

論理回路基礎 (第9回)

坂井 修一

東京大学大学院 情報理工学系研究科 電子情報学専攻
東京大学 工学部電気工学科

- 講義の概要と予定
- 一般的な順序回路(1)

講義の概要と予定

- デジタル回路入門
- 論理演算
- 組み合わせ回路の構成法
- 組合せ回路の実例
- フリップフロップ
- 基本的な順序回路
- 一般的な順序回路
- 論理回路の実現
- 記憶回路
- デジタル回路から電子計算機へ

試験: 3月3日(予定)

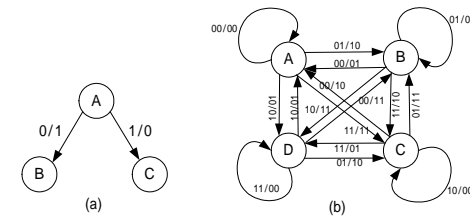
7. 一般的な順序回路

■ 非同期型順序回路と同期型順序回路

	非同期型	同期型
フリップフロップ	ラッチ	(同期式)FF
カウンタ	非同期カウンタ	同期カウンタ
一般の順序回路	非同期型順序回路	同期型順序回路
問題点	ハザード	動作速度が最も遅い回路で決まる

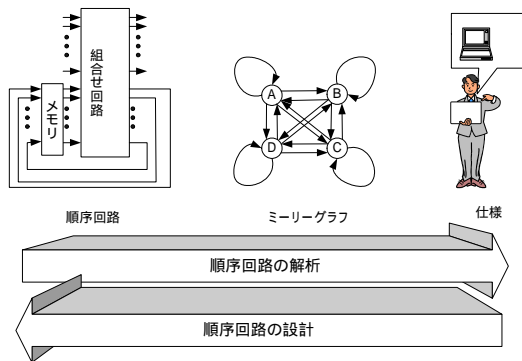
以下では同期型順序回路を扱う。非同期型も同じように構成可能である

7.1 ミーリーグラフ: 順序回路の動作モデル



- 丸印は状態を、矢印は状態の遷移を表す
- 矢印の横の / で区切られた数字は、入力 / 出力の関係を表す
- 状態 A から状態 B に矢印が出ていて、ここに $(I_n, \dots, I_1, I_0) / (O_m, \dots, O_1, O_0)$ が書き込まれているとき、状態 A にあった順序回路が、与えられた入力群 (I_n, \dots, I_1, I_0) に対して、出力群 (O_m, \dots, O_1, O_0) を出して状態 B に遷移することを表す

7.2 順序回路の解析と設計



論理回路基礎

東大・坂井

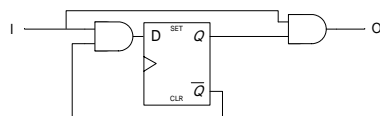
7.3 順序回路の解析法

- 与えられた順序回路の中で、状態を表すフリップフロップに注目する。これが n 個あれば、状態の数は、最大で 2^n である。全部のフリップフロップが一つのレジスタをなしていると考え（これを状態レジスタと呼ぶ）、中身の値を、 S とする
- 入力と状態 S に対して、出力と次の状態がどうなるかを、調べて表にする。これを状態遷移表 (State Transition Table) と呼ぶ
- 状態遷移表から、ミーリーグラフを作る。これは、各状態をノード (丸印) として表現し直し、状態遷移をノード間の として表現し直せばよい
- この順序回路の意味を検討・理解する

論理回路基礎

東大・坂井

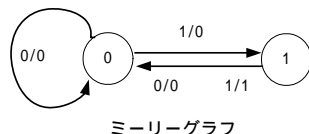
順序回路の解析 (例)



もとの順序回路

状態遷移表

S	I	nextS	O
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	1	0	1



ミーリーグラフ

→ 入力が2クロックの間だけ1になったとき、後半の1クロックの間1を出力する回路

論理回路基礎

東大・坂井

7.4 順序回路の設計法

- 状態遷移図 (ミーリーグラフ) を書く
- 状態遷移図を簡単化する (状態数を減らす) **次回**
- 状態の2進表現を決める **最適化は次回**
- 状態遷移表を書く
- 組合せ回路を設計する

状態が決まれば、カルノー図などを使った組合せ回路の設計となる

論理回路基礎

東大・坂井

7.5 順序回路の例: 信号機 (1)

■ 状態S

- 0: N-Sが緑, E-Wが赤
- 1: N-Sが赤, E-Wが緑

■ 入力(NS, EW)

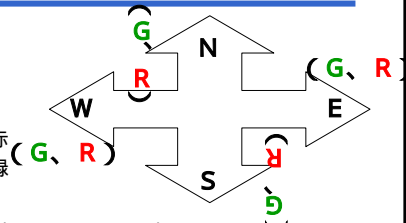
- NS: 南北方向に車が来ているときに1, 来ていないときに0
- EW: 東西方向に車が来ているときに1, 来ていないときに0

■ 出力(ns, ew)

- ns: 南北方向が緑のとき1, 他は0
- ew: 東西方向が緑のとき1, 他は0

■ ルール

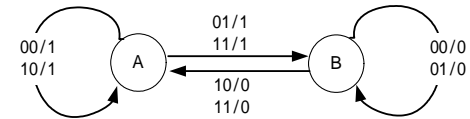
- 今「赤」の方に車が来たら、「赤」「緑」が反転する



論理回路基礎

東大・坂井

ミーリーグラフと状態遷移表



状態遷移表

S	E	N	nextS	O
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1

論理回路基礎

東大・坂井

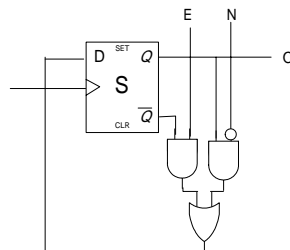
組み合わせ回路の論理式 ~ 順序回路

論理関数:

$$\text{nextS} = S \cdot E + S \cdot N$$

$$O = S$$

順序回路:



論理回路基礎

東大・坂井