

デジタル回路講義資料

第12回 順序回路

担当：古橋武

Q_{2k}	Q_{1k}	Q_{0k}	Q_{2k+1}	Q_{1k+1}	Q_{0k+1}	J_{2k}	K_{2k}	J_{1k}	K_{1k}	J_{0k}	K_{0k}
0	0	0	0	0	1	0	*	0	*	1	*
0	0	1	0	1	0	0	*	1	*	*	1
0	1	0	0	1	1	0	*	*	0	1	*
0	1	1	1	0	0	1	*	*	1	*	1
1	0	0	0	0	0	*	1	0	*	0	*
1	0	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1	1	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*

J_{0k}	$Q_{1k}Q_{0k}$				
	00	01	11	10	
Q_{2k}	0	1	*	*	1
	1	0	*	*	*

$$J_{0k} = \overline{Q_{2k}}$$

J_{1k}	$Q_{1k}Q_{0k}$				
	00	01	11	10	
Q_{2k}	0	0	1	*	*
	1	0	*	*	*

$$J_{1k} = Q_{0k}$$

J_{2k}	$Q_{1k}Q_{0k}$				
	00	01	11	10	
Q_{2k}	0	0	0	1	0
	1	*	*	*	*

$$J_{2k} = Q_{1k}Q_{0k}$$

K_{0k}	$Q_{1k}Q_{0k}$				
	00	01	11	10	
Q_{2k}	0	*	1	1	*
	1	*	*	*	*

$$K_{0k} = 1$$

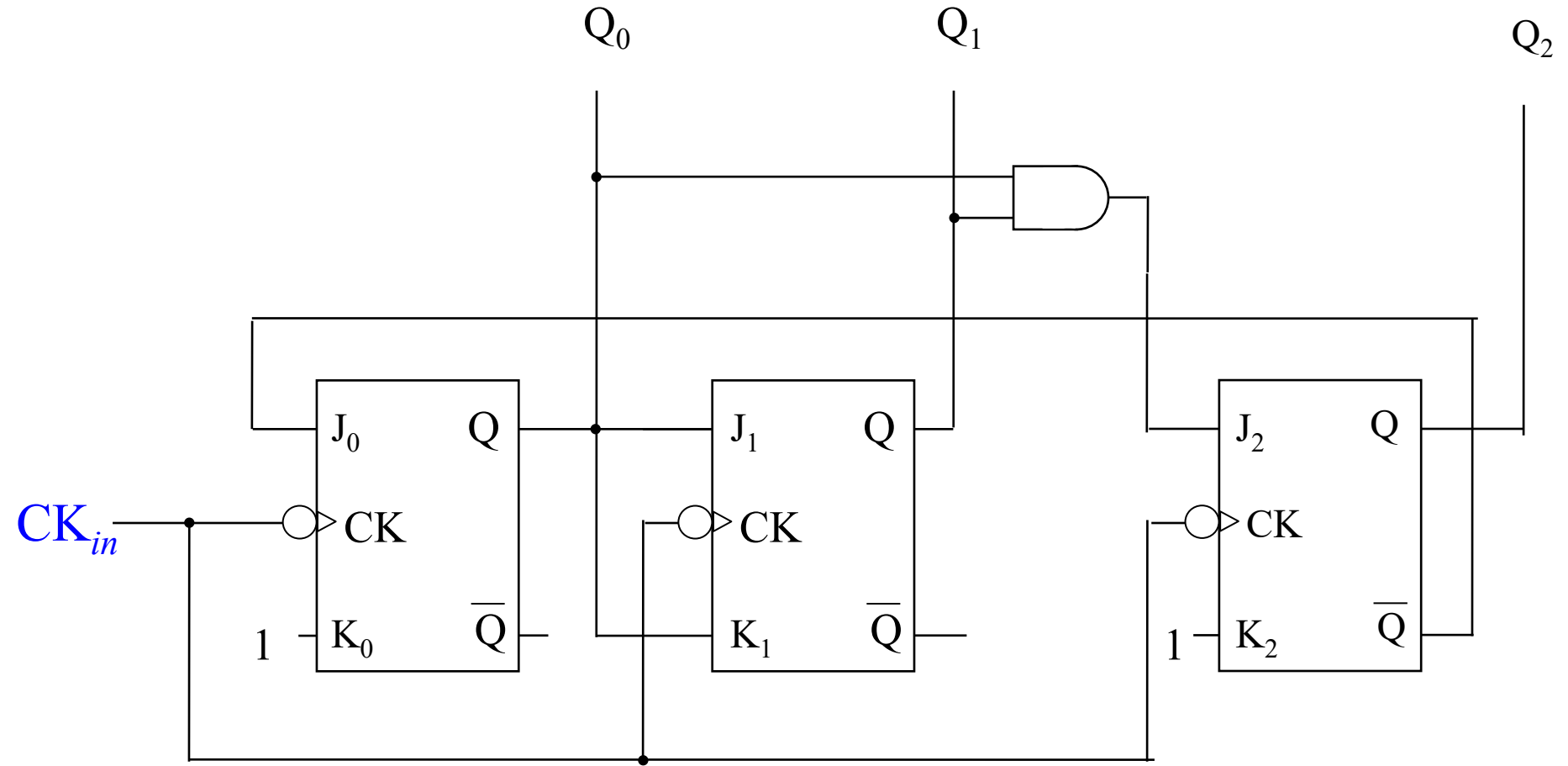
K_{1k}	$Q_{1k}Q_{0k}$				
	00	01	11	10	
Q_{2k}	0	*	*	1	0
	1	*	*	*	*

$$K_{1k} = Q_{0k}$$

K_{2k}	$Q_{1k}Q_{0k}$				
	00	01	11	10	
Q_{2k}	0	*	*	*	*
	1	1	*	*	*

$$K_{2k} = 1$$

JKフリップフロップを用いた同期式5進カウンタの設計結果



Q_{2k}	Q_{1k}	Q_{0k}	Q_{2k+1}	Q_{1k+1}	Q_{0k+1}	J_{2k+1}	K_{2k+1}	J_{1k+1}	K_{1k+1}	J_{0k+1}	K_{0k+1}
0	0	0	0	0	1	0	*	0	*	1	*
0	0	1	0	1	0	0	*	1	*	*	1
0	1	0	0	1	1	0	*	*	0	1	*
0	1	1	1	0	0	1	*	*	1	*	1
1	0	0	1	0	1	*	0	0	*	1	*
1	0	1	0	0	0	*	1	0	*	*	1
1	1	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*

