

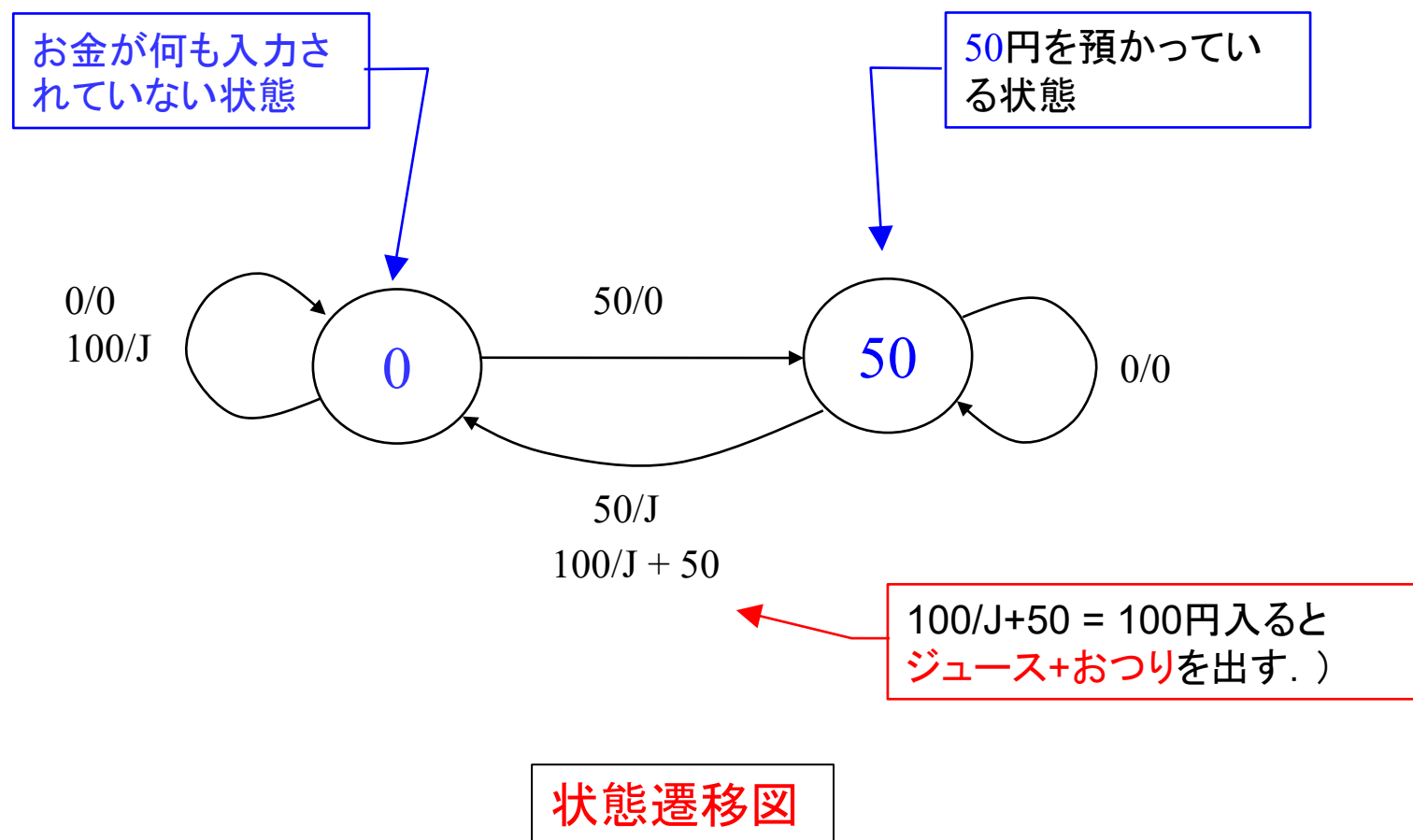
デジタル回路講義資料

第13回 自由課題

担当：古橋武

Step 12 製作課題解答 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, おつりの出る順序回路を設計・製作せよ.



