデータ入力 D を持つフリップフロップである。クロック信号により D の値が出力 Q に転送される。JK-FF を用いて D-FF を構成できる。

$$Q_{next} = D \quad (2.5)$$

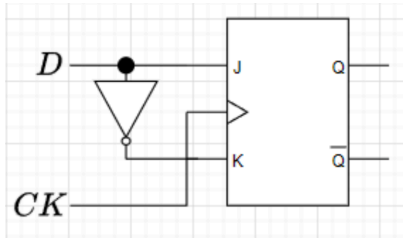


図 2.5: D-FF (JK-FF と NOT で) の回路図

表 2.5: D-FF の真理値表

CK	D	Q	\overline{Q}
↑	0	0	1
↑	1	1	0

D-FF は、クロック信号の立ち上がりエッジで D の値を出力 Q に転送する。クロック信号が LOW のとき、出力は前回の状態を保持する。

2.6 シュミットトリガについて

シュミットトリガは、入力信号の変化に対して出力信号が遅延する特性を持つ。これにより、ノイズに強く、安定した動作が可能となる。また、入力信号の上昇エッジと下降エッジで異なる閾値を持つため、ヒステリシス効果を利用しスイッチングの安定性を高めている。

3 実験手順

3.1 ド・モルガンの法則の確認

4 実験結果

4.1 半加算器（HA）の結果

5 考察

6 使用機材

- オシロスコープ（型番: XXXX）
- 信号発生器（型番: YYYYY）
- 電源装置（型番: ZZZZ）

7 参考文献

<https://ushitora.net/archives/546> <https://toshiba.semicon-storage.com/jp/semiconductor/knowledge/e-learning/cmos-logic-basics/chap2/chap2-2.html> <https://www.marutsu.co.jp/contents/shop/marutsu/datasheet/74HC00>
<http://www.ctleec.sakura.ne.jp/2024/01/31/15-フリップフロップ/>

8 感想