

デジタル電子回路

第13回

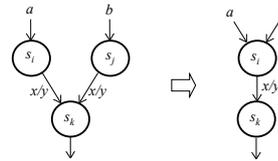
順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

状態遷移図を書いてみて...

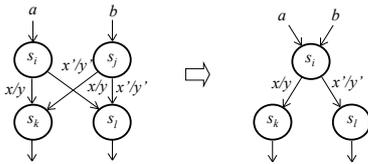
ある二つの状態 S_i, S_j が入力系列 x_k に対して、同一出力系列 y_l を持つ場合、 S_i, S_j は**等価**であり、ひとつにまとめられる。

→ 状態図の簡単化

(1) 状態図より直接発見できる等価な状態



順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)



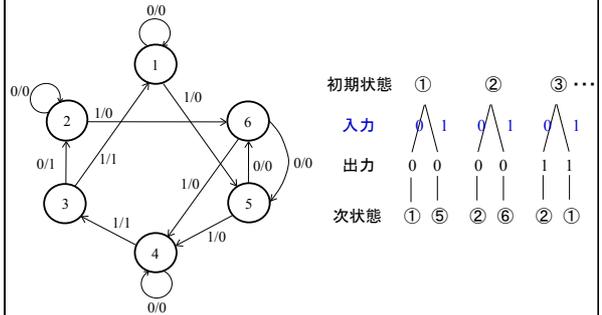
状態遷移図から直接判断できない場合はどうするか？

状態を分類して等価性を発見する。

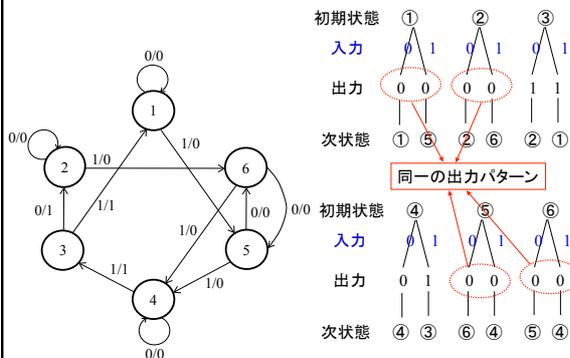
順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

状態が遷移する際の出力が同一になる状態を分類して等価性を発見する。

(i) 各状態が次状態に遷移する時に同一出力を与えるものをグループ分けする。



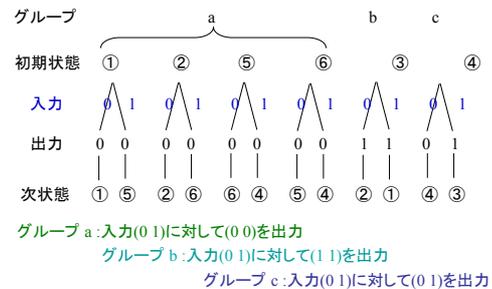
順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)



順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

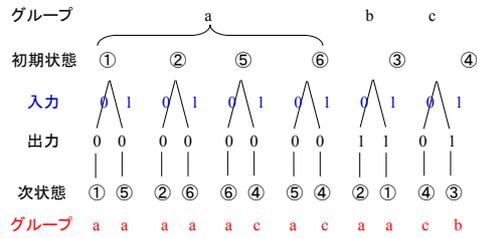
状態が遷移する際の出力が同一になる状態を分類して等価性を発見する。

(i) 各状態が次状態に遷移する時に同一出力を与えるものをグループ分けする。



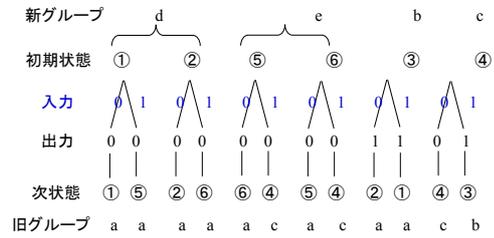
順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

(ii) 各状態が(i)の分類でどのグループに属するかを記入。



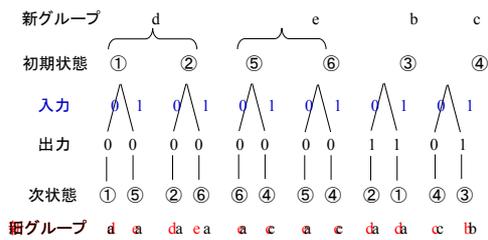
順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

(iii) 同一グループ内で新しいグループ分け



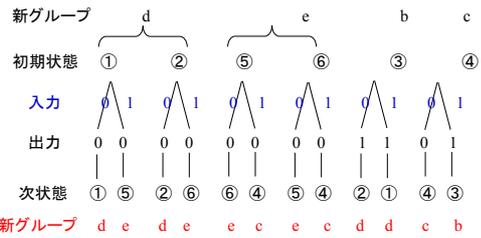
順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