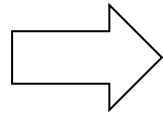
入金後の
預かり金額

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	J+50

入力を2進数に対応づける

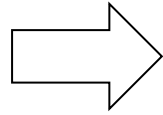
0円入力



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

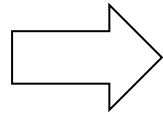
00

50円入力



01

100円入力

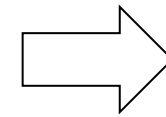


10

状態を2進数に対応づける

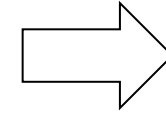
Q_k

0円預かり状態



0

50円預かり状態

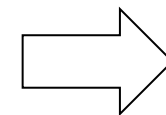


1

出力を2進数に対応づける

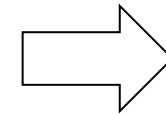
$Z_{1k} Z_{0k}$

無出力



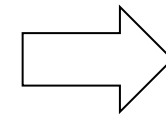
00

ジュースを出力



01

ジュース+おつりを出力



11

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

クロックk+1後
の状態 Q_{k+1}

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	1	*	0
1	1	0	*	0

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

状態遷移表

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

入金後の出力 $Z_{1k}Z_{0k}$

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	00	00	*	01
1	00	01	*	11

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	J+50

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

無出力 → 00

ジュースを出力 → 01

ジュース+おつりを出力 → 11

出力表

入金後の出力 Z_{0k}

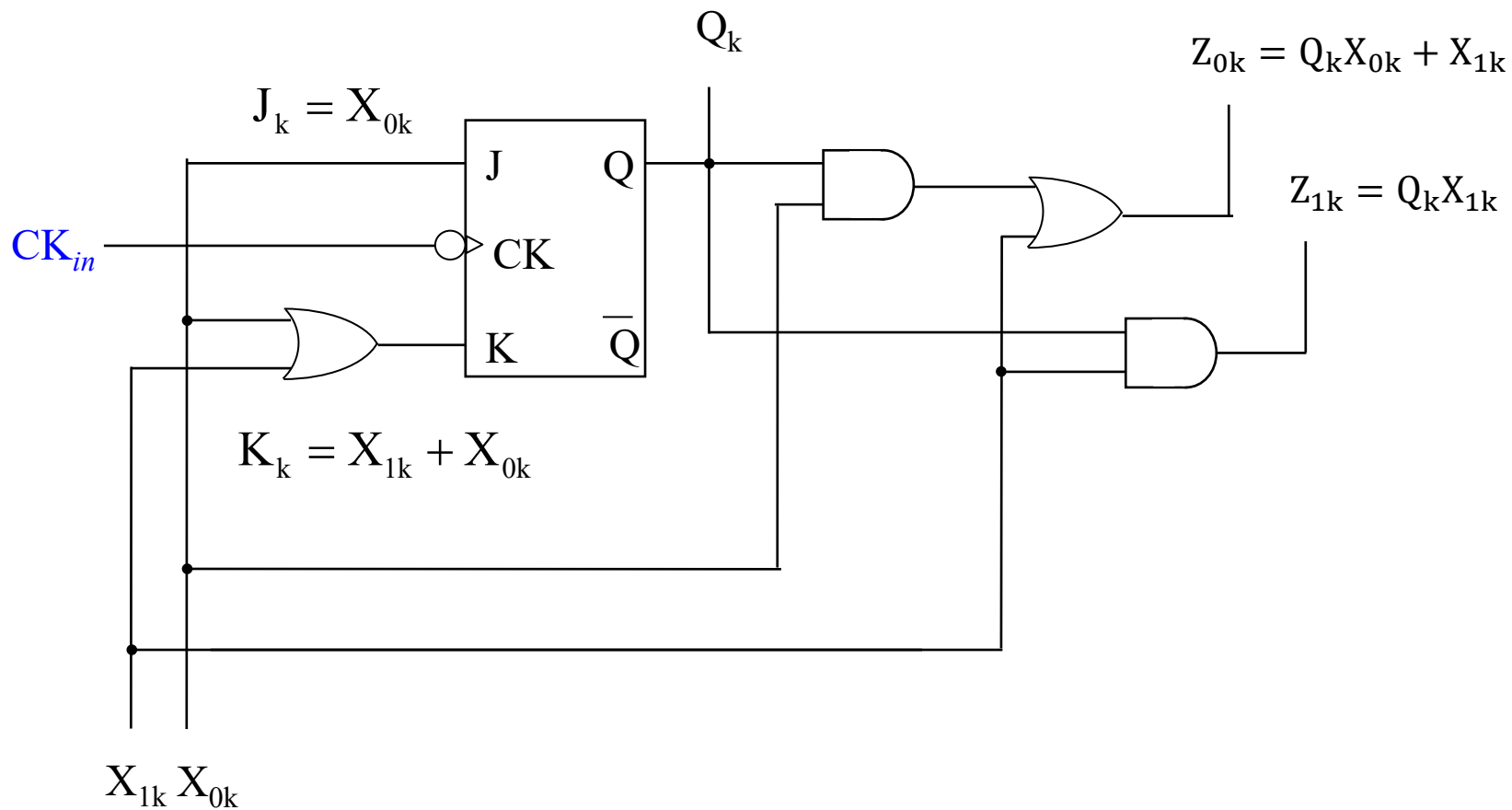
クロック k 直後の状態 Q_k	入力 $X_{1k}X_{0k}$			
	00	01	11	10
0	0	0	*	1
1	0	1	*	1

