OSAKA UNIVERSITY

論理設計
東野担当１回目
授業スライド
１０月７日

基礎工学部情報科学科　東野輝夫

論理設計
担当：東野 輝夫

論理設計の授業について

- 授業は毎週水曜日の４限に実施しますが，新型コロナウイルス感染拡大防止のため，大阪大学の教育支援システムCLE (Collaboration and Learning Environment) を用いて，メディア授業を実施します．授業は昼食時間が長くなったので，当初予定より30分遅く実施で 15:10-16:40に実施します.
- 授業の数日前に授業で説明するパワーポイントの資料（pdfファイル）をCLE にアップします．また，当日の12:30にメディア授業のビデオと演習課題をアップします.
- 演習課題の解答も CLE からアップしてください（前期とやり方は同じです）．各自で紙に解答を書いてスマホなどで撮影して電子化しても構いませんし，wordなどで解答を作成してもらっても構いません．各自やりやすい形で電子化して解答をアップしてください.

質問について

- メールで随時問い合わせや質問にお答えしますので，何かあれば，higashino@ist.osaka-u.ac.jp までメールで質問して下さい.
- また、時間を決めてZoomなどを用いて質問にお答えすることも可能ですので、まずはメールで疑問点や問い合わせ事項などを連絡して下さい。

お願い

本テキストや授業のビデオなどの電子ファイルを他人に転送したり、ネットへアップロードすることなどを禁止します。

著作権保護

- この授業のテキスト（教科書）や授業スライド、授業ビデオの著作権保護に努めて下さい.
- この授業のビデオやスナップショットを録画したり，それらを他の人に転送したり，インターネット上で公開したりすることを禁止します.
- この授業で利用するスライドにはオーム社の教科書の図などが含まれているので，著作権保護の観点から，この授業スライドの公開につながる行為は謹んでください.
- 来年度は CLE を使ったメディア授業でなく，対面の授業ができることを期待していますが，今年度の演習課題の解答が事前に公開されたりすると，来年度の授業で同じ演習課題が使えなくなり，授業テキストの大幅な修正が必要になるため，協力をお願いします.

論理設計の授業テキスト

本テキストや授業のビデオなどの電子ファイルを他人に転送したり、ネットへアップロードすることなどを禁止します。

- 東野担当の論理設計の授業では，前期の情報数学基礎の授業で使った以下の教科書を使います．
- 前期の情報数学基礎の授業を受けずに，後期にこの授業を受講する人は，下記の教科書を使いますので，準備ください．

  - 今井正治（著，編集）「OHM大学テキスト 論理回路」オーム社
  - 定価：2,808 円(本体2,600 円＋税)
  - ISBN 978-4-274-21806-4
  - http://shop.ohmsha.co.jp/shopdetail/000000004801/

目　次

1章 論理回路と数値表現

1-1 論理回路の初歩　1
1-2 数値表現　6
演習問題　14

2章 論理関数とブール代数

2-1 論理関数　16
2-2 ブール代数　24
演習問題　29

3章 論理関数の標準形

3-1 積和形と和積形　30
3-2 標準形　31
3-3 シャノン展開　31
3-4 ブール形の展開　36
演習問題　38

4章 論理関数の性質

4-1 完全系　39
4-2 双対関数　41
4-3 双対形　44
4-4 双対定理　46
演習問題　47

5章 カルノー図を用いた論理式の簡単化

5-1 最簡積和形　49
5-2 カルノー図　50
5-3 カルノー図を用いた簡単化　51
5-4 論理設計例　57
演習問題　59

6章 ドントケアを含む論理関数の簡単化

6-1 ドントケアを含む論理関数の簡単化　60
6-2 クワイン・マクラスキー法　64
6-3 最簡和積形　69
演習問題　71

前期の情報数学基礎の授業で1章から5章の内容を説明（詳しく知りたい人は論理設計のCLEに授業のビデオをアップしたので，それを視聴してください）

10月中視聴可能です

OSAKA UNIVERSITY

7章 組合せ論理回路設計

7-1 組合せ論理回路と論理ゲート 72
7-2 組合せ論理回路の実現 73
7-3 組合せ回路の設計法 76
演習問題 82

8章 よく用いられる組合せ回路

8-1 2進デコーダ 84
8-2 2進エンコーダ 85
8-3 マルチプレクサ 86
8-4 比較回路 87
8-5 パリティ生成 88
演習問題 90

9章 加減算器とALU

9-1 逐次桁上げ加算器 92
9-2 逐次桁上げ加算器の遅延時間 93
9-3 桁上げ先見加算器 96
9-4 桁上げ先見加算器の遅延時間 99
9-5 加減算器 101
9-6 2進化10進加算器 103
9-7 算術論理ユニット（ALU） 105
演習問題 109

10章 フリップフロップとレジスタ

10-1 フリップフロップの動作原理 111
10-2 SRラッチ 112
10-3 Dラッチ 114
10-4 Dフリップフロップ 116
10-5 レジスタ 118
10-6 レジスタファイル 119
10-7 バス 120
演習問題 123

11章 同期式順序回路

11-1 順序回路 127
11-2 自動券売機の例 128
11-3 状態遷移図と状態遷移表 130
11-4 Mealy型順序機械とMoore型順序機械 131
11-5 順序回路の設計の流れ 132
演習問題 139

12章 順序回路の簡単化と順序回路の例

12-1 順序回路の簡単化 141
12-2 Mealy型順序機械とMoore型順序機械の変換方法 146
12-3 順序回路の例 148
演習問題 156

OSAKA UNIVERSITY

13章 カウンタ

13-1 カウンタとは 157
13-2 2^n 進カウンタ 158
13-3 2^n 以外の周期をもつカウンタ 162
13-4 リングカウンタ 167
13-5 ジョンソンカウンタ 168
13-6 グレイコードカウンタ 170
演習問題 172

14章 乗算器と除算器

14-1 表記法 173
14-2 乗算器の種類 174
14-3 逐次形乗算器 175
14-4 アレイ形乗算器 177
14-5 ツリー形乗算器 180
14-6 符号付き数の乗算 182
14-7 除算器の種類 182
14-8 引き戻し法にもとづく除算器 183
14-9 引き放し法にもとづく除算器 185
14-10 引き放し法にもとづくアレイ形除算器 188
14-11 符号付き数の除算 190
演習問題 191

15章 ICを用いた順序回路の実現

15-1 簡単な電卓の設計 193
15-2 Moore 型順序回路としての実現 199
15-3 マイクロプログラム方式による実現 202
15-4 簡単な自動販売機の制御部の設計 205
演習問題 208

付録 CPU の設計

A-1 設計する CPU の概要 209
A-2 CPU の実現法 216
演習問題 222

演習問題解答 223
参考文献 248
索引 249

授業の詳細情報

- 授業の詳細情報
  - １年次及び２年次１学期で学んだ論理設計の基礎の続きとして，論理関数の性質や論理設計の方法について説明する．近年のハードウェア設計技術の発展に伴い，高機能なマイクロプロセッサーやＡＳＩＣ回路の開発が行われ，様々な分野で利用されている．本講義では，このような論理回路の設計・開発に必要な基本的な考え方を説明する．特に，論理関数順序機械の基本的な性質，加減算器，乗除算回路，ＩＣを用いた順序回路の実現法，ＣＰＵの設計法などについて講義する．
- 学習目標
  - 自動販売機やＣＰＵの動作の仕組みを理解し，それらの論理回路の設計法を修得すること.
- 授業外学習
  - 授業時に演習課題を与え，自宅で実際にそれらの課題を解くことにより，内容の理解を深められるようにする予定である.
- 試験と成績判定
  - 中間試験と期末試験の２回試験を CLE 上で実施します．また，適宜レポート課題を出します．レポートは期限（授業の次の週の火曜日の23:59）迄に解答を CLE に提出してください． ２回の試験とレポート課題の成績の合計点で成績判定します.
- 授業の資料は授業の数日前に，授業のビデオは当日12:30にアップします.