(iv) 新しいグループ分けで分類



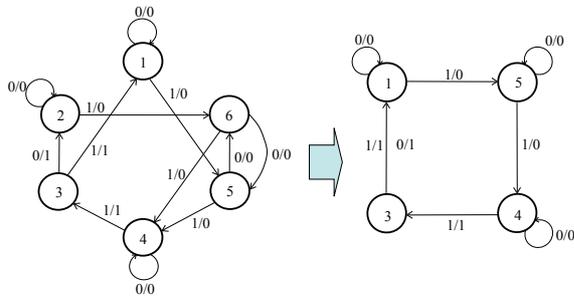
(v) 手順(iii)に戻り、同一グループ内の次状態の分類を行い、(iii)と(iv)を分類が進まなくなるまで繰り返す。

順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)



(vi) 最後に同一グループ内に残った状態が、互いに等価な状態となる。
上の例では①と②、⑤と⑥が等価な状態。

順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

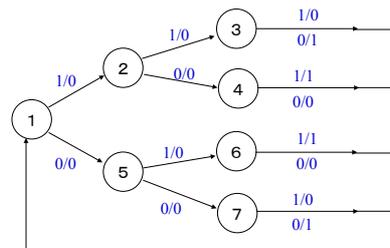


順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

クロックに同期して0または1のパルスが入力される時、3クロックごとに区切ってその中の1の入力パルスが偶数個(0個または2個)存在するとき1を出力する。

(i) 状態遷移図の作成

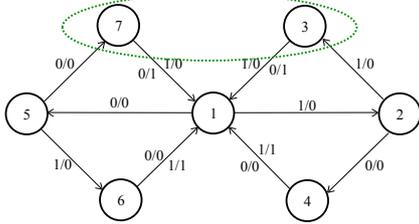
3クロック待って、1の数を数える。



順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

クロックに同期して0または1のパルスが入力される時、3クロックごとに区切ってその中の1の入力パルスが偶数個(0個または2個)存在するとき1を出力する。

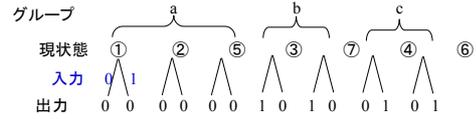
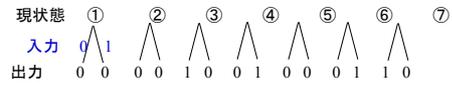
状態遷移図(2)



順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

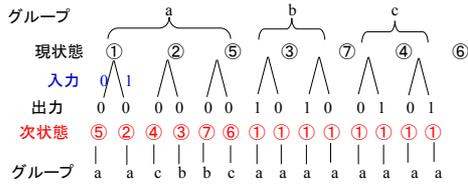
(ii) 等価な状態の検索

(a) 出力が同一の組を作る。



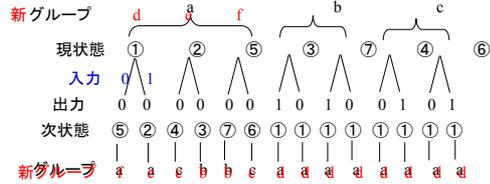
順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

(b) 次状態がどのグループに属するかを調べる



順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

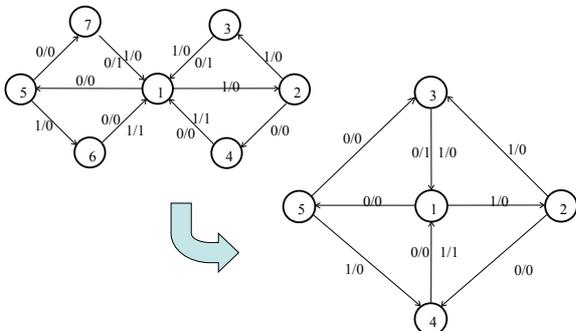
(c) 同一グループ内で次状態のグループが同一のものを新しいグループにする。



これ以上は分割できない。
③と⑦、④と⑥が等価。

順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

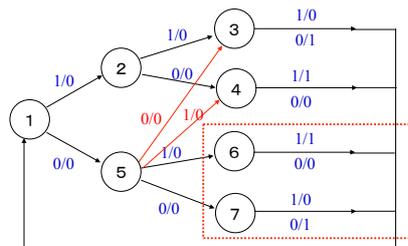
(iii) 簡単化された状態遷移図の作成



順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

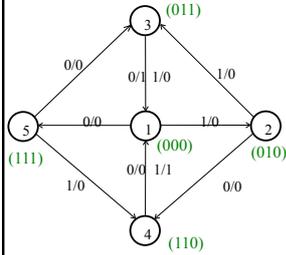
(i) 状態遷移図の作成

はじめから、3クロック目の状態を ③ "1"が偶数回入力された状態 と ④ 奇数回の場合 としておけばよかった...