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

入金後の出力 Z_{1k}

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	*	0
1	0	0	*	1

$$Z_{1k} = Q_k X_{1k}$$



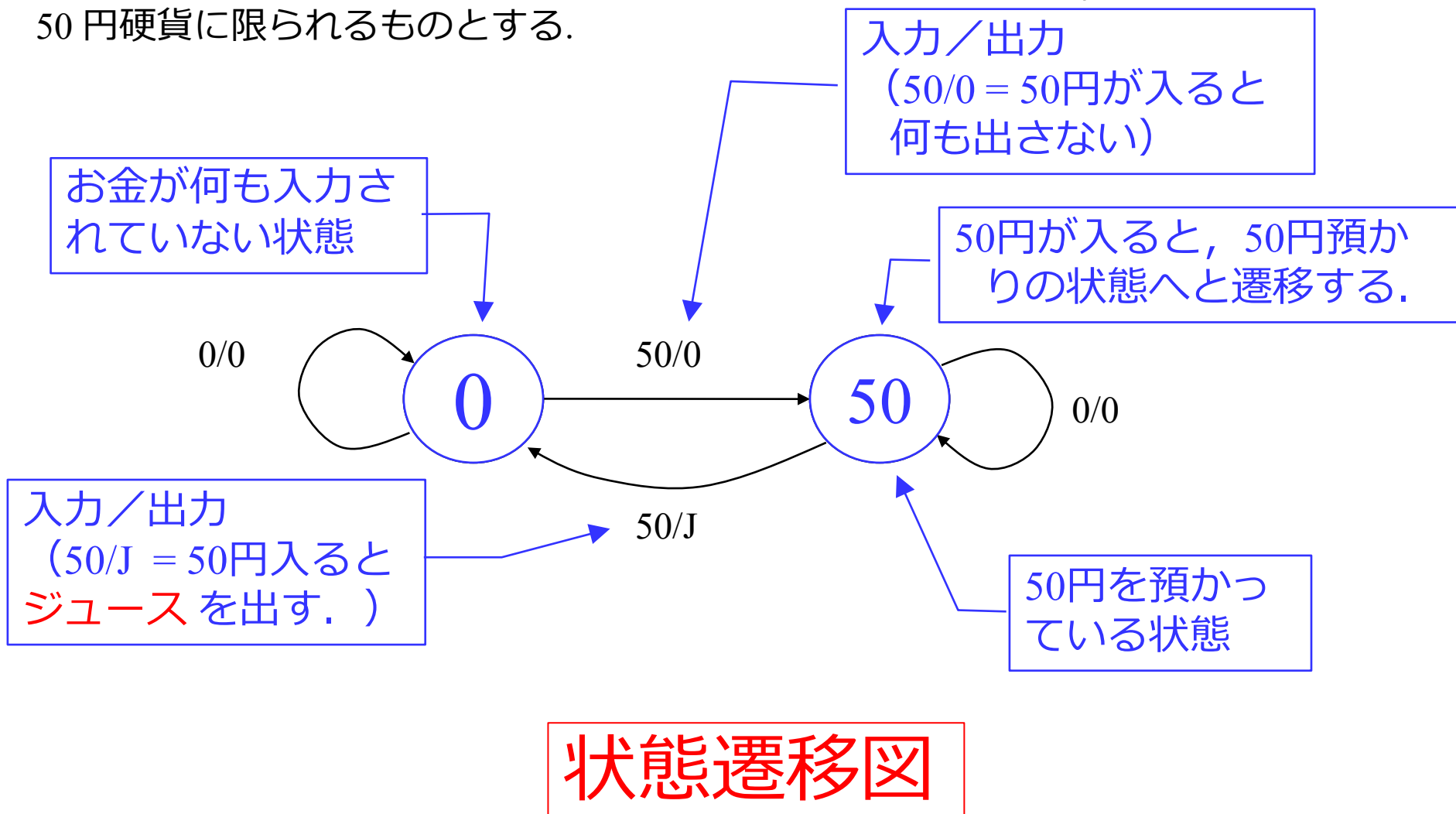
入力 $X_{1k} X_{0k}$		
00	01	10
0	50円	100円