授業計画

2年生後期の実験と
関係が深いので
順番を入れ替えて
先に授業を実施します

- 授業計画：東野担当の授業計画は下記の通りです．
  1. ドントケアを含む論理関数の簡単化（６章）
  2. フリップフロップとレジスタ（１０章）
  3. 同期式順序回路（Mealy型, Moore型順序回路）（１１章）
  4. カルノー図を用いた論理関数の簡単化（１章から５章の復習）
  5. 組合せ論理回路設計、よく用いられる組み合わせ回路（７章，８章）
  6. 加減算器とALU、カウンタ（９章，１３章）
  7. 演習
  8. 中間試験（１章～１１章，１３章）
  9. 順序回路の簡単化（１２章）
  10. ＩＣを用いた順序回路の実現（１５章）
  11. 演習
  12. ＣＰＵの設計（付録）
  13. ＣＰＵの設計，演習
  14. 乗算器と除算器（１４章）
  15. 期末試験（１２章，１４章，１５章，付録）

授業担当教員紹介

教授　Teruo Higashino
東野 輝夫｜ひがしの てるお

- 情報ネットワーク学専攻
- モバイルコンピューティング講座

研究テーマ・概要

モバイル・ユビキタスコンピューティング

私どもの研究室では、モバイル・ユビキタスコンピューティングに関するさまざまな研究を行っています。
具体的には、スマートフォンやモバイル端末を活用した人々の位置行動推定や状況把握技術、群衆センシング技術、コンテキストアウェアサービスの設計開発、多数のセンサー連携によるセンシングシステム設計技術、無線センサネットワークや車車間ネットワークによるデータプローブなど、アルゴリズムからサービス・アプリケーションの設計開発まで幅広く行っています。
また、災害時医療支援システムや都市省エネルギーシステム、高度交通システムなど次世代の社会システムを対象とした研究も実施しています。さらに、サイバー・フィジカル・システムやビッグ・データ・サイエンスの研究を推進し、メガオーダーのセンサーからのセンシング情報を活用したスマートシティ構築に関する研究も行っています。これらの研究を通して、豊かで高信頼な情報社会の実現を目指しています。

第６章
ドントケアを含む論理関数の簡単化

OSAKA UNIVERSITY

第６章　ドントケアを含む論理関数の簡単化

- この章のねらい

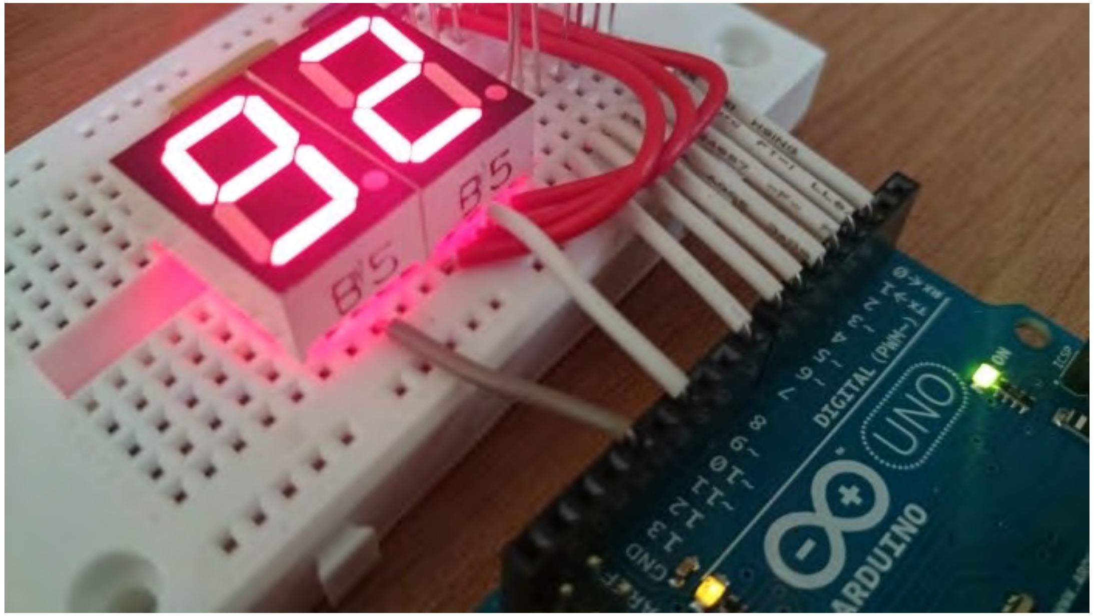
6章 ドントケアを含む論理関数の簡単化

２章で学んだように，論理関数には禁止入力という想定されていない入力の組合せがある．このような入力は与えられないものと仮定して論理回路を設計する場合，禁止入力に対する論理関数の出力は０でも１でもかまわないドントケアとなる．本章では，カルノー図を用いてドントケアを含む論理関数の簡単化を学ぶ．計算機による多変数論理関数の簡単化に適したクワイン・マクラスキー法についても学ぶ．

7 セグメントデコーダ

- 電卓はどうやって「9」や「2」の数字を表示しているの？

ダイオードは
片方向にのみ
電流が流れる



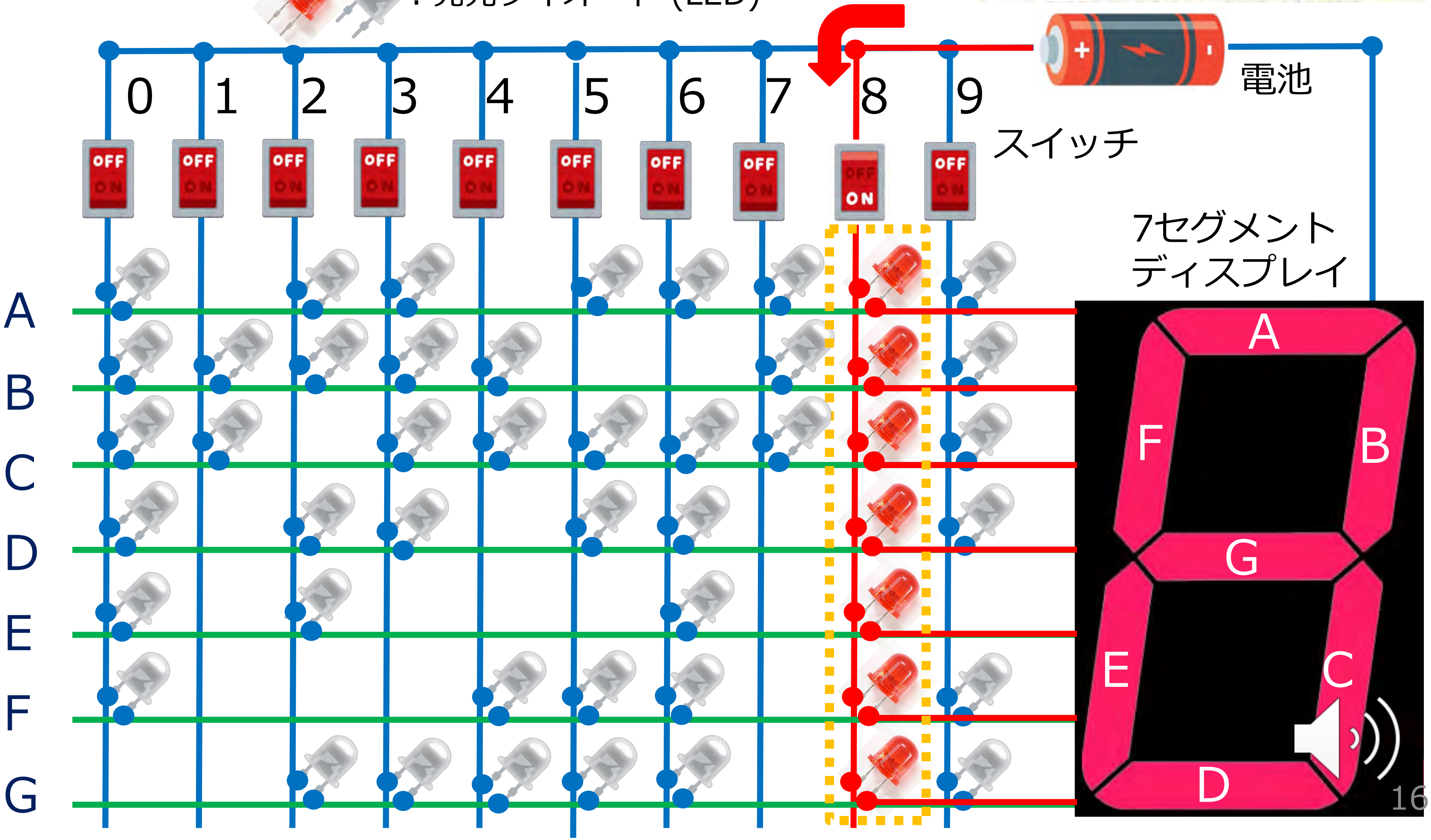
7セグメントLED

LED (発光ダイオード)

