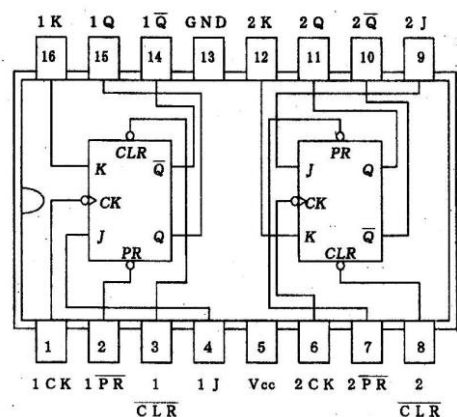


## 1. 目的

代表的なフリップフロップ IC である JK-FF を使用してカウンタを構成し、フリップフロップによる順序回路の構成法を習得することを目的とする。

## 2. 実験の原理

JK-FF の 7476 の内部構造を図 1 に示す。



(a) 論理図とピン配列

入 力					出 力	
PR	CLR	CK	J	K	Q	$\bar{Q}$
0	1	×	×	×	1	0
1	0	×	×	×	0	1
0	0	×	×	×	禁止	
1	1		0	0	保持	
			1	0	1	0
			0	1	0	1
			1	1	反転	

×印：0、1のいずれでもよい。

(b) 真理値表

図 1 7476 の構成

JK-FF の J,K に 0 あるいは 1 の値が入力されると、真理値表に従って Q の値が出力される。本実験ではこの IC を用いて回路を作成する。

## 3. 実験方法

JK-FF を使用して、同期式の 16 進カウンタを構成し、動作を確認する。

JK-FF を使用して、同期式の 10 進カウンタを構成し、動作を確認する。

### 3.1 事前学習

事前学習として、カウンタの動作と各フリップフロップの動作をまとめた真理値表を作成し、これを用いて 16 進カウンタ、10 進カウンタの回路を作成した。その真理値表を表 1、表 2 に示す。

表 1 16 進カウンタの JK-FF の真理値表

10進	Q3	Q2	Q1	Q0	Q3+	Q2+	Q1+	Q0+	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	*	0	*	0	*	1	*
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	*	0	*	1	*	*	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	*	0	*	*	0	1	*
3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	*	1	*	*	1	*	1
4	0	1	0	0	0	1	0	1	0	*	*	0	0	*	1	*
5	0	1	0	1	0	1	1	0	0	*	*	0	1	*	*	1
6	0	1	1	0	0	1	1	1	0	*	*	0	*	0	1	*
7	0	1	1	1	1	0	0	0	1	*	*	1	*	1	*	1
8	1	0	0	0	1	0	0	1	*	0	0	*	0	*	1	*
9	1	0	0	1	1	0	1	0	*	0	0	*	1	*	*	1
10	1	0	1	0	1	0	1	1	*	0	0	*	*	0	1	*
11	1	0	1	1	1	1	0	0	*	0	1	*	*	1	*	1
12	1	1	0	0	1	1	0	1	*	0	*	0	0	*	1	*
13	1	1	0	1	1	1	1	0	*	0	*	0	1	*	*	1
14	1	1	1	0	1	1	1	1	*	0	*	0	*	0	1	*
15	1	1	1	1	0	0	0	0	*	1	*	1	*	1	*	1

表 2 10 進カウンタの真理値表

10進	Q3	Q2	Q1	Q0	Q3+	Q2+	Q1+	Q0+	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	*	0	*	0	*	1	*
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	*	0	*	1	*	*	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	*	0	*	*	0	1	*
3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	*	1	*	*	1	*	1
4	0	1	0	0	0	1	0	1	0	*	*	0	0	*	1	*
5	0	1	0	1	0	1	1	0	0	*	*	0	1	*	*	1
6	0	1	1	0	0	1	1	1	0	*	*	0	*	0	1	*
7	0	1	1	1	1	0	0	0	1	*	*	1	*	1	*	1
8	1	0	0	0	1	0	0	1	*	0	0	*	0	*	1	*
9	1	0	0	1	0	0	0	0	*	1	0	*	0	*	*	1
10	1	0	1	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
11	1	0	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	1	1	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
13	1	1	0	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14	1	1	1	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
15	1	1	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

真理値表より、各フリップフロップの入力である J3,J2,J1,J0,K3,K2,K1,K0 のカルノー図を導出する。導出したカルノー図を図 2、図 3 に示す。

J 3

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00				
01			1	
11	*	*	*	*
10	*	*	*	*

K 3

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00		*	*	*
01		*	*	*
11			1	
10				

J 2

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00			1	
01		*	*	*
11		*	*	*
10			1	

K 2

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00		*	*	*
01			1	
11			1	
10		*	*	*

J 1

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00		1	*	*
01		1	*	*
11		1	*	*
10		1	*	*