J_{0k}		$Q_{1k}Q_{0k}$			
		00	01	11	10
Q_{2k}	0	1	*	*	1
	1	1	*	*	*

$$J_{0k} = 1$$

J_{1k}		$Q_{1k}Q_{0k}$			
		00	01	11	10
Q_{2k}	0	0	1	*	*
	1	0	0	*	*

$$J_{1k} = \overline{Q_{2k}} Q_{0k}$$

J_{2k}		$Q_{1k}Q_{0k}$			
		00	01	11	10
Q_{2k}	0	0	0	1	0
	1	*	*	*	*

$$J_{2k} = Q_{1k} Q_{0k}$$

K_{0k}		$Q_{2k}Q_{1k}$			
		00	01	11	10
Q_{0k}	0	*	1	1	*
	1	*	1	*	1

$$K_{0k} = 1$$

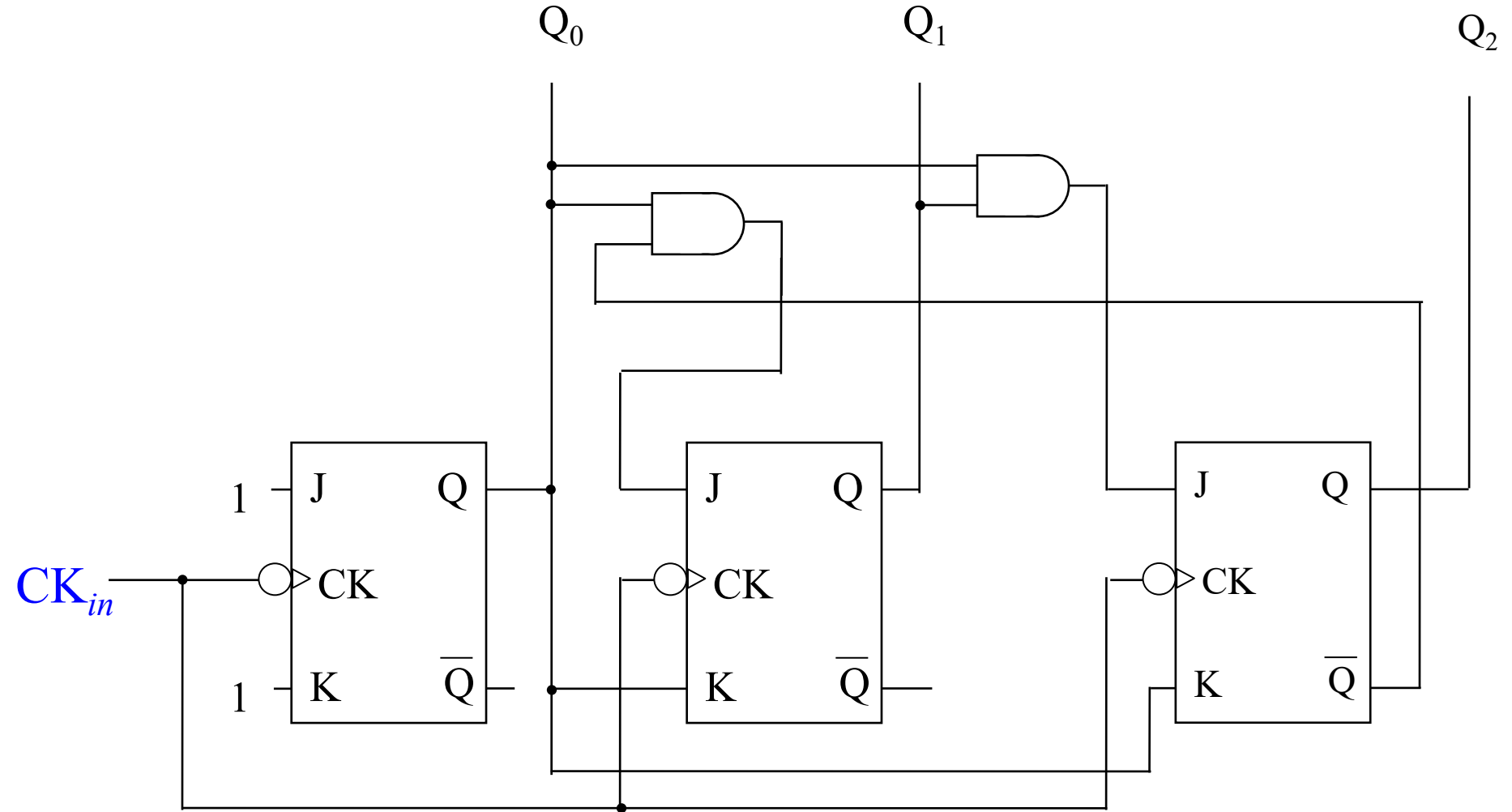
K_{1k}		$Q_{1k}Q_{0k}$			
		00	01	11	10
Q_{2k}	0	*	*	1	0
	1	*	*	*	*

$$K_{1k} = Q_{0k}$$

K_{2k}		$Q_{1k}Q_{0k}$			
		00	01	11	10
Q_{2k}	0	*	*	*	*
	1	0	1	*	*

$$K_{2k} = Q_{0k}$$

JKフリップフロップを用いた同期式6進カウンタの設計結果



Q_{2k}	Q_{1k}	Q_{0k}	Q_{2k+1}	Q_{1k+1}	Q_{0k+1}	J_{2k}	K_{2k}	J_{1k}	K_{1k}	J_{0k}	K_{0k}
0	0	0	0	0	1	0	*	0	*	1	*
0	0	1	0	1	0	0	*	1	*	*	1
0	1	0	0	1	1	0	*	*	0	1	*
0	1	1	1	0	0	1	*	*	1	*	1
1	0	0	1	0	1	*	0	0	*	1	*
1	0	1	1	1	0	*	0	1	*	*	1
1	1	0	0	0	0	*	1	*	1	0	*
1	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*

J_{0k}			$Q_{1k}Q_{0k}$		
		00	01	11	10
Q_{2k}	0	1	*	*	1
	1	1	*	*	0

$$J_{0k} = \overline{Q_{2k}Q_{1k}}$$

J_{1k}			$Q_{1k}Q_{0k}$		
		00	01	11	10
Q_{2k}	0	0	1	*	*
	1	0	1	*	*

$$J_{1k} = Q_{0k}$$

J_{2k}			$Q_{1k}Q_{0k}$		
		00	01	11	10
Q_{2k}	0	0	0	1	0
	1	*	*	*	*

$$J_{2k} = Q_{1k}Q_{0k}$$

K_{0k}			$Q_{2k}Q_{1k}$		
		00	01	11	10
Q_{0k}	0	*	1	1	*
	1	*	1	*	*

$$K_{0k} = 1$$

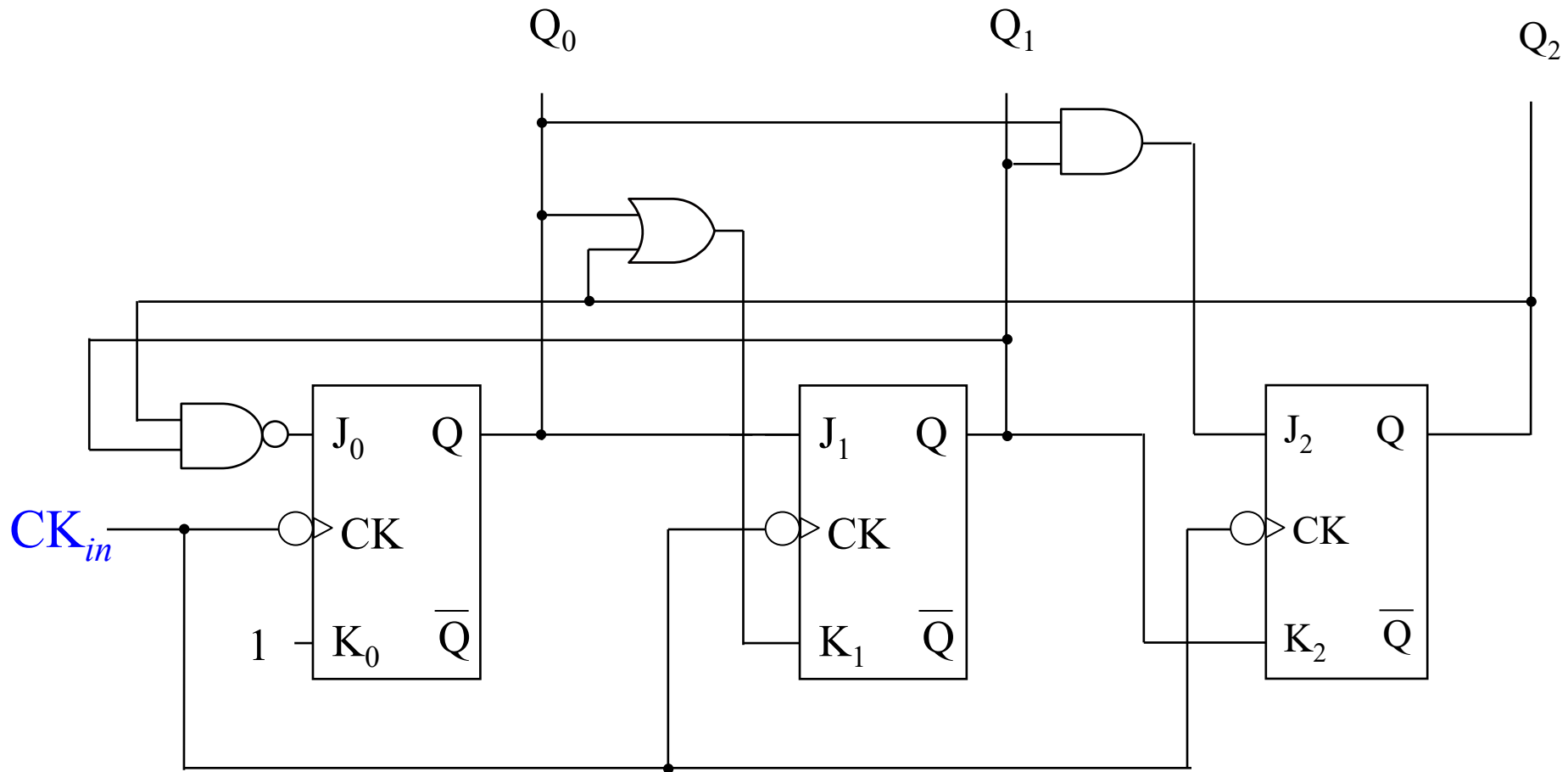
K_{1k}			$Q_{1k}Q_{0k}$		
		00	01	11	10
Q_{2k}	0	*	*	1	0
	1	*	*	*	1