動作の仕組み？

数字の 8 は A~G のすべての LED を点灯

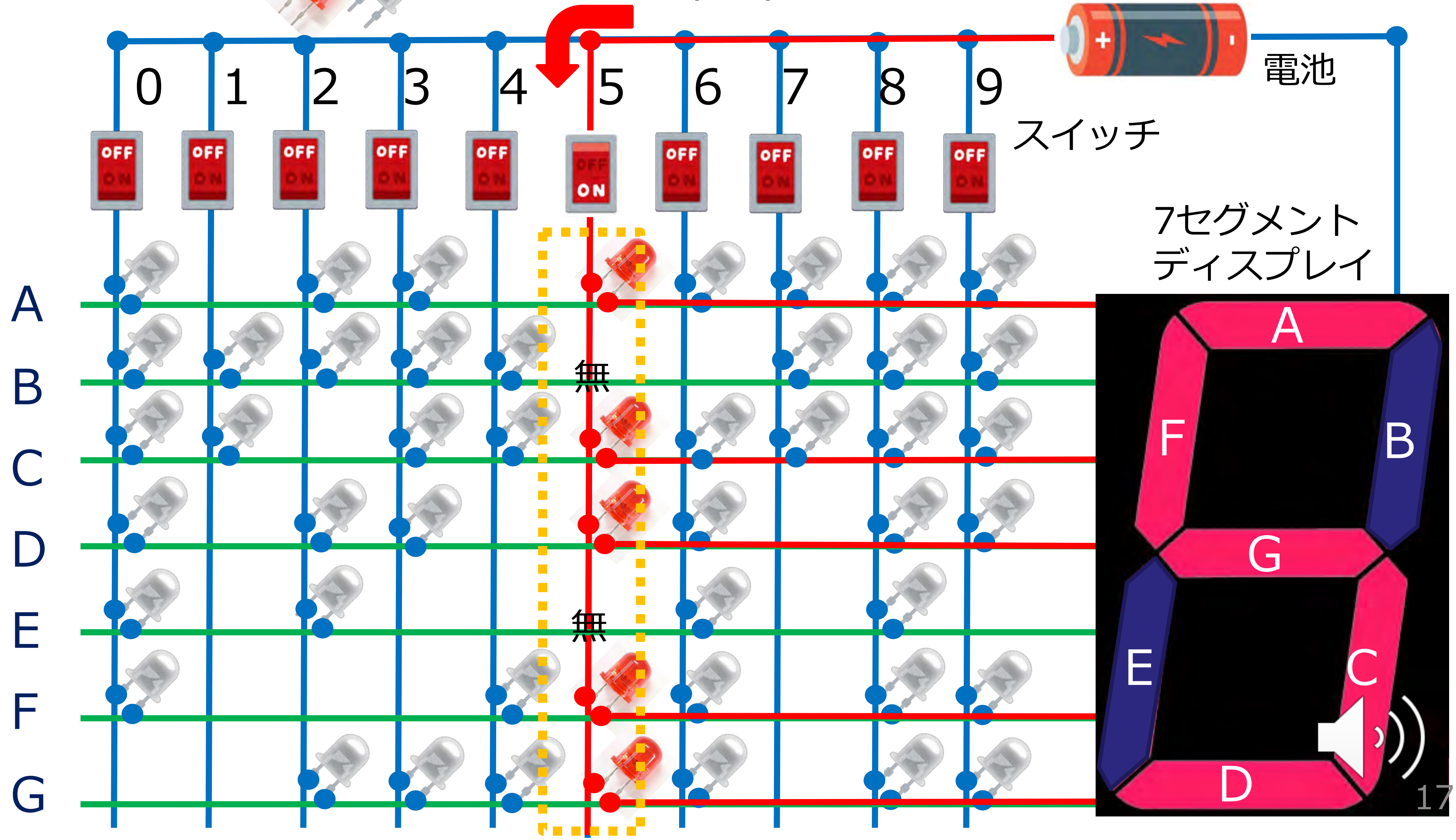
：発光ダイオード (LED)



動作の仕組み？

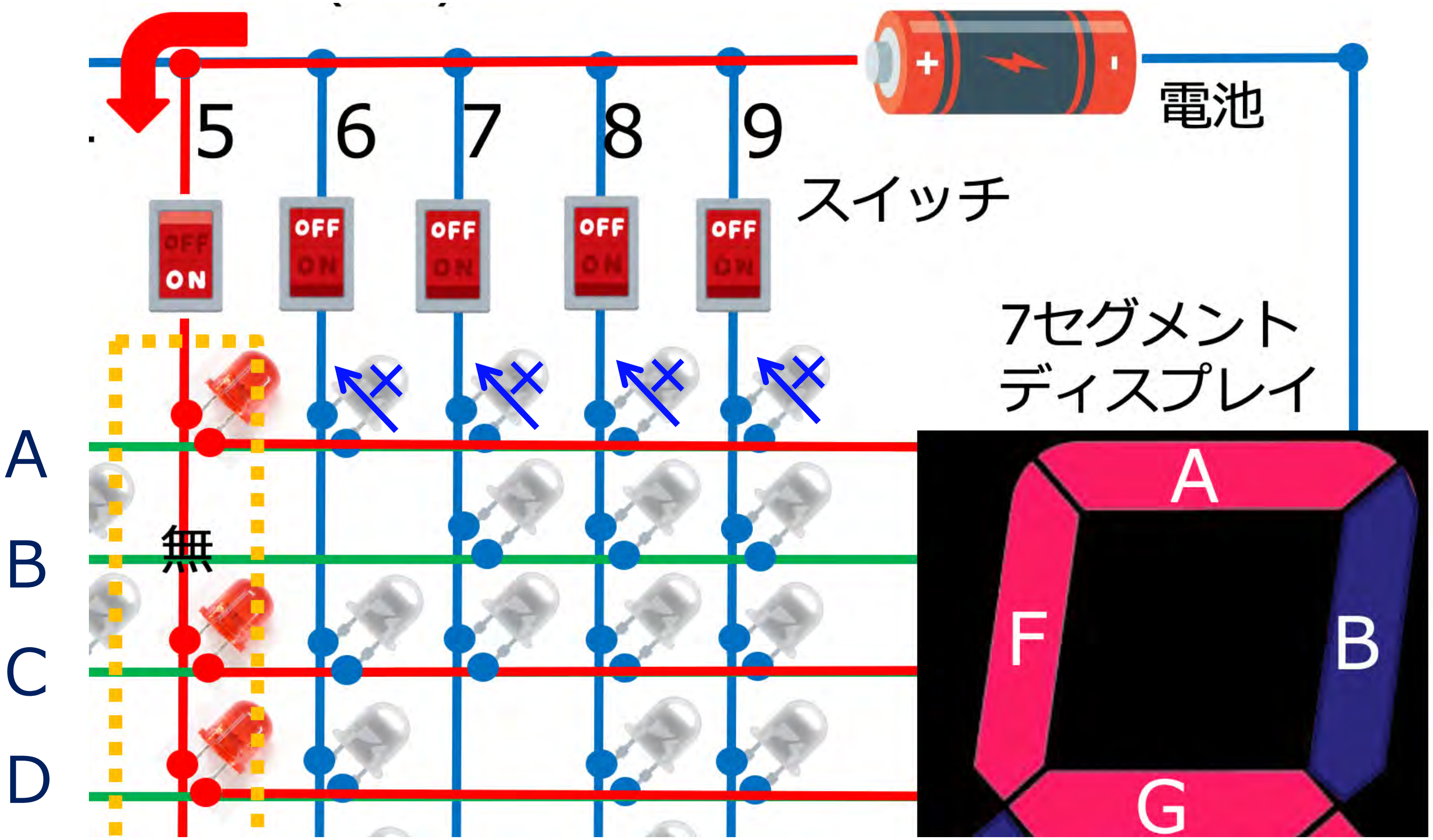
数字の 5 は B, E 以外のすべての LED を点灯

：発光ダイオード (LED)



ダイオードの特性

- 発光ダイオードは普通の電球と異なり，片方向にしか電流がながれない．このため，５から A の線に流れた電流は (6,A), (7,A), (8,A), (9,A) の発光ダイオードで逆方向に流れないことに注意．電球のように逆方向にも流れたら，B にも電流が流れてしまう．５から C, D の線に流れた電流も同じ．