K 1

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00		*	*	1
01		*	*	1
11		*	*	1
10		*	*	1

J 0

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00	1	*	*	1
01	1	*	*	1
11	1	*	*	1
10	1	*	*	1

K 0

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00	*	1	1	*
01	*	1	1	*
11	*	1	1	*
10	*	1	1	*

図 2 16進カウンタのカルノー図

J3

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00				
01			1	
11	*	*	*	*
10	*	*	*	*

K3

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00		*	*	*
01		*	*	*
11		*	*	*
10		1	*	*

J2

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00			1	
01		*	*	*
11		*	*	*
10			*	*

K2

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00		*	*	*
01			1	
11		*	*	*
10		*	*	*

J1

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00		1	*	*
01		1	*	*
11	*	*	*	*
10			*	*

K1

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00	*	*	1	
01	*	*	1	
11	*	*	*	*
10	*	*	*	*

J0

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00	1	*	*	1
01	1	*	*	1
11	*	*	*	*
10	1	*	*	*

K0

$\begin{smallmatrix} Q_1Q_0 \\ Q_3Q_2 \end{smallmatrix}$	00	01	11	10
00	*	1	1	*
01	*	1	1	*
11	*	*	*	*
10	*	1	*	*

図3 10進カウンタのカルノー図

図2より16進カウンタにおいて、各フリップフロップの入力は

$$J3 = Q2 \cdot Q1 \cdot Q0 \quad K3 = Q2 \cdot Q1 \cdot Q0$$

$$J2 = Q1 \cdot Q0 \quad K2 = Q1 \cdot Q0$$

$$J1 = Q0 \quad K1 = Q0$$

$$J0 = 1 \quad K0 = 1$$

となる。また、図3より10進カウンタにおいて、各フリップフロップの入力は

$$J3 = Q2 \cdot Q1 \cdot Q0 \quad K3 = Q0$$

$$J2 = Q1 \cdot Q0 \quad K2 = Q1 \cdot Q0$$

$$J1 = Q0 \cdot \overline{Q3} \quad K1 = Q0$$

$$J0 = 1 \quad K0 = 1$$

となる。これらの式をもとに組んだ回路を図4、図5に示す。

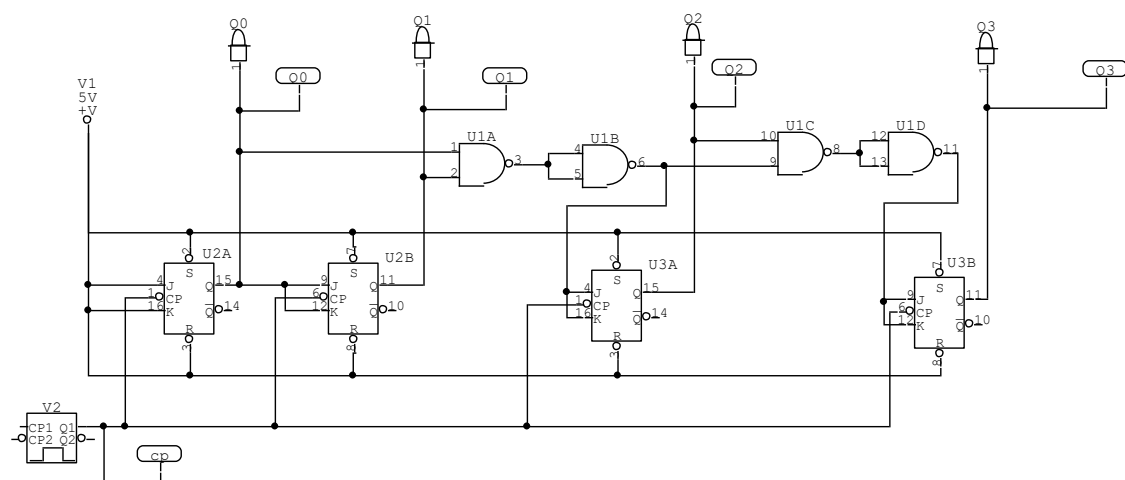


図4 16進カウンタの回路

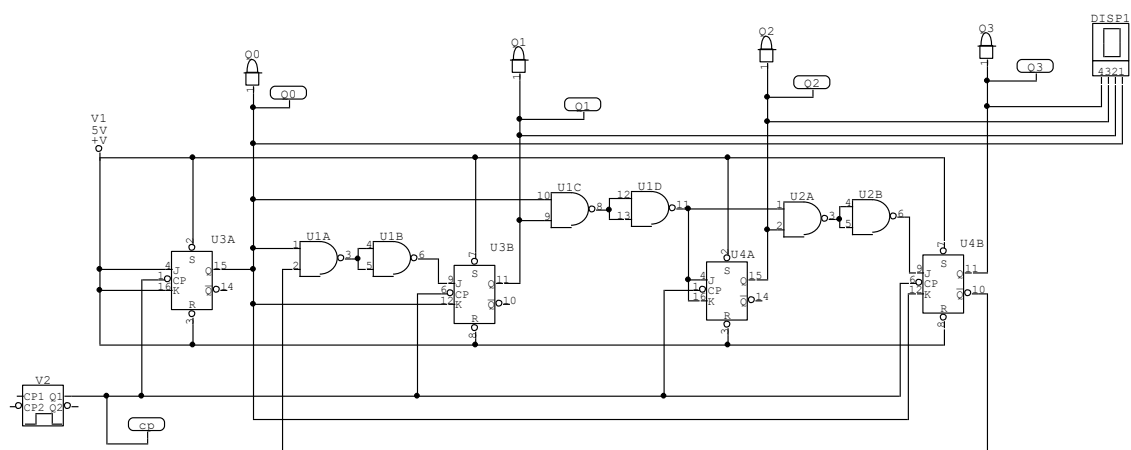


図5 10進カウンタの回路