クロック k 後の状態 Q_k	
0	1
0	50円入力済み

出力 $Z_{1k} Z_{0k}$		
00	01	11
なし	ジュース	ジュース+ おつり

Step 12 レポート課題解答

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 円硬貨に限られるものとする.



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	0
0	0	50	0	0
50	50	0	0	J

ジュース

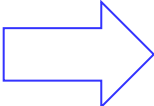
入力を2進数に対応づける

0円入力  0

50円入力  1

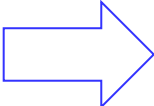
状態を2進数に対応づける

0円預かり  0

50円預かり  1

出力を2進数に対応づける

無出力  0

ジュースを出力  1

入金後の
預かり金額

状態遷移表

入金前の 預かり金 額	入金額	
	0	50
0	0	50
50	50	0

今の状態

クロックk の直後の 状態 Q_k	クロックkの少 し後の入金額 X_k	
	0	1
0	0	1
1	1	0

次の
状態

クロッ
クk+1後
の状態
 Q_{k+1}

0円入力 → 0
50円入力 → 1

0円預かり → 0
50円預かり → 1

真理値表

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

J_k のカルノー図

クロック kの直後 の状態 Q_k	入金額 X_k	
	0	1
0	0	1
1	*	*

$$J_k = X_k$$

K_k のカルノー図

クロックk の直後の状 態 Q_k	入金額 X_k	
	J_k 0	X_k 1
0	*	*
1	0	1

$$K_k = X_k$$

出力表

クロックkの直後の状態 Q_k	クロックkの少し後の入金額 X_k	
	0	1
0	0	0
1	0	1

入金直後の出力 Z_{k+1}

入金後の出力

入金前の預かり金額	入金額	
	0	50
0	0	0
50	0	J

0円入力 → 0