順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

(iv) 状態割り当て



現状態	次状態		出力	
	入力 x 0	入力 x 1	入力 0	出力 1
① 000	111	010	00	
② 010	110	011	00	
③ 011	000	000	10	
④ 110	000	000	01	
⑤ 111	011	110	00	

順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

(v) 入力方程式の導出

現状態	次状態		出力	
	入力 x		入力	
	0	1	0	1
① 000	111	010	00	
② 010	110	011	00	
③ 011	000	000	10	
④ 110	000	000	01	
⑤ 111	011	110	00	

$$Q_1' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot x$$

$$Q_2' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot x$$

$$Q_3' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x$$

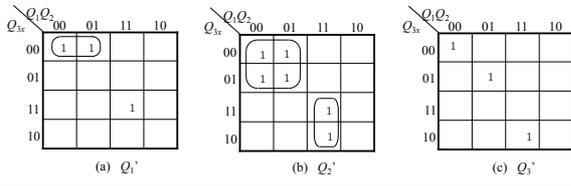
順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

(v) 入力方程式の導出

$$Q_1' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot x$$

$$Q_2' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot x + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot x$$

$$Q_3' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x$$



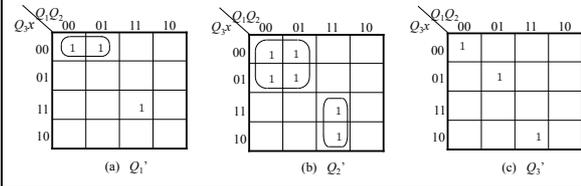
順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

(v) 入力方程式の導出

$$Q_1' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot x$$

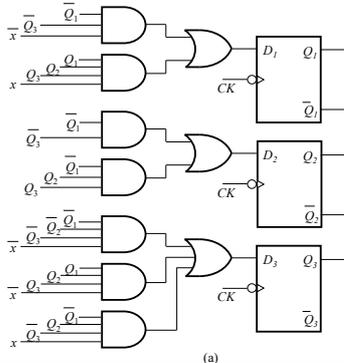
$$Q_2' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_3 + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3$$

$$Q_3' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x$$



順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

(vi) 入力回路の構成

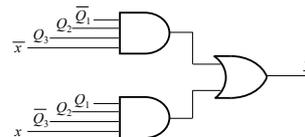


順序回路の実現(冗長な状態が存在する場合)

(vii) 出力方程式の導出

$$y = \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x$$

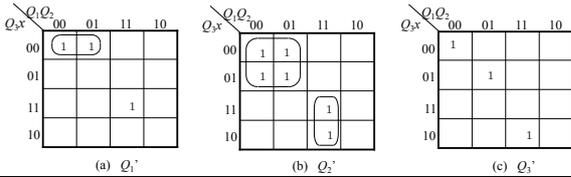
(viii) 出力回路の構成



未定義の状態が使用できる場合

現状態	次状態		出力	
	入力 x	入力 0	入力 1	出力 0 1
① 000	111	010	00	00
② 010	110	011	00	00
③ 011	000	000	10	10
④ 110	000	000	01	01
⑤ 111	011	110	00	00

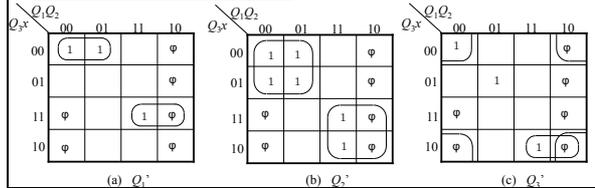
(001), (100), (101)が未定義。
これらをドントケアとしてカルノー図
を書くとき...



未定義の状態が使用できる場合

現状態	次状態		出力	
	入力 x	入力 0	入力 1	出力 0 1
① 000	111	010	00	00
② 010	110	011	00	00
③ 011	000	000	10	10
④ 110	000	000	01	01
⑤ 111	011	110	00	00

(001), (100), (101)が未定義。
これらをドントケアとしてカルノー図
を書くとき...