### 3.2 使用機器

課題通りのカウンタを組み立てるために IC トレーナーを使用した。また、IC トレーナーの起動のために電源を使用した。さらに、JK-FF を用いたカウンタを実現するために 7400(74LS00)と 7476(74LS76)、および線材を使用した。これらの規格や形式を表 3 に示す。

表 3 使用機器と個数

品名	規格や形式など	個数
IC トレーナー	IC TRAINER Sunhayato MODEL CT-311R	1 台
IC トレーナー用電源	AD-350 AC アダプタ Sunhayato INPUT AC100V 50/60Hz 6VA OUTPUT DC7.5V	1 台
ロジック IC	7476,74LS76	2 台
ロジック IC	7400,74LS00	2 台
線材 (ジャンプワイヤ)	ピン径 0.6φ	50 本

### 3.3 測定法

IC トレーナーで以下のカウンタを組み立てたのち、回路が正しいか確認するために、出力値を LED に接続して、結果を確認した。

## 4. 結果・考察

### 4.1 実験結果

16 進カウンタの各フリップフロップのタイミングチャートを図 6 に示す。

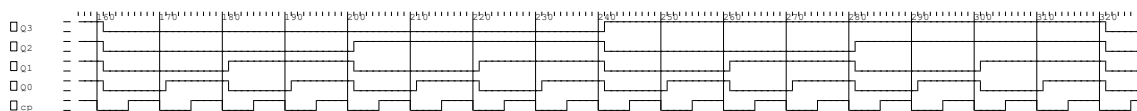


図 6 16 進カウンタのタイミングチャート

10 進カウンタの各フリップフロップのタイミングチャートを図 7 に示す。

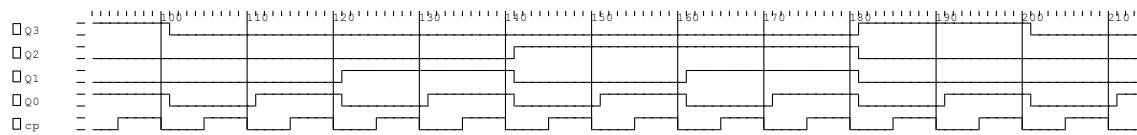


図 7 10 進カウンタのタイミングチャート

## 4.2 考察

JK-FF を用いた同期式カウンタを作成のために、カウンタの要求する入力を調べ、実際に回路を構成した。これらの経験は、これから論理回路を用いてシステムを構築する際に大いに役立つだろう。

## 5. 課題

### 課題内容

JK-FF を使用した同期式 13 進カウンタを設計せよ。

16 進カウンタや 10 進カウンタと同様に真理値表からカルノー図を導出し、回路を作成する。13 進カウンタの真理値表を表 4 に示す。

表 4 13 進カウンタの真理値表

10進	Q3	Q2	Q1	Q0	Q3+	Q2+	Q1+	Q0+	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	*	0	*	0	*	1	*
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	*	0	*	1	*	*	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	*	0	*	*	0	1	*
3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	*	1	*	*	1	*	1
4	0	1	0	0	0	1	0	1	0	*	*	0	0	*	1	*
5	0	1	0	1	0	1	1	0	0	*	*	0	1	*	*	1
6	0	1	1	0	0	1	1	1	0	*	*	0	*	0	1	*
7	0	1	1	1	1	0	0	0	1	*	*	1	*	1	*	1
8	1	0	0	0	1	0	0	1	*	0	0	*	0	*	1	*
9	1	0	0	1	1	0	1	0	*	0	0	*	1	*	*	1
10	1	0	1	0	1	0	1	1	*	0	0	*	*	0	1	*
11	1	0	1	1	1	1	0	0	*	0	1	*	*	1	*	1
12	1	1	0	0	0	0	0	0	*	1	*	1	0	*	0	*
13	1	1	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14	1	1	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
15	1	1	0	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