論理設計例

- 実用的な論理回路として，7 セグメントデコーダを設計する．図5·10 に示した 7 セグメントLED は，電卓や時計等で数字の表示によく用いられる．
- 7 セグメントデコーダは，入力した4 ビットの2 進数 (x_3,x_2,x_1,x_0) に対して，a から g の各セグメントLED の発光を制御する論理信号$(f_a, f_b, f_c, f_d, f_e, f_f, f_g)$を出力し，10 進 1 桁の数字を表示する．
- ただし，ここでは 10 進数で 10 以上の数値が入力されると，これらの論理信号はすべて 0 となり，LED は発光しないものとする．

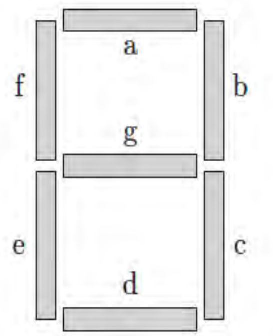
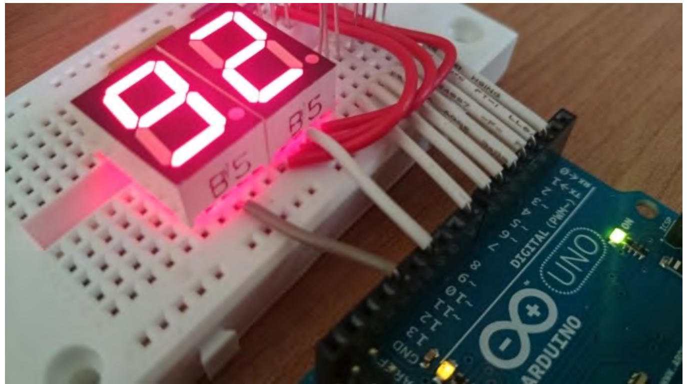
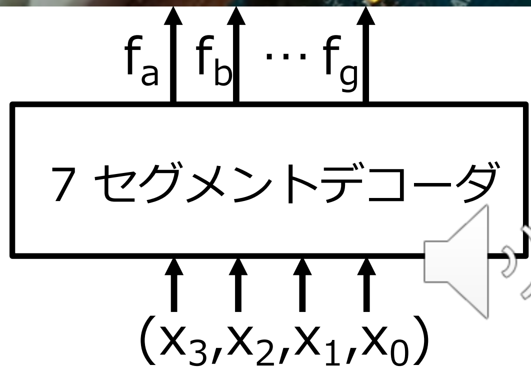


図 5 · 10　7 セグメント LED





論理設計例

- この 7 セグメントデコーダの真理値表は表5･2 となる．0 から 9 の数字を表示するために光る必要があるセグメントLED を考えることで真理値表が得られる．
- 得られた真理値表を用いて，例として f_a の最簡積和形を求める．そのカルノー図を 図5･11 に示す．f_a の最簡積和形は，

  (a) $f_a = \bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_2 x_0 \vee x_3 x_2 x_1 \vee \bar{x}_3 x_1$

  (b) $f_a = \bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_2 x_0 \vee x_3 x_2 x_1 \vee \bar{x}_3 x_1$

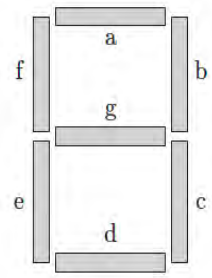
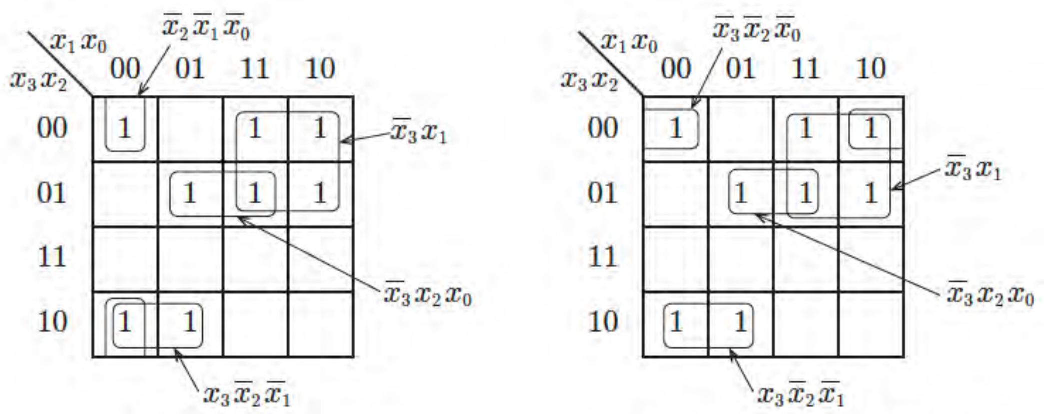


図 5・10 7 セグメント LED

表 5・2 7 セグメントデコーダの真理値表

x_3	x_2	x_1	x_0	f_a	f_b	f_c	f_d	f_e	f_f	f_g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0



（a） f_a のカルノー図　（b） f_a のカルノー図

図 5・11 7 セグメントデコーダの出力信号のカルノー図

7 セグメントデコーダ

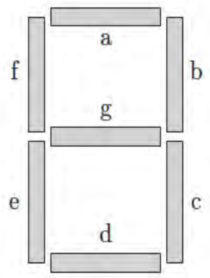
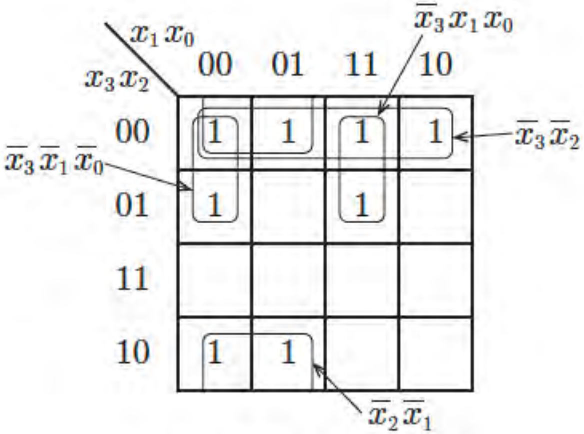


図 5・10　7 セグメント LED

- この 7 セグメントデコーダの真理値表は表5·2 となる．0 から 9 の数字を表示するために光る必要があるセグメントLED を考えることで真理値表が得られる．
- 得られた真理値表を用いて，例として f_b の最簡積和形を求める．そのカルノー図を 図5·11 に示す．f_b の最簡積和形は，

  （c）$f_b = \bar{x}_2\bar{x}_1 \vee \bar{x}_3\bar{x}_2 \vee \bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_1 x_0$



（c）f_b のカルノー図

図 5・11　7 セグメントデコーダの出力信号のカルノー図

表 5・2　7 セグメントデコーダの真理値表

x_3	x_2	x_1	x_0	f_a	f_b	f_c	f_d	f_e	f_f	f_g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

ドントケアを含む論理関数の簡単化

- ドントケアを含む論理関数の例として，5 章で取り上げた 7 セグメントデコーダを考える．5 章では 10 以上の数値の入力に対して出力変数を 0 としたが，10 以上の数値を禁止入力と考えると，これらに対する出力はドントケアとなる．ドントケアを X と示した真理値表 を 表6·1 に示す．

表 6・1 ドントケアを含む 7 セグメントデコーダの真理値表

x_3	x_2	x_1	x_0	f_a	f_b	f_c	f_d	f_e	f_f	f_g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X
1	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X
1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X
1	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X
1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X
1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X

ドントケアを含む論理関数の簡単化

- ドントケアを含む論理式の簡単化では，ドントケアを都合よく解釈して，より簡単な最簡積和形を求める．
- ドントケアは 0, 1 のいずれでもよいので，より好ましい最簡積和形が求まるように 0, 1 を割り当てることになる．これを実現するための簡単化の手続きは以下のようになる．
  - ステップ1：論理関数 f のすべての主項を求める
    - ポイント1：ドントケア X を 1 と考えて主項を生成する．より大きなループ，つまりリテラル数の少ない積項が作れることを期待
  - ステップ2：論理関数 f のすべての最小項を最小数の主項で覆う（最小被覆）
    - ポイント2：最小項の 1 は必ず被覆するが，X は被覆してもしなくてもよい． 被覆した部分は 1 が割り当てられ，被覆しなかった部分は 0 が割り当てられることになる
  - ただし，X のみを被覆するループは主項の被覆に選択しない