$$K_{1k} = Q_{2k} + Q_{0k}$$

K_{2k}			$Q_{1k}Q_{0k}$		
		00	01	11	10
Q_{2k}	0	*	*	*	*
	1	0	*	*	1

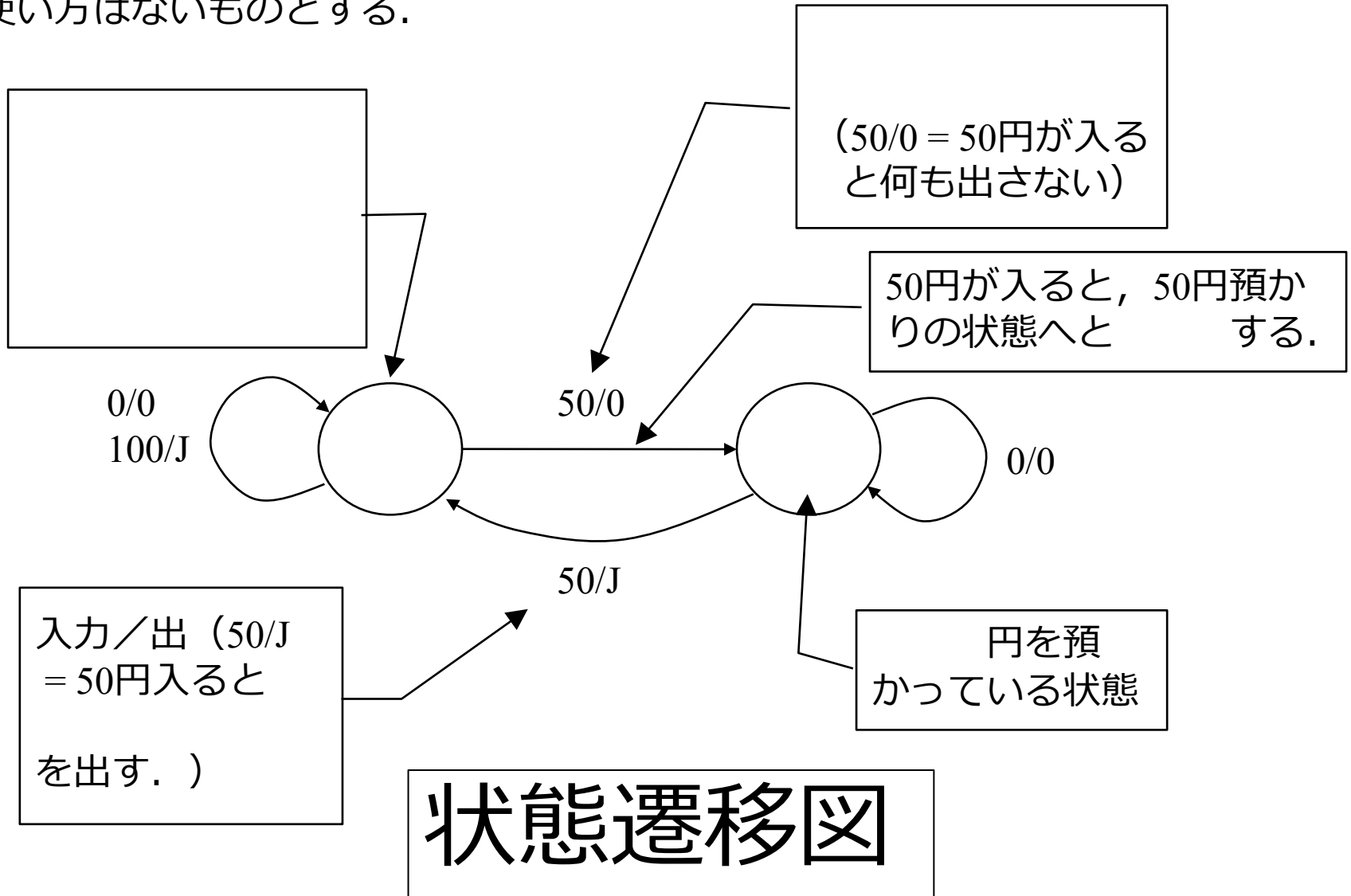
$$K_{2k} = Q_{1k}$$

JKフリップフロップを用いた同期式7進カウンタの設計結果



自販機的设计

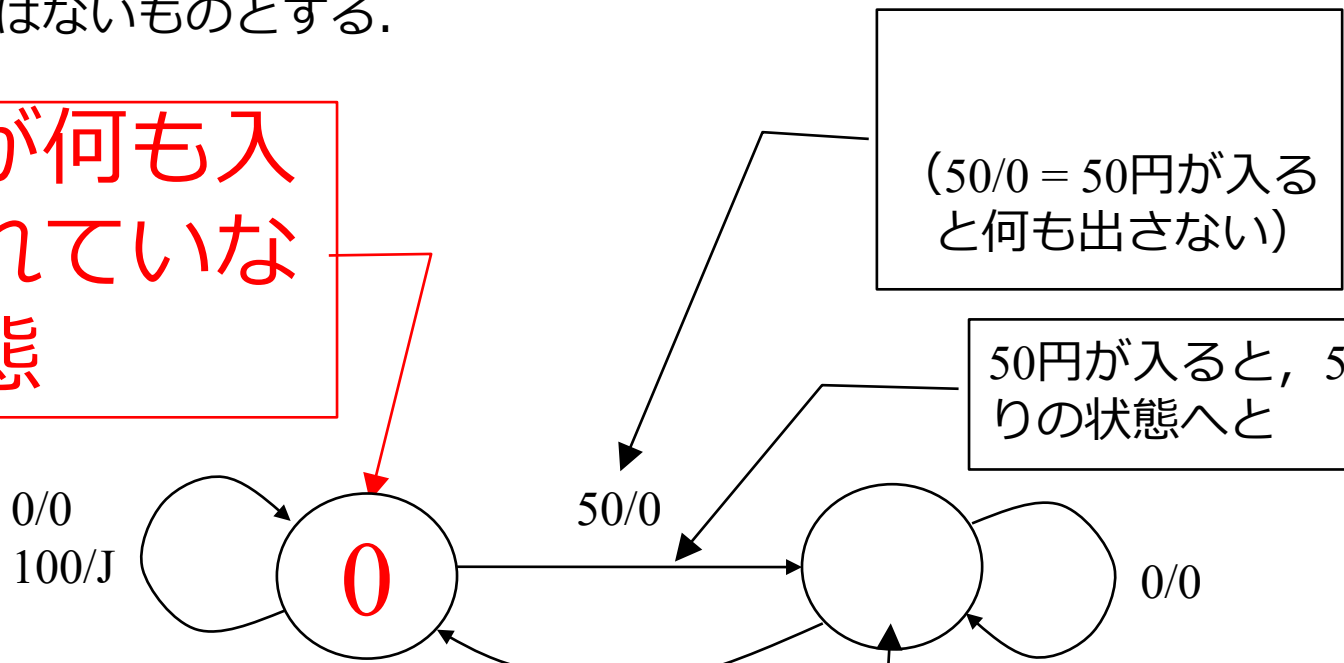
100円のジュースの自動販売機の動作を状態遷移図と状態遷移表で表し、その動作を表す順序回路をJKフリップフロップを用いて設計する。ただし、使用可能な通貨は50円硬貨と100円硬貨に限られるものとする。また、50円を入れた後に100円を入れる使い方はないものとする。



自販機的设计

100 円のジュースの自動販売機の動作を状態遷移図と状態遷移表で表し, その動作を表す順序回路をJKフリップフロップを用いて設計する. ただし, 使用可能な通貨は 50 円硬貨と100 円硬貨に限られるものとする. また, 50円を入れた後に100円を入れる使い方はないものとする.