表 4 よりカルノー図を導出する(図 8)。

J3

$Q_1Q_0$ $Q_3Q_2$	00	01	11	10
00				
01			1	
11	*	*	*	*
10	*	*	*	*

K3

$Q_1Q_0$ $Q_3Q_2$	00	01	11	10
00		*	*	*
01	*	*	*	*
11	1	*	*	*
10				

J2

$Q_1Q_0$ $Q_3Q_2$	00	01	11	10
00			1	
01	*	*	*	*
11	*	*	*	*
10			1	

K2

$Q_1Q_0$ $Q_3Q_2$	00	01	11	10
00	*	*	*	*
01			1	
11	1	*	*	*
10	*	*	*	*

J1

$Q_1Q_0$ $Q_3Q_2$	00	01	11	10
00		1	*	*
01		1	*	*
11		*	*	*
10		1	*	*

K1

$Q_1Q_0$ $Q_3Q_2$	00	01	11	10
00	*	*	1	
01	*	*	1	
11	*	*	*	*
10	*	*	1	

J0

$Q_1Q_0$ $Q_3Q_2$	00	01	11	10
00	1	*	*	1
01	1	*	*	1
11		*	*	*
10	1	*	*	1

K0

$Q_1Q_0$ $Q_3Q_2$	00	01	11	10
00	*	1	1	*
01	*	1	1	*
11	*	*	*	*
10	*	1	1	*

図 8 13 進カウンタのカルノー図



図 8 より 13 進カウンタにおいて、各フリップフロップの入力は

$$\begin{aligned} J3 &= Q2 \cdot Q1 \cdot Q0 & K3 &= Q2 \\ J2 &= Q1 \cdot Q0 & K2 &= Q1 \cdot Q0 + Q3 \\ J1 &= Q0 & K1 &= Q0 \\ J0 &= \overline{Q2} + \overline{Q3} & K0 &= 1 \end{aligned}$$

となる。これらの式をもとに回路を作成する。

13 進カウンタの回路図を図 9 に、各フリップフロップのタイミングチャートを図 10 に示す。

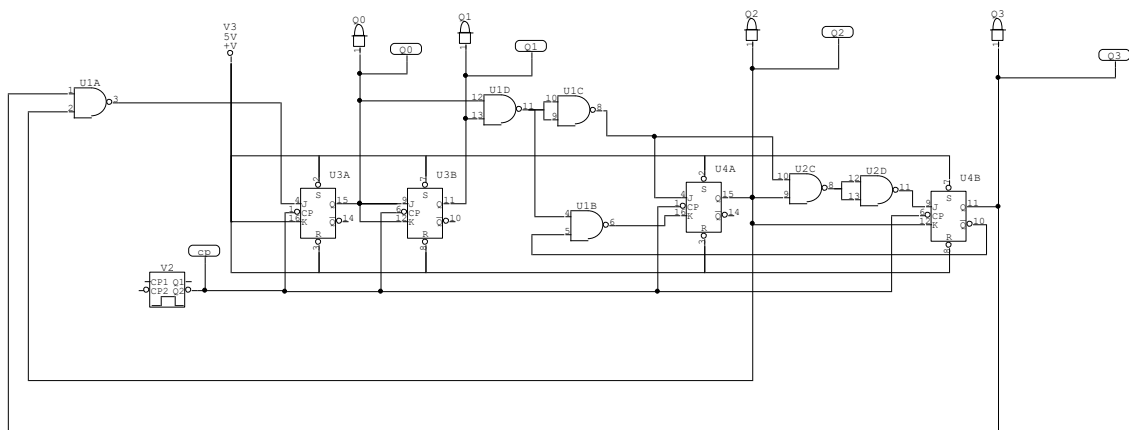


図 9 13 進カウンタの回路

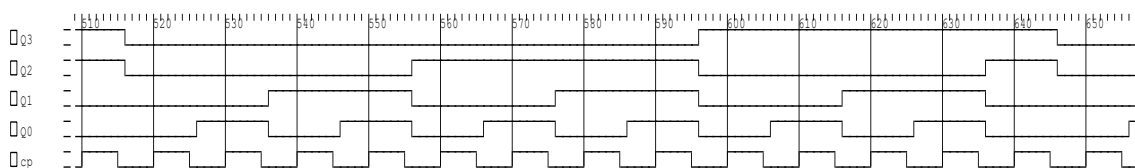


図 10 13 進カウンタのタイミングチャート

## 6 感想・意見

10 進カウンタと 16 進カウンタで共通部があったが、別の回路として組んだのでピン番号を別々に設定し、結果として 16 進カウンタから 10 進カウンタへの組み換えに時間がかかった。次回以降は共通部の有無の確認を行っていききたい。