例題6・1

- 図6·1 のカルノー図で示されている論理関数 *f* を最小化せよ
  - ステップ 1
  - ステップ 2

x_3x_2 \ x_1x_0	00	01	11	10
00	X			X
01		X		1
11	1	1	X	1
10	X	1	X	X

図 6・1 例題 6.1 のカルノー図

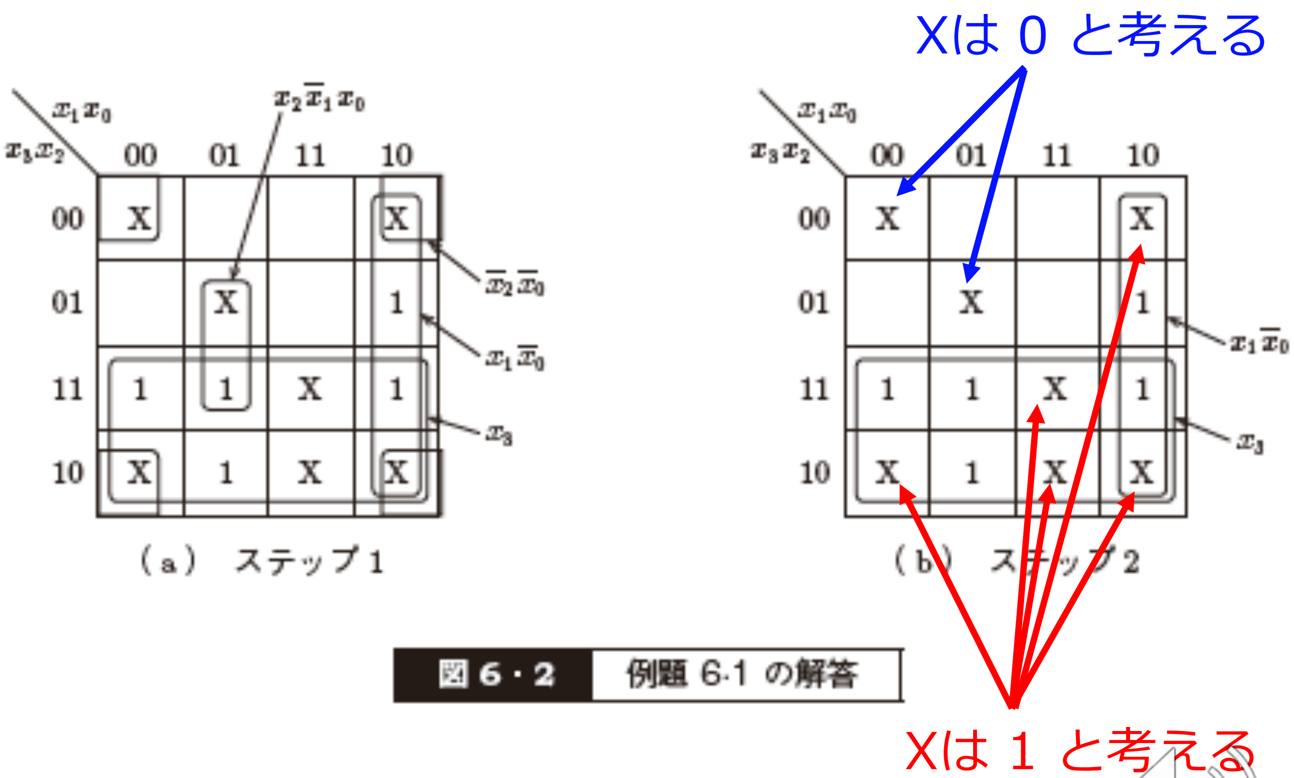


図 6・2 例題 6.1 の解答

最小被覆の求め方

- 最小被覆：論理関数 f のすべての最小項を最小数の主項で覆うこと
- ある最小項を被覆している主項が一つしかないとき，その主項を 必須主項（あるいは必須項，essential prime implicant）と呼び，その最小項を 特異最小項 と呼ぶ.
- 主項 A と B の間に次の条件が成立するとき，B は A に支配されているという
  - 条件1：A に含まれる最小項の集合 ⊇ B に含まれる最小項の集合
  - 条件2：A のリテラル数 ≤ B のリテラル数（ A のループ ≧ B のループ）

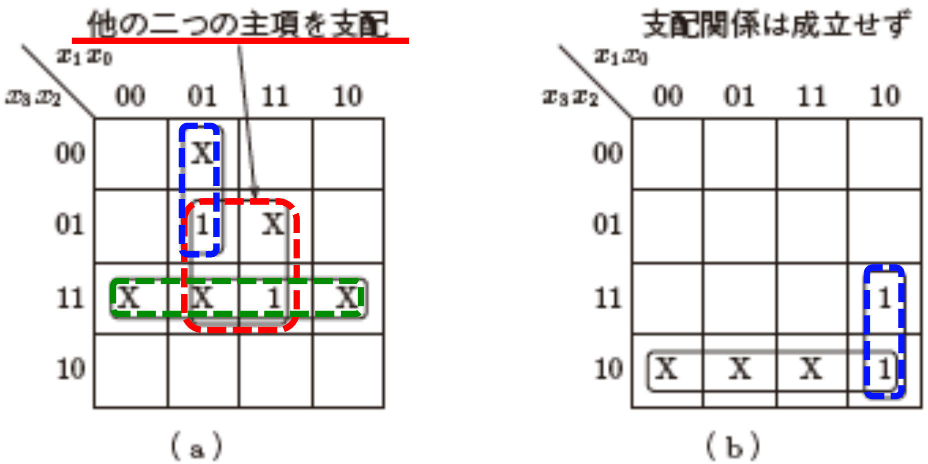


図6・3 主項の支配関係の例

最小被覆の求め方

- 必須主項と主項の支配関係を用いると，最小被覆を求める手続きは以下のようになる
  - ステップ1：必須主項をすべて探し出し，最小被覆に含める
  - ステップ2：必須主項が被覆していた部分をすべてドントケアにする
  - ステップ3：他の主項に支配されている主項をすべて探し出して除去する
  - ステッ プ1 に戻る（変化がなくなったとき終了する）

例題6・2

- 図6·4 のカルノー図に対して，必須主項と主項の支配関係に注目して最小被覆を求め，最簡積和形を示せ

x_3x_2 \ x_1x_0	00	01	11	10
00	1			
01	1	1	1	
11	1		1	1
10				

図 6・4　例題 6·2 のカルノー図

例題6・2

- 図6·5(a)に主項をすべて列挙したカルノー図を示す
- カルノー図に含まれる最小項の中で $(x_3, x_2, x_1, x_0) = (0, 0, 0, 0)$ が特異最小項．この特異最小項を含む主項が必須主項．最小被覆に含める（ステップ1）
- 次に図6·5(b)のように必須主項が被覆していた最小項をドントケアに置き換える（ステップ2）
- 残された主項の中で他の主項に支配されている主項を見つける．この例では，点線のループで示した二つの主項が他の主項に支配されており，主項から取り除く（ステップ3）
- 再び必須主項を探すと図6·5(c)のように 2 つ見つかる（ステップ1）．必須主項をドントケアに置き換える（ステップ 2）．図6·5(d)で，残された二つの主項はいずれを選択してももう一方の主項を支配するので，一方を選択することで最小被覆が求まる．
- 最簡積和形は，

$$\bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3x_2x_0 \vee x_3x_2\bar{x}_0 \vee x_2x_1x_0$$

または $$\bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3x_2x_0 \vee x_3x_2\bar{x}_0 \vee x_3x_2x_1$$