50円入力 → 1

0円預かり → 0

50円預かり → 1

無出力

ジュースを出力

→ 0

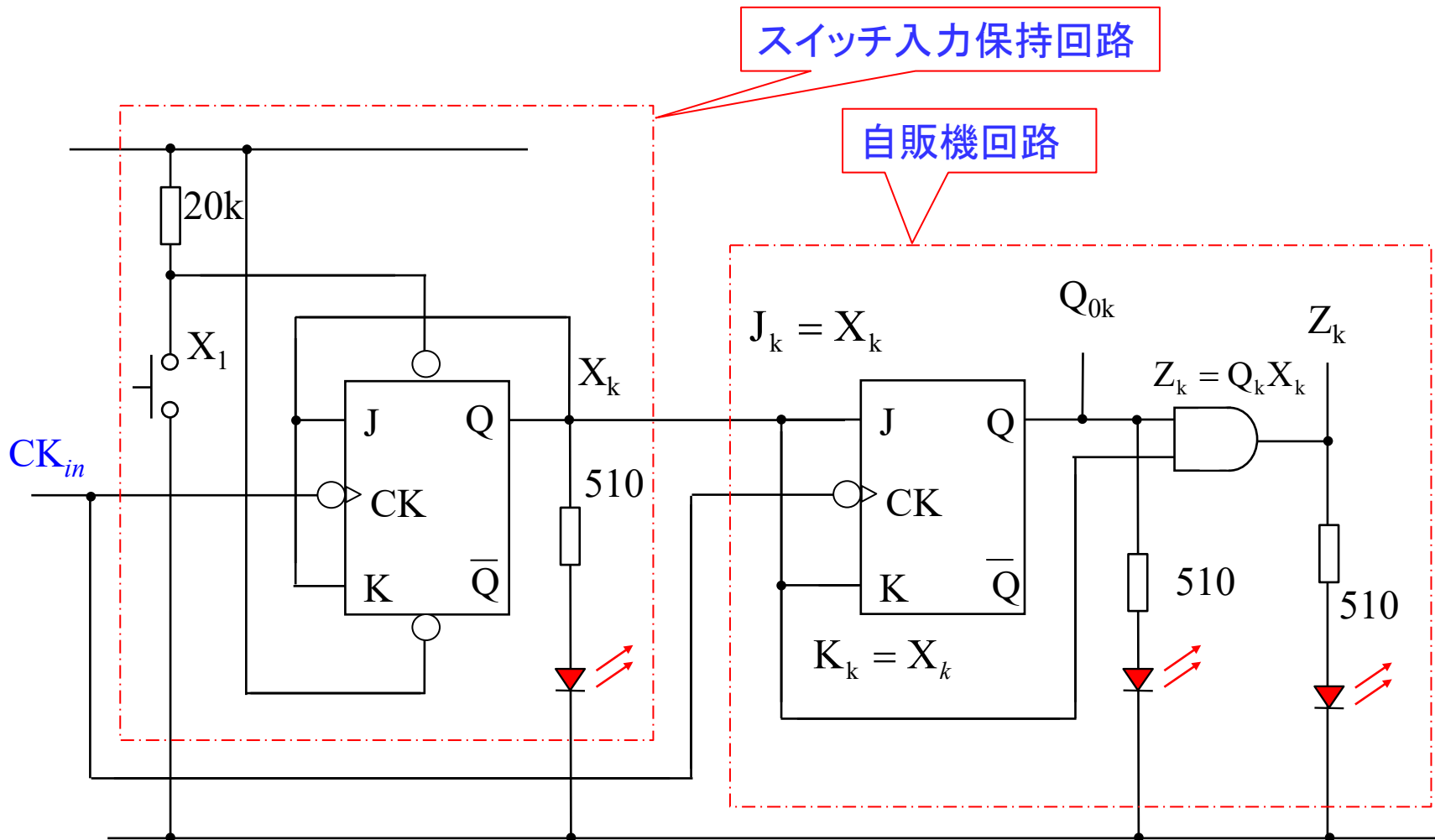
→ 1

出力表から Z_{k+1} の論理式を導出する

クロックk 直後の状態 Q_k	クロックkの少 し後の入金額 X_k	
	0	1
0	0	0
1	0	1

入金直後の出力 Z_k

$$Z_k = Q_k X_k$$



クロックk直後の状態 Q_k	
0	1
0	50円入力済み

入金額 X_k	
0	1
0	50円

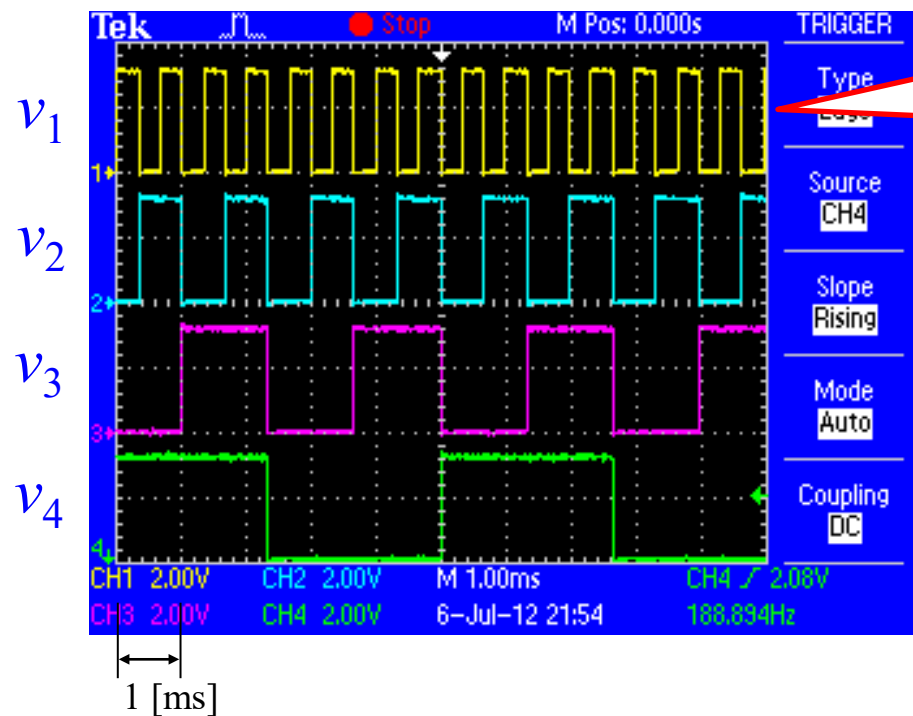
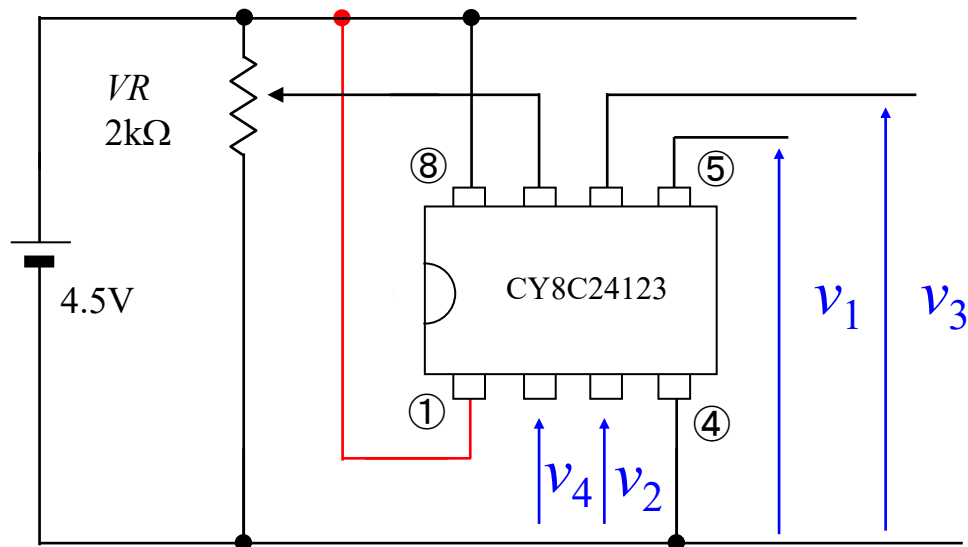
入金直後の出力 Z_k	
0	1
なし	ジュース

STEP13 製作課題

以下の課題のいずれかを選択し，設計・製作せよ．TAに課題を提出する際には，設計過程と回路図を併せて提出すること．手持ちでは部品が足りない場合には申し出よ．教員が必要と判断すれば，無料でその部品を提供する．