お金が何も入力されていない状態



(50/0 = 50円が入ると何も出さない)

50円が入ると, 50円預かりの状態へとする.

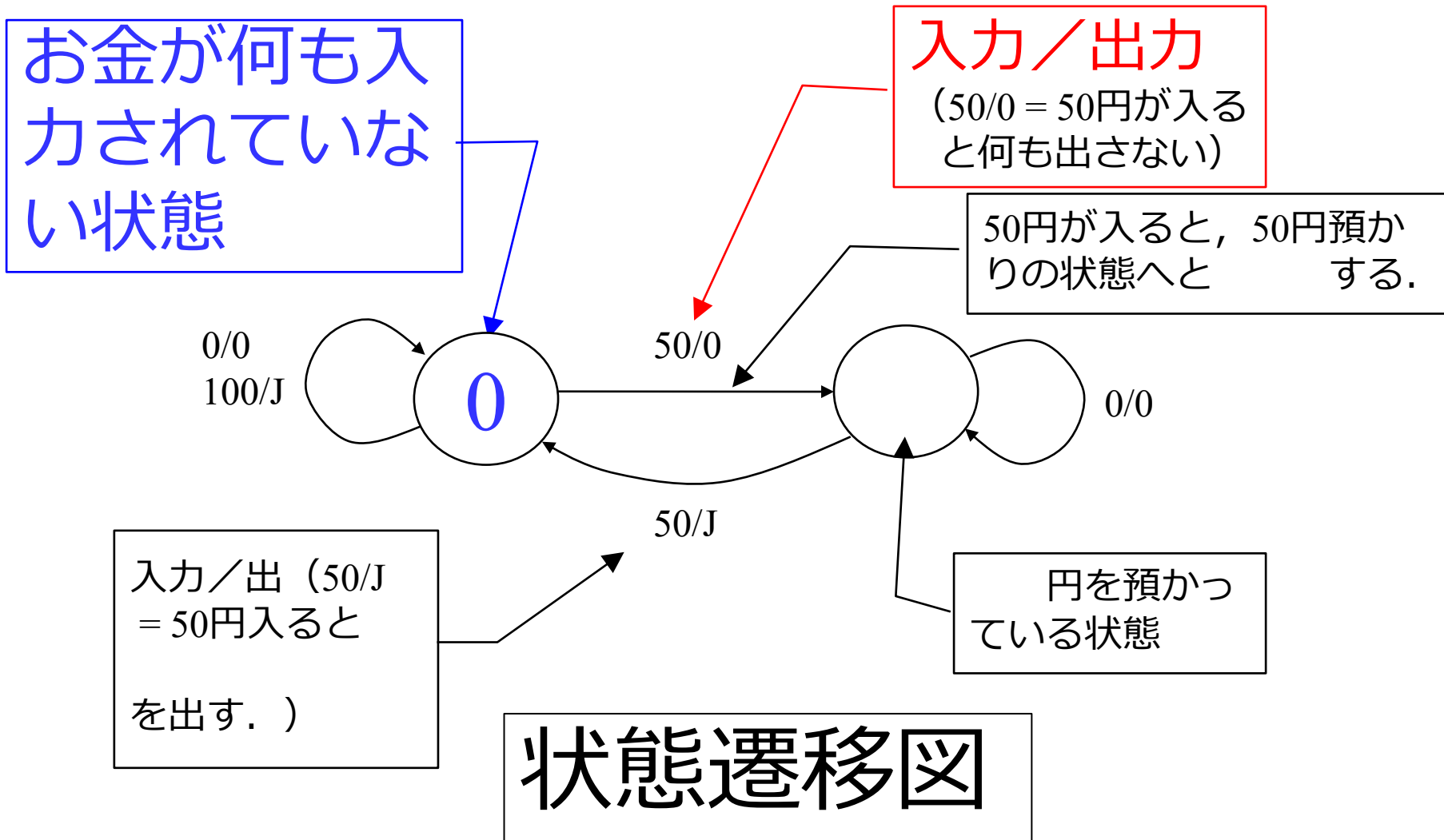
入力/出 (50/J = 50円入るとを出す.)

円を預かっている状態

状態遷移図

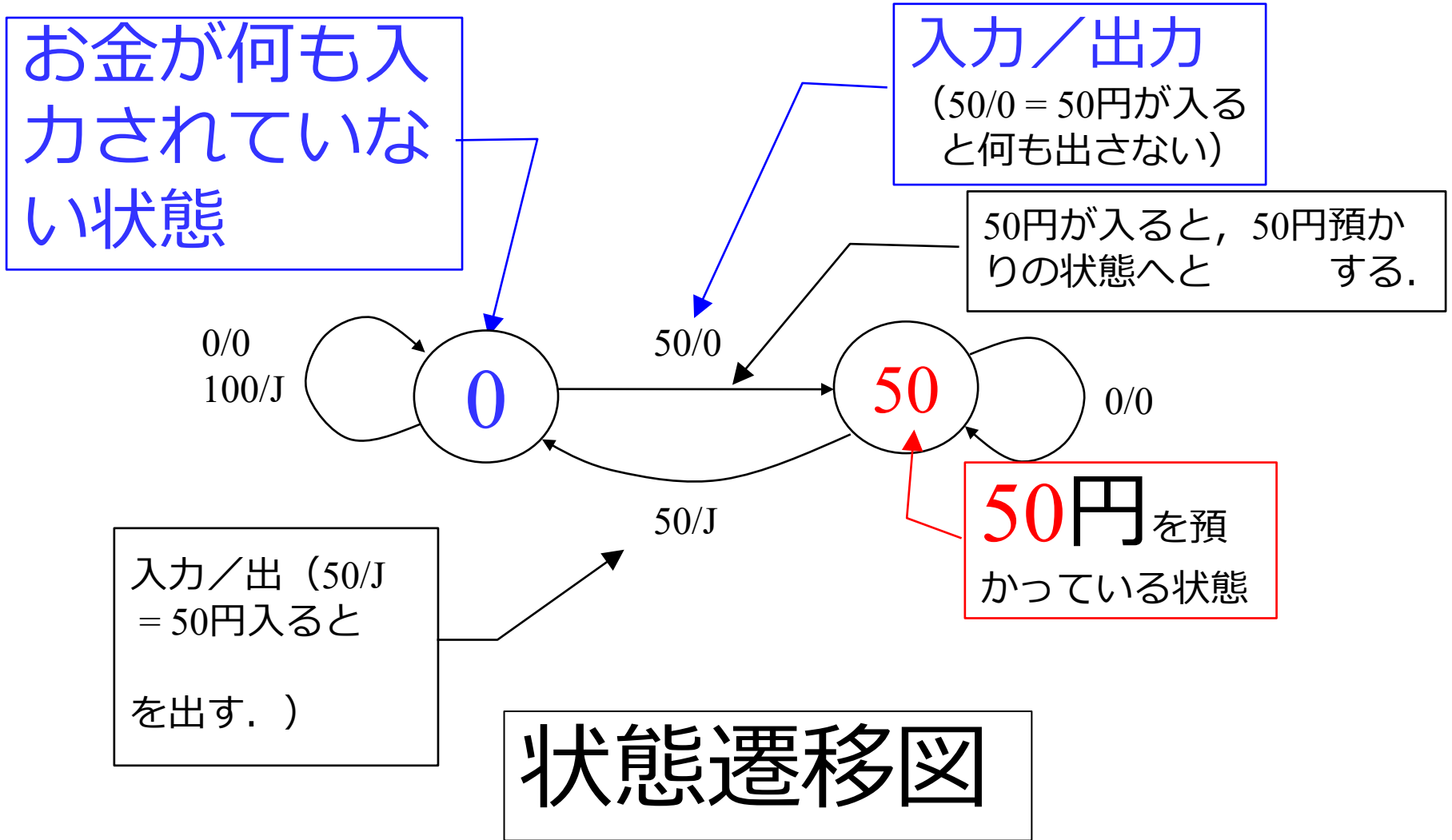
自販機的设计

100 円のジュースの自動販売機の動作を状態遷移図と状態遷移表で表し, その動作を表す順序回路をJKフリップフロップを用いて設計する. ただし, 使用可能な通貨は 50 円硬貨と100 円硬貨に限られるものとする. また, 50円を入れた後に100円を入れる使い方はないものとする.