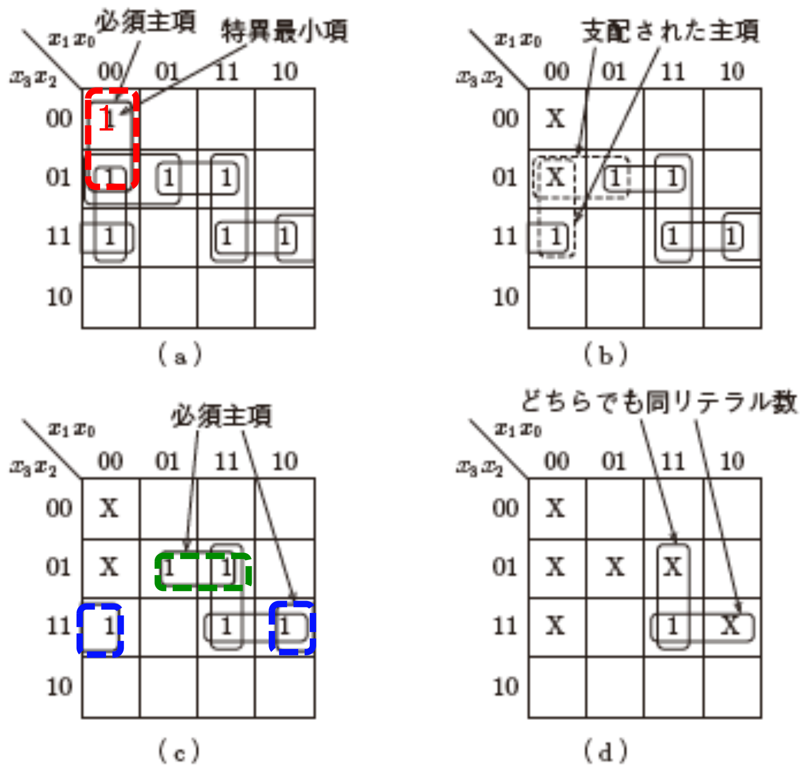


図6・5 例題 6·2 の解答

クワイン・マクラスキー法

キューブ表現

- 主項の生成に積項のキューブ表現を用いる．論理変数 x_i に対する係数a_i を考え，a_i =1, 0, - のときにそれぞれ x_i, $\bar{x}_i$, 1 を表現するものとする．積項に対する係数の列挙$a_1a_2,\cdots,a_n$ を積項のキューブ表現と呼ぶ（n は論理変数の数）．
- 例えば 4 変数の論理関数において積項 $x_3x_2\bar{x}_1x_0$ のキューブ表現は 1101，x_2x_1 のキューブ表現は -11- である．
- 二つの積項のキューブ表現において (n−1) か所が同じで 1 か所だけが 0/1 と異なっているとき，これらの積項はカルノー図上で隣接している．これらの隣接した積項の論理和のキューブ表現は，異なっていた箇所を - に置き換えたものになる．この操作をキューブの併合という．
- 例えば，1-10 と1-00 を併合すると，1--0 となる．これは

  $$x_3x_1\bar{x}_0 \vee x_3\bar{x}_1\bar{x}_0 = x_3\bar{x}_0$$

  に相当する．

OSAKA UNIVERSITY

クワイン・マクラスキー法

すべての主項を求める手続き

- ステップ1：すべての最小項に対してキューブ表現を求める．キューブに含まれる 1 の個数によって昇順にグループ分けし，第一段階のリストを生成する．
- ステップ2：リストの第一グループに含まれるキューブと第二グループに含まれるキューブを比較し 1 か所だけ異なる場合には，それらのキューブにチェックを付ける．それらを併合して得られるキューブを次の段階のリストの第一グループに入れる．
- 同様に第二グループと第三グループに対して比較し，併合結果は次の段階のリストの第二グループに入れる．この隣どうしのグループに対する比較・併合を最後のグループまで行う．
- ステップ3：次の段階のリストにグループが二つ以上あれば，ステップ2 に戻る．
- ステップ4：チェックのついていないキューブが主項である．

x_3	x_2	x_1	x_0	f_a
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

表 5・2 7 セグメントデコーダの真理値表

第一段階のリスト

	x_3	x_2	x_1	x_0	最小項	
第一グループ	0	0	0	0	(0)	v
第二グループ	0	0	1	0	(2)	v
	1	0	0	0	(8)	v
第三グループ	0	0	1	1	(3)	v
	0	1	0	1	(5)	v
	0	1	1	0	(6)	v
	1	0	0	1	(9)	v
第四グループ	0	1	1	1	(7)	v

クワイン・マクラスキー法（例題6・3）

<u>すべての主項を求める手続き</u>

- <u>ステップ1</u>：すべての最小項に対してキューブ表現を求める．キューブに含まれる 1 の個数によって昇順にグループ分けし，第一段階のリストを生成する．
- <u>ステップ2</u>：リストの第一グループに含まれるキューブと第二グループに含まれるキューブを比較し 1 か所だけ異なる場合には，それらのキューブにチェックを付ける．それらを併合して得られるキューブを次の段階のリストの第一グループに入れる．
- 同様に第二グループと第三グループに対して比較し，併合結果は次の段階のリストの第二グループに入れる．この隣どうしのグループに対する比較・併合を最後のグループまで行う．
- <u>ステップ3</u>：次の段階のリストにグループが二つ以上あれば，ステップ2 に戻る．
- <u>ステップ4</u>：チェックのついていないキューブが主項である．

第一段階のリスト

	x_3	x_2	x_1	x_0	最小項	
第一グループ	0	0	0	0	(0)	v
第二グループ	0	0	1	0	(2)	v
	1	0	0	0	(8)	v
第三グループ	0	0	1	1	(3)	v
	0	1	0	1	(5)	v
	0	1	1	0	(6)	v
	1	0	0	1	(9)	v
第四グループ	0	1	1	1	(7)	v

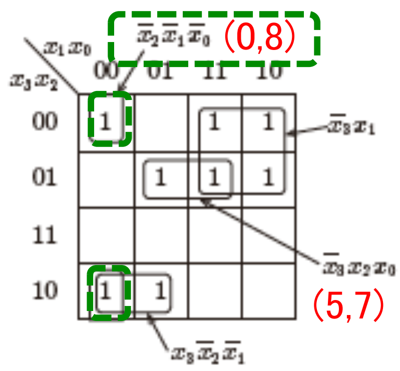
第二段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項	
0	0	−	0	(0, 2)	
−	0	0	0	(0, 8)	
0	0	1	−	(2, 3)	v
0	−	1	0	(2, 6)	v
1	0	0	−	(8, 9)	
0	−	1	1	(3, 7)	v
0	1	−	1	(5, 7)	
0	1	1	−	(6, 7)	v

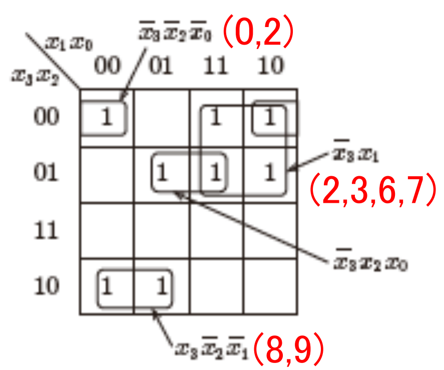
第三段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	−	1	−	(2, 3, 6, 7)

図 6・6　例題 6.3 の主項の生成



（a）f_a のカルノー図



（b）f_a のカルノー図

クワイン・マクラスキー法（例題6・3）

OSAKA UNIVERSITY

すべての主項を求める手続き

- ステップ1：すべての最小項に対してキューブ表現を求める．キューブに含まれる 1 の個数によって昇順にグループ分けし，第一段階のリストを生成する．
- ステップ2：リストの第一グループに含まれるキューブと第二グループに含まれるキューブを比較し 1 か所だけ異なる場合には，それらのキューブにチェックを付ける．それらを併合して得られるキューブを次の段階のリストの第一グループに入れる．
- 同様に第二グループと第三グループに対して比較し，併合結果は次の段階のリストの第二グループに入れる．この隣どうしのグループに対する比較・併合を最後のグループまで行う．
- ステップ3：次の段階のリストにグループが二つ以上あれば，ステップ2 に戻る．
- ステップ4：チェックのついていないキューブが主項である．