- (1) 1 ～ 6 の目が出る**電子サイコロ**．
- (2) 7seg表示器においてa → b → c → d → e → f → a → …とセグメントが順次点灯し，この点滅を用いた**電子ルーレット**（初期設定用とルーレット開始・停止用でプッシュスイッチを2個使用せよ．）
- (3) 150 円のジュースの**自動販売機の順序回路**．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，釣り銭がきちんと出る回路とせよ．
- (4) **8桁の学籍番号を一番下の桁から順番に7セグメントLEDに表示する回路**．
 - ・ステップ 4 のボーナス課題を提出済みの人は、(4) を選択することはできない．(1) ～ (3) もしくは (5) (6) から選択せよ．
 - ・ステップ 4 のボーナス課題を提出済みで無い人は (1) ～ (6) を選択できる．(1) ～ (3) もしくは (5) , (6) から課題を選択し、合わせて (4) をボーナス課題とすることもできる．
- (5) **2桁の足し算，引き算回路**．足し算／引き算の切替には切替スイッチ（トグルスイッチと呼ばれる．）が必要となるが，ジャンパ線で代用すること．
- (6) その他，上記を上回る楽しい回路（製作前に案を提出して教員の承認を得ること）

(1)と(2)
のヒント



約1.5 [kHz}
の信号が出る

ビデオ (電子サイコロ (ゆっくりバージョン))

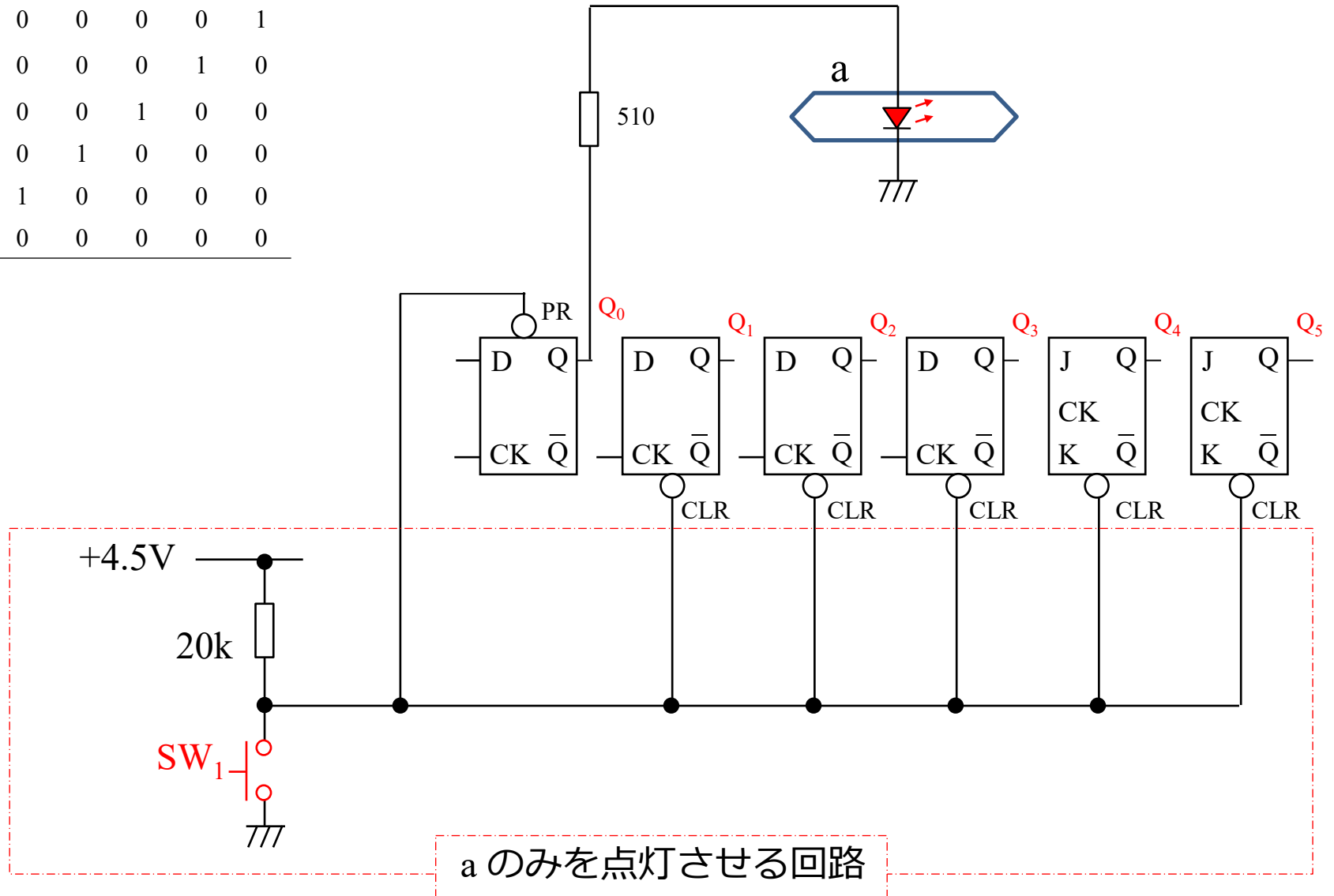
http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/digital_circuit/Exercise16/Exercise16_1.mp4