自販機的设计

100円のジュースの自動販売機の動作を状態遷移図と状態遷移表で表し、その動作を表す順序回路をJKフリップフロップを用いて設計する。ただし、使用可能な通貨は50円硬貨と100円硬貨に限られるものとする。また、50円を入れた後に100円を入れる使い方はないものとする。



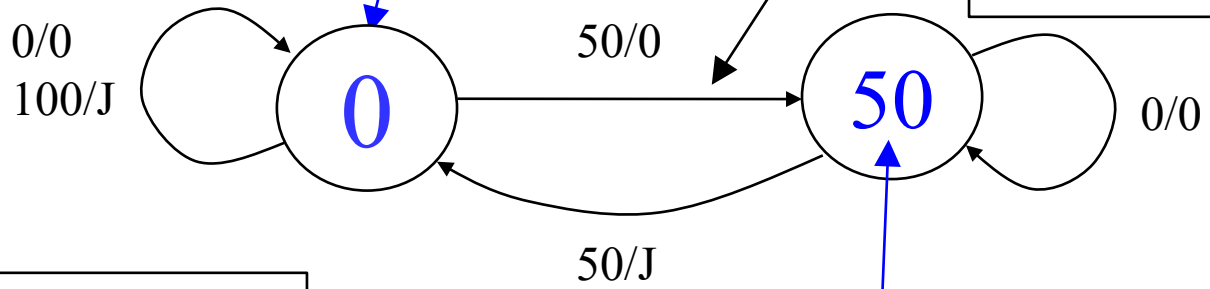
自販機的设计

100 円のジュースの自動販売機の動作を状態遷移図と状態遷移表で表し, その動作を表す順序回路をJKフリップフロップを用いて設計する. ただし, 使用可能な通貨は 50 円硬貨と100 円硬貨に限られるものとする. また, 50円を入れた後に100円を入れる使い方はないものとする.

お金が何も入力されていない状態

入力/出力
(50/0 = 50円が入ると何も出さない)

50円が入ると, 50円預かりの状態へと遷移する.



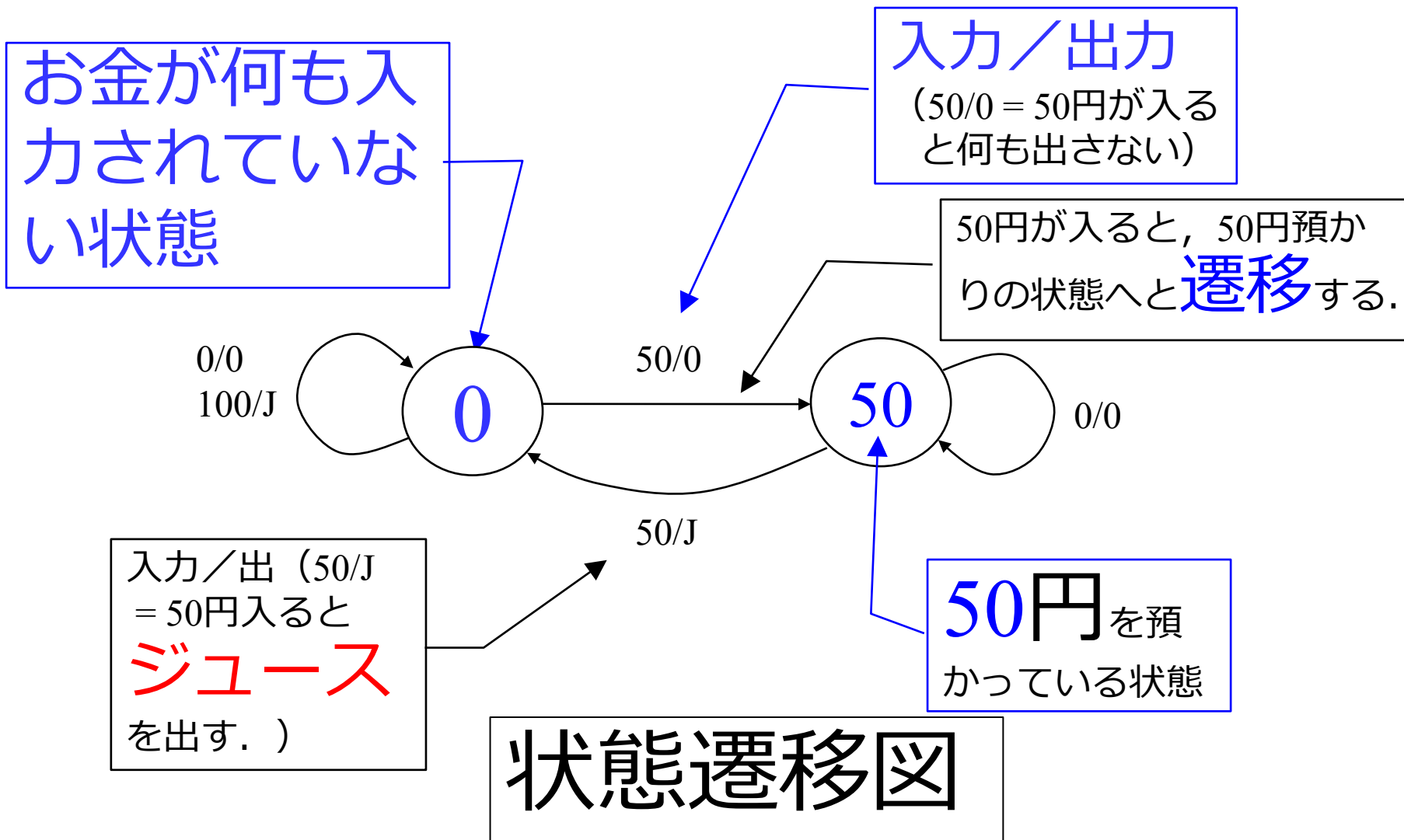
入力/出 (50/J = 50円入るとを出す.)

50円を預かっている状態

状態遷移図

自販機的设计

100 円のジュースの自動販売機の動作を状態遷移図と状態遷移表で表し, その動作を表す順序回路をJKフリップフロップを用いて設計する. ただし, 使用可能な通貨は 50 円硬貨と100 円硬貨に限られるものとする. また, 50円を入れた後に100円を入れる使い方はないものとする.



入金後の

入金後の

入金前の預 かり金額	入金額			入金額		
	0	50	100	0	50	100
0						
50						

この入力も禁止なので、*でよいが、0としてみる。

ジュース

この出力は
禁止

入金後の 預かり金額

入金後の

入金前の預 かり金額	入金後の 入金額			入金後の 入金額		
	0	50	100	0	50	100
0	0	50	0			
50	50	0	0			

この入力も禁止なので、*でよいが、0としてみる。

ジュース

この出力は
禁止

入金後の 預かり金額

入金後の 出力

入金前の預 かり金額	入金額			入金額		
	0	50	100	0	50	100
0	0	50	0	0	0	J
50	50	0	0	0	J	*

この入力も禁止なので、*でよいが、0としてみる。

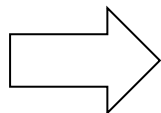
ジュース

この出力は
禁止

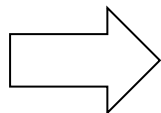
入力を2進数に対応づける

$X_{1k} X_{0k}$

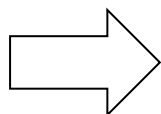
0円入力



50円入力



100円入力

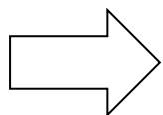


通り
の状態を
表すには
桁を必
要とする。

使わない。

入力を2進数に対応づける

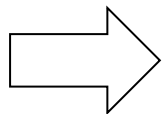
0円入力



$X_{1k}X_{0k}$

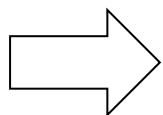
00

50円入力



01

100円入力



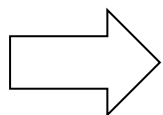
10

通り
の状態を
表すには
桁を必
要とする.

使わない.