第一段階のリスト

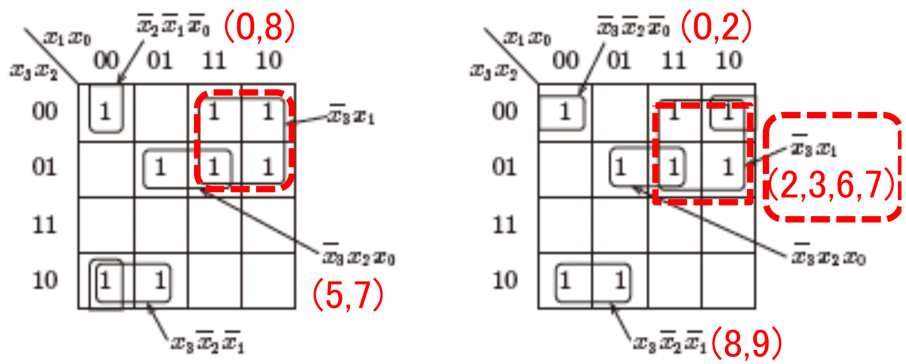
	x_3	x_2	x_1	x_0	最小項	
第一グループ	0	0	0	0	(0)	v
第二グループ	0	0	1	0	(2)	v
	1	0	0	0	(8)	v
第三グループ	0	0	1	1	(3)	v
	0	1	0	1	(5)	v
	0	1	1	0	(6)	v
	1	0	0	1	(9)	v
第四グループ	0	1	1	1	(7)	v

第二段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項	
0	0	−	0	(0, 2)	
−	0	0	0	(0, 8)	
0	0	1	−	(2, 3)	v
0	−	1	0	(2, 6)	v
1	0	0	−	(8, 9)	
0	−	1	1	(3, 7)	v
0	1	−	1	(5, 7)	
0	1	1	−	(6, 7)	v

第三段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	−	1	−	(2, 3, 6, 7)



（a） f_a のカルノー図　（b） f_a のカルノー図

図 6・6　例題 6.3 の主項の生成

クワイン・マクラスキー法（例題6・3）

すべての主項を求める手続き

- ステップ1：すべての最小項に対してキューブ表現を求める．キューブに含まれる 1 の個数によって昇順にグループ分けし，第一段階のリストを生成する．
- ステップ2：リストの第一グループに含まれるキューブと第二グループに含まれるキューブを比較し 1 か所だけ異なる場合には，それらのキューブにチェックを付ける．それらを併合して得られるキューブを次の段階のリストの第一グループに入れる．
- 同様に第二グループと第三グループに対して比較し，併合結果は次の段階のリストの第二グループに入れる．この隣どうしのグループに対する比較・併合を最後のグループまで行う．
- ステップ3：次の段階のリストにグループが二つ以上あれば，ステップ2 に戻る．
- ステップ4：チェックのついていないキューブが主項である．

第一段階のリスト

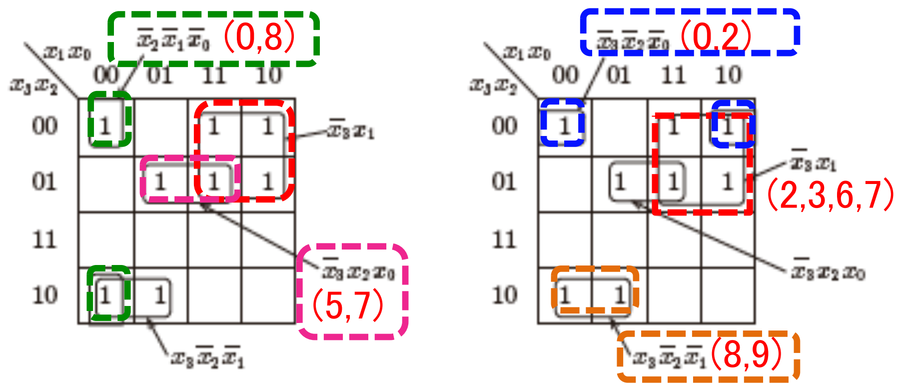
	x_3	x_2	x_1	x_0	最小項	
第一グループ	0	0	0	0	(0)	v
第二グループ	0	0	1	0	(2)	v
	1	0	0	0	(8)	v
第三グループ	0	0	1	1	(3)	v
	0	1	0	1	(5)	v
	0	1	1	0	(6)	v
	1	0	0	1	(9)	v
第四グループ	0	1	1	1	(7)	v

第二段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項	
0	0	–	0	(0, 2)	
–	0	0	0	(0, 8)	
0	0	1	–	(2, 3)	v
0	–	1	0	(2, 6)	v
1	0	0	–	(8, 9)	
0	–	1	1	(3, 7)	v
0	1	–	1	(5, 7)	
0	1	1	–	(6, 7)	v

第三段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	–	1	–	(2, 3, 6, 7)



（a） f_a のカルノー図　（b） f_a のカルノー図

図 6・6　例題 6-3 の主項の生成

最小被覆

主項表

- 次に主項表を用いて関数の最小項の最小被覆を求める．主項表では主項を縦軸に，論理関数の最小項を横軸に並べる．主項はリテラル数が少ないものを上に記載する

例題6・4

- 例題6・3 で求めた f_a の主項表を示せ
- 特異最小項は 3, 5, 6, 9
- それらを被覆する $\bar{x}_3 x_1$（3, 6 を被覆）$x_3 \bar{x}_2 \bar{x}_1$（9 を被覆），$\bar{x}_3 x_2 x_0$（5 を被覆）が必須主項（必須項）

主項	最小項 0	2	3	5	6	7	8	9
$\bar{x}_3 x_1$		1	1		1	1		
$\bar{x}_3 \bar{x}_2 \bar{x}_0$	1	1						
$\bar{x}_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0$	1						1	
$x_3 \bar{x}_2 \bar{x}_1$							1	1
$\bar{x}_3 x_2 x_0$				1		1		

図 6・7 例題 6.4 の主項表

最小被覆

最小被覆の求め方

- ステップ1：必須行（必須項の行）をすべて探し出し，最小被覆に含めたのち，表から除去する．必須行に被覆されている列も除去する（列 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 が除去され列 0 のみが残る）．
- ステップ2：列 r が 1 をもつすべての行に列 s が 1 を持つとき，列 s は列 r を支配するという．他の行に支配されている行をすべて探し出して除去する．
- ステップ3：他の列を支配している列をすべて探し出して除去し，ステップ1 に戻る．

	主項 \ 最小項	0	2	3	5	6	7	8	9
必須	$\overline{x}_3 x_1$		1	1		1	1		
	$\overline{x}_3 \overline{x}_2 \overline{x}_0$	1	1						
	$\overline{x}_2 \overline{x}_1 \overline{x}_0$	1						1	
必須	$x_3 \overline{x}_2 \overline{x}_1$							1	1
必須	$\overline{x}_3 x_2 x_0$				1		1		

（a）

	主項 \ 最小項	0
支配	$\overline{x}_3 \overline{x}_2 \overline{x}_0$	1
	$\overline{x}_2 \overline{x}_1 \overline{x}_0$	1

（b）

	主項 \ 最小項	0
必須	$\overline{x}_3 \overline{x}_2 \overline{x}_0$	1

（c）

図 6・8 例題 6.5 の最小被覆を求める過程

最小被覆

<u>例題6・4</u>

- 例題6・3 で求めた f_a の主項表を示せ

- 特異最小項は 3, 5, 6, 9
- それらを被覆する $\bar{x}_3 x_1$（3, 6 を被覆），$x_3\bar{x}_2\bar{x}_1$ （9 を被覆），$\bar{x}_3 x_2 x_0$（5 を被覆）が必須主項（必須項）
- 必須行（必須項の行）と必須行に被覆された列を除去して，図6·8（b）を得る（ステップ1）
- 図6·8(b) では，$\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0$ が$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_0$ に支配されているため，$\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0$ の行を除去し，図6·8(c) を得る（ステップ2）なお，本例では支配関係を逆にすることも可能であり，別の最簡積和形も求まる．
- $f_a = \bar{x}_3 x_1 \vee x_3\bar{x}_2\bar{x}_1 \vee \bar{x}_3 x_2 x_0 \vee \bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_0$

（$f_a = \bar{x}_3 x_1 \vee x_3\bar{x}_2\bar{x}_1 \vee \bar{x}_3 x_2 x_0 \vee \bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0$ も最簡積和形）

		最小項							
	主項	0	2	3	5	6	7	8	9
必須	$\bar{x}_3 x_1$		1	1		1	1		
	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_0$	1	1						
	$\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0$	1						1	
必須	$x_3\bar{x}_2\bar{x}_1$							1	1
必須	$\bar{x}_3 x_2 x_0$				1		1		

（a）

	主項	最小項 0
支配	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_0$	1
	$\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0$	1

（b）

	主項	最小項 0
必須	$\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_0$	1

（c）

図 6・8　例題 6.5 の最小被覆を求める過程

最簡和積形

- 和項数が最小の和積形の中でリテラル数が最小となる最簡和積形（minimum product of sums）を求める手続きを概説する
  - まず求めたい論理関数を f とすると，$\bar{f}$ の最簡積和形を求める．求めた最簡積和形の否定に対して，ド・モルガン則を 2 回適用することによって得られる和積形が最簡和積形である．
  - $\bar{f} = t_1 \vee t_2 \vee \cdots \vee t_n$
  - $f = \bar{\bar{f}} = (\overline{t_1 \vee t_2 \vee \cdots \vee t_n}) = \bar{t}_1 \cdot \bar{t}_2 \cdot \cdots \cdot \bar{t}_n$

例題6・6

- 表5·2 中の論理関数 f_a について，最簡和積形を求めよ.