ビデオ (電子サイコロ)

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/digital_circuit/Exercise16/Exercise16_2.mp4

(2)のヒント

Q ₅	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0



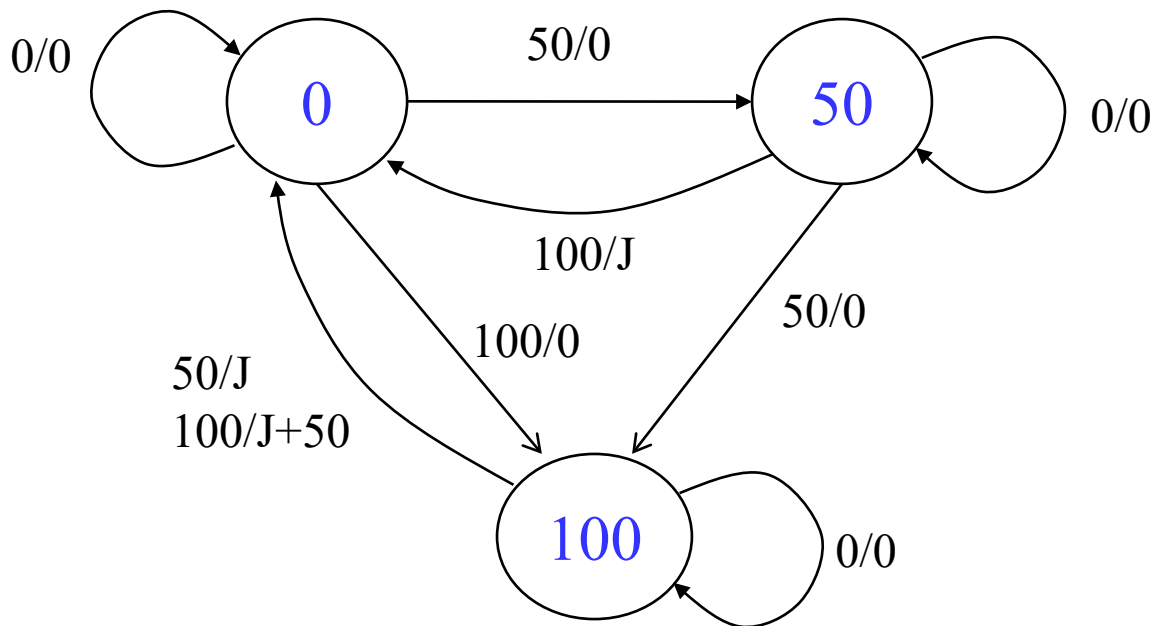
ビデオ (電子ルーレット(ゆっくりバージョン))

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/digital_circuit/Exercise15/Exercise15_1.mp4

ビデオ (電子ルーレット)

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/digital_circuit/Exercise15/Exercise15_2.mp4

(3)のヒント



入力 $X_{2k}X_{1k}$		
00	01	10
0	50円	100円

クロックk後の状態 $Q_{1k}Q_{0k}$		
00	01	10
0	50円預かり	100円預かり

出力 $Z_{2k}Z_{1k}$		
00	01	10
なし	ジュース	ジュース + おつり50円

ビデオ (150円のジュースの自販機)

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/digital_circuit/Exercise17/Exercise17.html