入力を2進数に対応づける

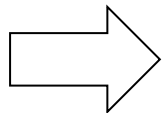
0円入力



$X_{1k}X_{0k}$

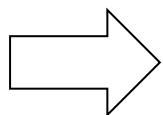
00

50円入力



01

100円入力



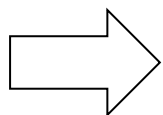
10

3通りの状態を表すには2桁を必要とする。

使わない。

入力を2進数に対応づける

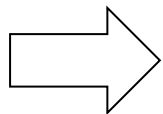
0円入力



$X_{1k}X_{0k}$

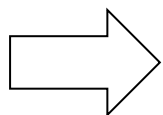
00

50円入力



01

100円入力



10

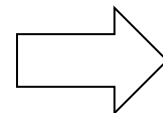
11

3通りの状態を表すには2桁を必要とする。

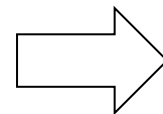
使わない。

状態を2進数に対応づける

0円預かり状態



50円預かり状態

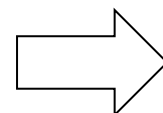


Q_k

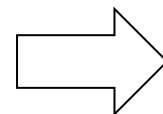
通りの状態を表すには桁を必要とする.

出力を2進数に対応づける

無出力



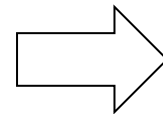
ジュースを出力



Z_k

状態を2進数に対応づける

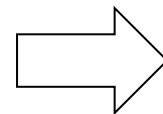
0円預かり状態



Q_k

0

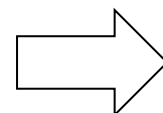
50円預かり状態



1

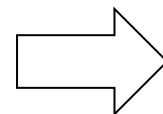
出力を2進数に対応づける

無出力



Z_k

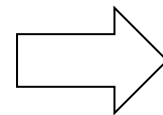
ジュースを出力



通り
の状態を
表すには
桁を必
要とする.

状態を2進数に対応づける

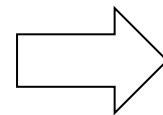
0円預かり状態



Q_k

0

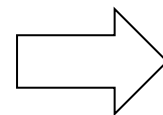
50円預かり状態



1

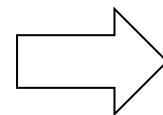
出力を2進数に対応づける

無出力



Z_k

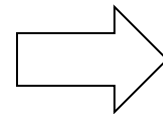
ジュースを出力



2通りの状態を表すには1桁を必要とする.

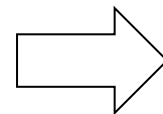
状態を2進数に対応づける

0円預かり状態



Q_k
0

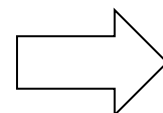
50円預かり状態



1

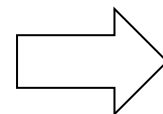
出力を2進数に対応づける

無出力



Z_k
0

ジュースを出力



1

2通りの状態を表すには1桁を必要とする.

入金後の
預かり金額

入金前の 預かり金 額	入金額		
	0	50	100
0	0	50	0
50	50	0	0

状態

0円入力 → 00
50円入力 → 01
100円入力 → 10

0円預かり状態 → 0
50円預かり状態 → 1

状態

クロック $k+1$
後の Q_{k+1}

使わないけど設計には必要

クロック k 直後の状態
 Q_k

クロック k の少し後の
入力 $X_{1k} X_{0k}$

Q_k	クロック k の少し後の 入力 $X_{1k} X_{0k}$			
	00	01	11	10
0				
1				

状態遷移表

入金後の
預かり金額

入金前の 預かり金 額	入金額		
	0	50	100
0	0	50	0
50	50	0	0

状態

0円入力 → 00
50円入力 → 01
100円入力 → 10

0円預かり状態 → 0
50円預かり状態 → 1

状態

クロック $k+1$
後の状態 Q_{k+1}

使わないけど設計には必要

クロック k 直後の状態
 Q_k

クロック k の少し後の
入力 $X_{1k} X_{0k}$

00 01 11 10

0

1

状態遷移表

入金後の
預かり金額

入金前の 預かり金 額	入金額		
	0	50	100
0	0	50	0
50	50	0	0

今の状態

0円入力 → 00
50円入力 → 01
100円入力 → 10

0円預かり状態 → 0
50円預かり状態 → 1

次の
状態

クロック $k+1$
後の状態 Q_{k+1}

使わないけど設計には必要

クロック k 直後の
状態
 Q_k

クロック k の少し後の
入力 $X_{1k} X_{0k}$

00 01 11 10

0

1

状態遷移表

入金後の
預かり金額

入金前の 預かり金 額	入金額		
	0	50	100
0	0	50	0
50	50	0	0

今の状態

0円入力 → 00
50円入力 → 01
100円入力 → 10

0円預かり状態 → 0
50円預かり状態 → 1

次の
状態

クロック $k+1$
後の状態 Q_{k+1}

使わないけど設計には必要

クロック k 直後の状態
 Q_k

クロック k の少し後の
入力 $X_{1k}X_{0k}$

Q_k	00	01	11	10
0	0	1	*	0
1	1	0	*	0

状態遷移表

真理値表

X_{1k}	X_{0k}	Q_k	Q_{k+1}	J_k	K_k
0	0	0	0		
0	0	1	1		
0	1	0	1		
0	1	1	0		
1	0	0	0		
1	0	1	0		
1	1	0	*		
1	1	1	*		

状態遷移表

クロック $k+1$ 後の
状態 Q_{0k+1}

クロック k 後の 状態 Q_k	入力 $X_{1k}X_{0k}$			
	00	01	11	10
0	0	1	*	0
1	1	0	*	0



真理值表

X_{1k}	X_{0k}	Q_k	Q_{k+1}	J_k	K_k
0	0	0	0	0	*
0	0	1	1		
0	1	0	1		
0	1	1	0		
1	0	0	0		
1	0	1	0		
1	1	0	*		
1	1	1	*		

真理值表

X_{1k}	X_{0k}	Q_k	Q_{k+1}	J_k	K_k
0	0	0	0	0	*
0	0	1	1	*	0
0	1	0	1	1	*
0	1	1	0	*	1
1	0	0	0	0	*
1	0	1	0	*	1
1	1	0	*	*	*
1	1	1	*	*	*

カルノー図の作成

真理値表

X_{1k}	X_{0k}	Q_k	Q_{k+1}	J_k	K_k
0	0	0	0	0	*
0	0	1	1	*	0
0	1	0	1	1	*
0	1	1	0	*	1
1	0	0	0	0	*
1	0	1	0	*	1
1	1	0	*	*	*
1	1	1	*	*	*

J_k のカルノー図

X_{1k}	$X_{0k}Q_k$			
	00	01	11	10
0	0	*	*	1
1	0	*	*	*

$$J_k = X_{0k}$$

K_k のカルノー図

X_{1k}	$X_{0k}Q_k$			
	00	01	11	10
0	*	0	1	*
1	*	1	*	*

$$K_k = X_{1k} + X_{0k}$$

出力表

入金後の Z_k

クロック k 直後の 状態 Q_k	クロック k の少し後の入 力 $X_{1k}X_{0k}$			
	00	01	11	10
0				
1				

入金後の出力

入金前の 預かり金 額	入金額		
	0	50	100
0	0	0	J
50	0	J	*

0円入力	→ 00	無出力	→ 0
50円入力	→ 01	ジュースを出力	→ 1
100円入力	→ 10		
0円預かり状態	→ 0		
50円預かり状態	→ 1		

出力表

入金後の出力 Z_k

クロック k 直後の 状態 Q_k	クロック k の少し後の入 力 $X_{1k}X_{0k}$			
	00	01	11	10
0				
1				

入金後の出力

入金前の 預かり金 額	入金額		
	0	50	100
0	0	0	J
50	0	J	*

0円入力 → 00 無出力 → 0
 50円入力 → 01 ジュースを出力 → 1
 100円入力 → 10

0円預かり状態 → 0
 50円預かり状態 → 1

出力表

入金後の出力 Z_k

クロック k 直後の 状態 Q_k	クロック k の少し後の入 力 $X_{1k}X_{0k}$			
	00	01	11	10
0	0	0	*	1
1	0	1	*	*