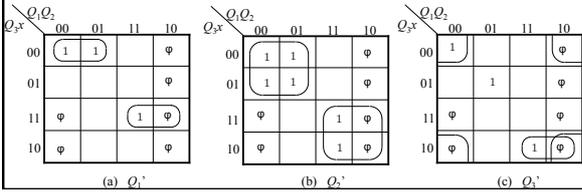


未定義の状態が使用できる場合

$$Q_1' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_3 \cdot x$$

$$Q_2' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_3 + Q_1 \cdot Q_3$$

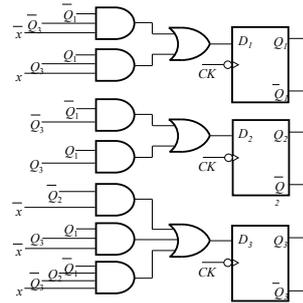
$$Q_3' = \bar{Q}_2 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x$$



未定義の状態が使用できる場合

$$Q_1' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_3 \cdot x \quad Q_2' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_3 + Q_1 \cdot Q_3$$

$$Q_3' = \bar{Q}_2 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x$$

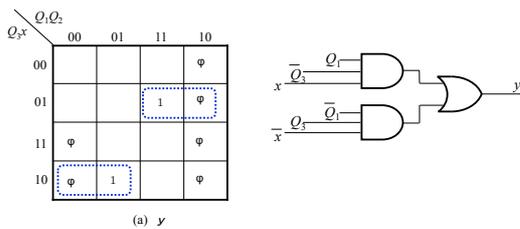


未定義の状態が使用できる場合

出力方程式

$$y = \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x$$

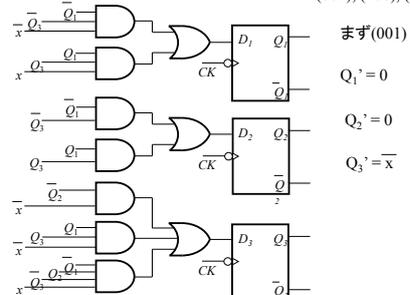
$$\rightarrow y = \bar{Q}_1 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x$$



未定義の状態からはどうなる?

$$Q_1' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_3 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_3 \cdot x \quad Q_2' = \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_3 + Q_1 \cdot Q_3$$

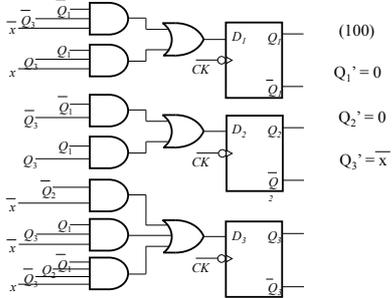
$$Q_3' = \bar{Q}_2 \cdot \bar{x} + Q_1 \cdot Q_3 \cdot \bar{x} + \bar{Q}_1 \cdot Q_2 \cdot \bar{Q}_3 \cdot x \quad (001), (100), (101)が未定義$$



未定義の状態からはどうなる?

$$Q_1' = \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_3} \cdot \overline{x} + Q_1 \cdot Q_3 \cdot x \quad Q_2' = \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_3} + Q_1 \cdot Q_3$$

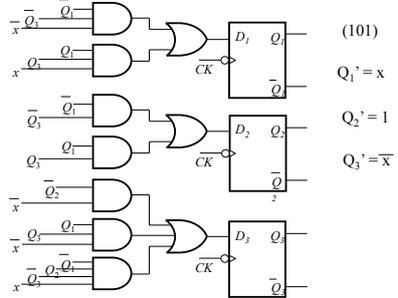
$$Q_3' = \overline{Q_2} \cdot \overline{x} + Q_1 \cdot Q_3 \cdot \overline{x} + \overline{Q_1} \cdot Q_2 \cdot \overline{Q_3} \cdot x \quad (001), (100), (101) \text{が未定義}$$



未定義の状態からはどうなる?

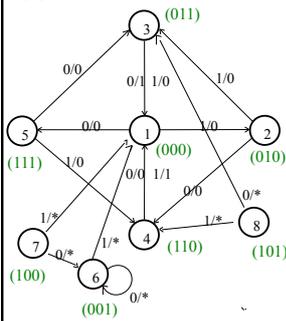
$$Q_1' = \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_3} \cdot \overline{x} + Q_1 \cdot Q_3 \cdot x \quad Q_2' = \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_3} + Q_1 \cdot Q_3$$

$$Q_3' = \overline{Q_2} \cdot \overline{x} + Q_1 \cdot Q_3 \cdot \overline{x} + \overline{Q_1} \cdot Q_2 \cdot \overline{Q_3} \cdot x \quad (001), (100), (101) \text{が未定義}$$



未定義の状態からはどうなる?

(iv) 状態割り当て



現状態	次状態		出力	
	入力 x		入力	
	0	1	0 1	0 1
① 000	111	010	00	
② 010	110	011	00	
③ 011	000	000	10	
④ 110	000	000	01	
⑤ 111	011	110	00	
⑥ 001	0 01	000		
⑦ 100	0 01	000		
⑧ 101	0 11	110		