入金後の出力

入金前の 預かり金 額	入金額		
	0	50	100
0	0	0	J
50	0	J	*

0円入力 → 00 無出力 → 0
 50円入力 → 01 ジュースを出力 → 1
 100円入力 → 10

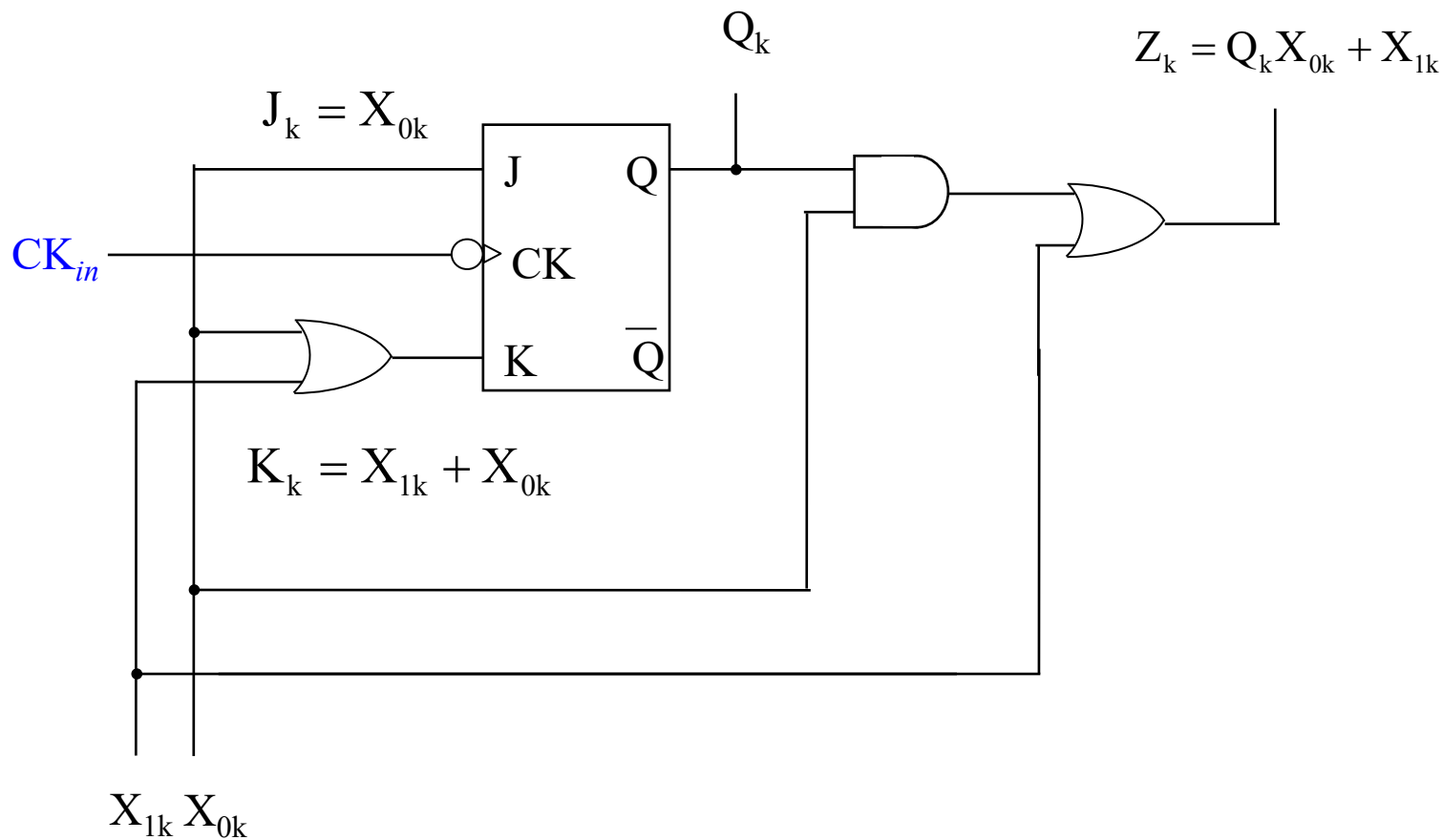
0円預かり状態 → 0
 50円預かり状態 → 1

出力表

入金後の出力 Z_k

クロック k 直後の状態 Q_k	入力 $X_{1k}X_{0k}$			
	00	01	11	10
0	0	0	*	1
1	0	1	*	*

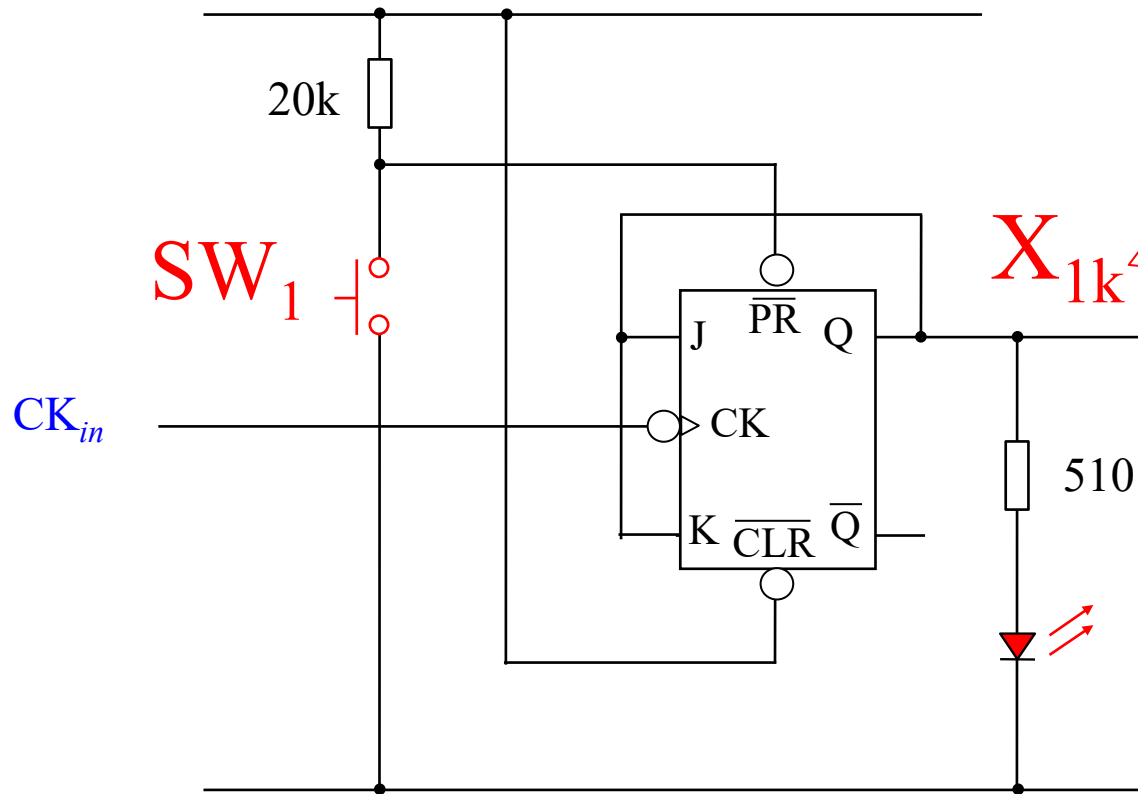
$$Z_k = Q_k X_{0k} + X_{1k}$$



入力 $X_{1k} X_{0k}$		
00	01	10
0	50円	100円

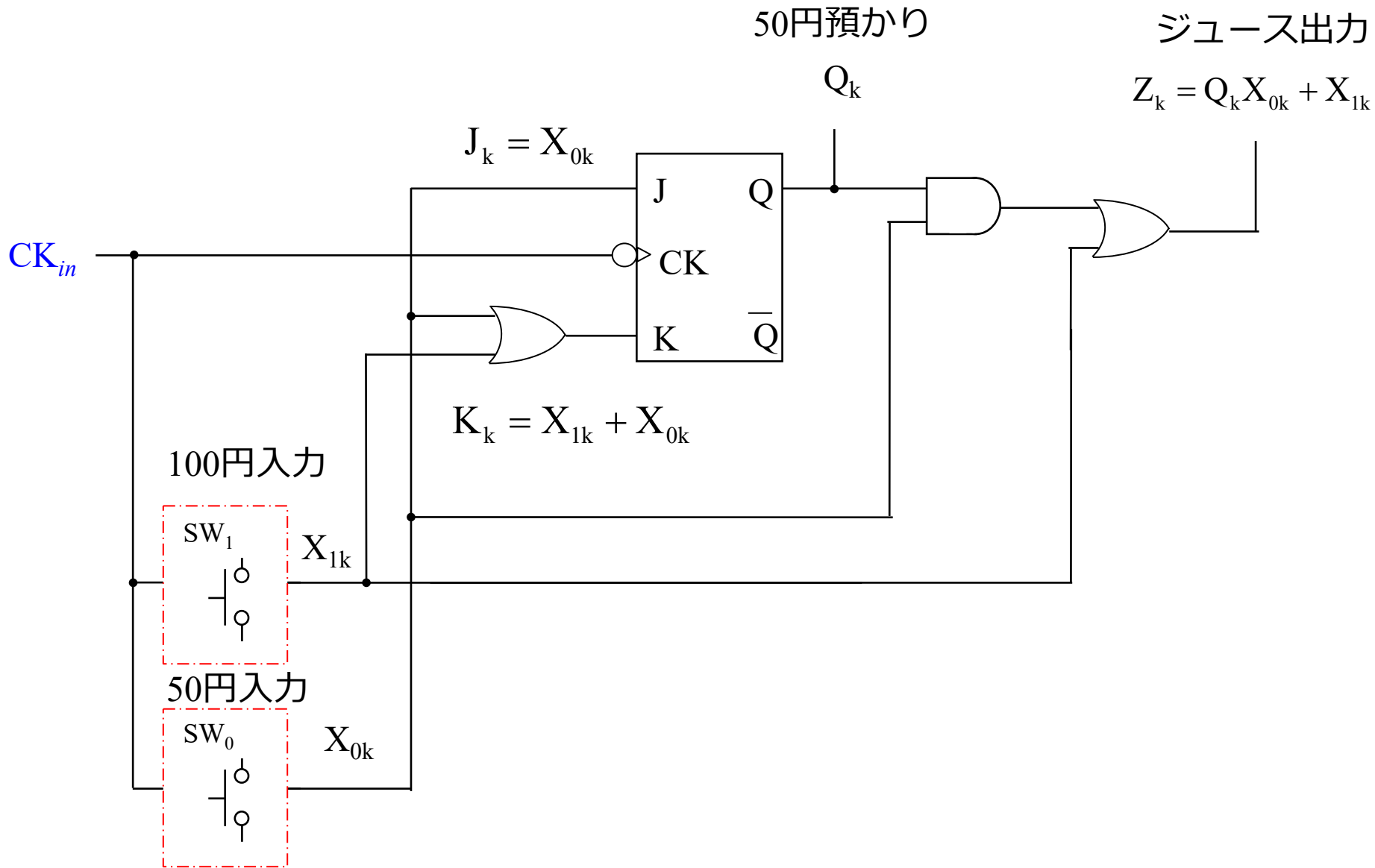
クロック k 後の状態 Q_k	
0	1
0	50円入力済み

出力 Z_k		
00	01	10
なし	ジュース	ジュース



スイッチSW₁が押されるとX_{1k}は1となり、クロックCk_{in}の立ち下がりまで1が保持される。

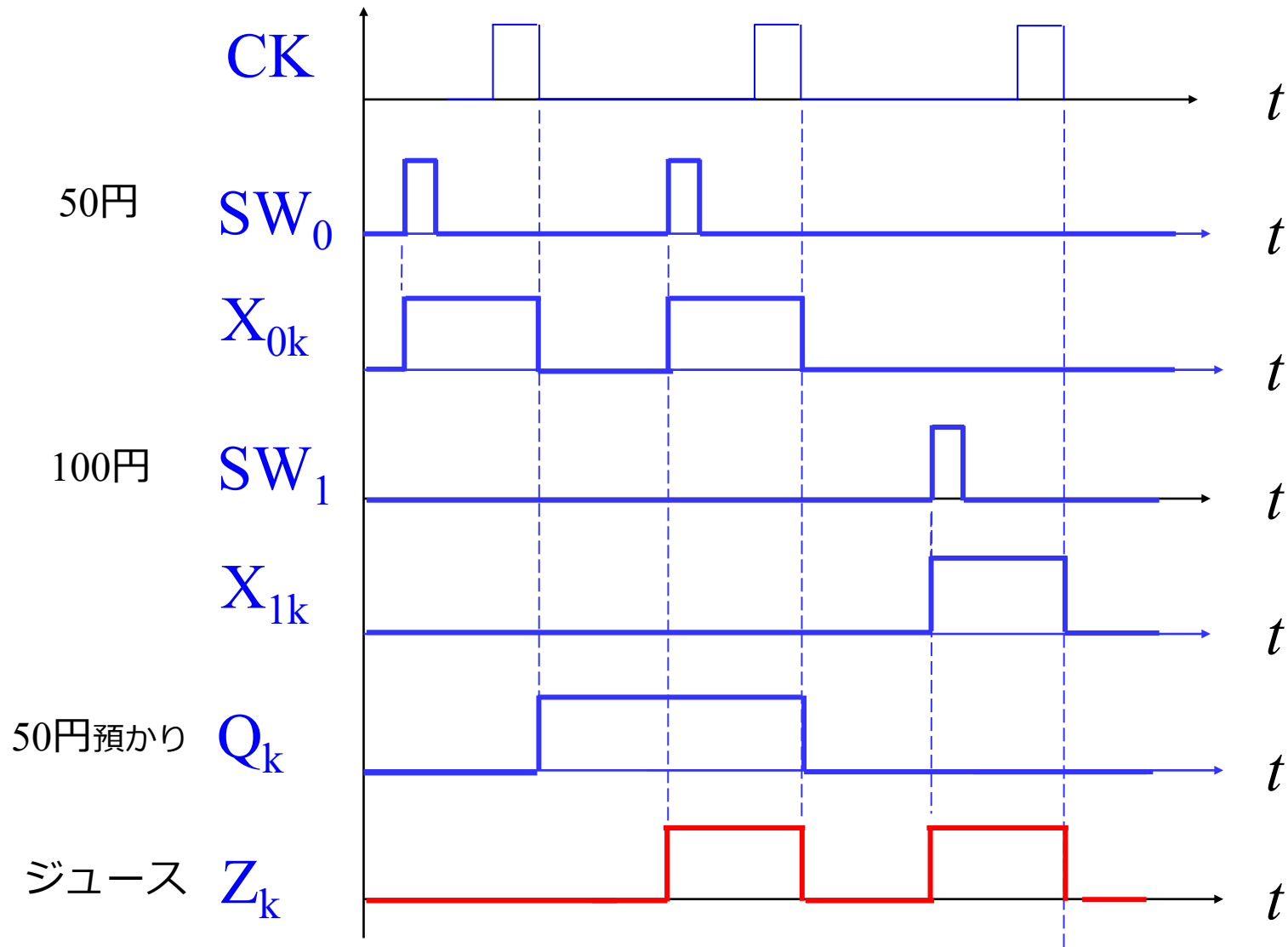
スイッチ入力保持回路



ビデオ

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/digital_circuit/sec14_5/sec14_5.html

タイムチャート



Step12 製作課題 自販機的设计

講義で解説した、100 円のジュースの自動販売機では50円の後には100円を入れるとおつりが出ない。そこで、おつり表示用LED追加して、おつりが出る順序回路を設計・製作せよ。設計した状態遷移図、状態遷移表、出力表、カルノー図、回路図を製作回路とともに提出して、TAのチェックを受けること。

ビデオ

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/digital_circuit/Exercise14/Exercise14.html

Step12 レポート課題 自販機的设计

100 円のジュースの自動販売機の動作を状態遷移図と状態遷移表で表し、その動作を表す順序回路をJKフリップフロップを用いて設計せよ。ただし、使用可能な通貨は50 円硬貨に限られるものとする。

(ボーナス課題) この順序回路を製作してTAのチェックを受ければ、+1点とする。設計した状態遷移図、状態遷移表、出力表、カルノー図、回路図を製作回路とともに提出して、TAのチェックを受けること。（締め切り：次回の講義終了まで）