（解答）

- $\bar{f}_a$ の最簡積和形は $x_3x_2 \vee x_3x_1 \vee x_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0$ である（図6·9）.
- $\bar{\bar{f}}_a$ にド・モルガン則を 2 回適用して最簡和積形を求める.
- $\bar{\bar{f}}_a = \overline{x_3x_2 \vee x_3x_1 \vee x_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0}$

$$= (\overline{x_3x_2}) \cdot (\overline{x_3x_1}) \cdot (\overline{x_2\bar{x}_1\bar{x}_0}) \cdot (\overline{\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0})$$

$$= (\bar{x}_3 \vee \bar{x}_2) \cdot (\bar{x}_3 \vee \bar{x}_1) \cdot (\bar{x}_2 \vee x_1 \vee x_0) \cdot (x_3 \vee x_2 \vee x_1 \vee \bar{x}_0)$$

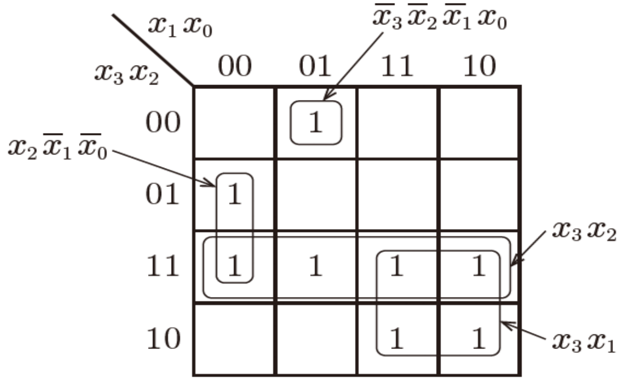


図 6・9 例題 6.6 の $\bar{f}_a$ のカルノー図

演習問題

1 次の論理関数 f のカルノー図を作成せよ

$$f = (x_3 \vee x_1 \vee x_0) \cdot (\overline{x}_3 \vee \overline{x}_2 \vee \overline{x}_1\overline{x}_0) \cdot (x_2 \vee x_0)$$

ただし，$g = \overline{x}_3 x_1 \vee x_3\overline{x}_2 x_0$ を 1 にする入力は禁止されている．

2 表 6·1 の f_a, f_b の最簡積和形を，カルノー図を用いてそれぞれ求めよ．

3 図 6·10 のカルノー図に対して，それぞれ最簡積和形を求めよ．

$x_3x_2 \backslash x_1x_0$	00	01	11	10
00	X		1	
01	X	1	1	
11	X	1	1	1
10	X			1

(a)

$x_3x_2 \backslash x_1x_0$	00	01	11	10
00				
01		X	1	
11	X	1	1	1
10	X		1	1

(b)

図 6・10 演習問題

4 表 5·2 の f_b の最簡積和形を，クワイン・マクラスキー法を用いて求めよ．

5 表 6·1 の f_b の最簡積和形を，クワイン・マクラスキー法を用いて求めよ．

6 表 5·2 の f_e の最簡和積形を求めよ．

7 $f = \overline{x}_3 x_0 \vee \overline{x}_2 x_0 \vee x_3\overline{x}_0 \vee \overline{x}_1$, $g = x_2 \vee x_0$, $q = \overline{x}_3\overline{x}_2 \vee \overline{x}_3 x_0$ に対して $f = gq \vee r$ を満たす r のうち積和形表現が最簡なものを求めよ．

演習問題２

- 表6·1 の f_a, f_b の最簡積和形を，カルノー図を用いてそれぞれ求めよ.

表 6・1　ドントケアを含む 7 セグメントデコーダの真理値表

x_3	x_2	x_1	x_0	f_a	f_b	f_c	f_d	f_e	f_f	f_g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X
1	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X
1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X
1	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X
1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X
1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X

考慮時間

- 5-10分間程度で問題を解いてみてください．その間，ビデオを止めてください．

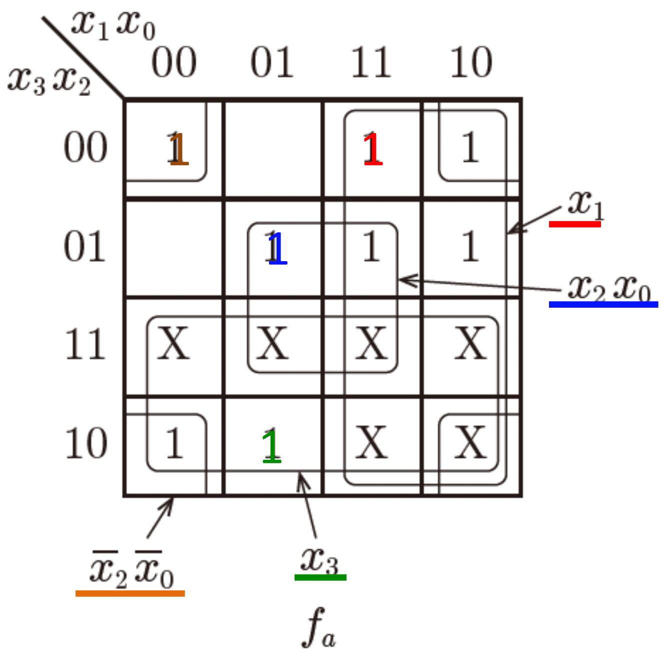
- この頁は30秒程度で次の頁に移行します．

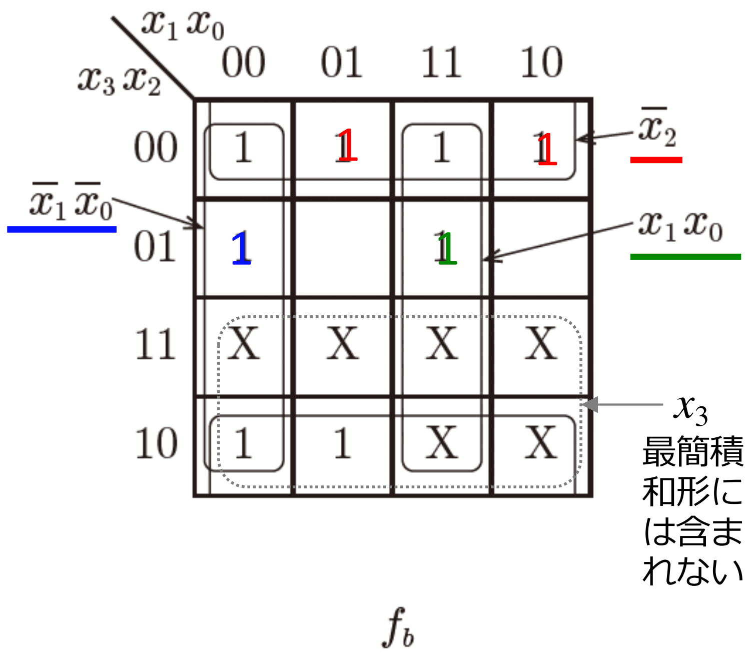
演習問題2

- 表6·1 の f_a, f_b の最簡積和形を，カルノー図を用いてそれぞれ求めよ.

表 6·1　ドントケアを含む 7 セグメントデコーダの真理値表

x_3	x_2	x_1	x_0	f_a	f_b
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	1
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	X	X
1	0	1	1	X	X
1	1	0	0	X	X
1	1	0	1	X	X
1	1	1	0	X	X
1	1	1	1	X	X





$f_a = x_1 \vee x_3 \vee x_2x_0 \vee \bar{x}_2\bar{x}_0$

4つの主項はすべて必須項
各色の 1 が特異最小項

$f_b = \bar{x}_2 \vee x_1x_0 \vee \bar{x}_1\bar{x}_0$

3つの主項はすべて必須項
各色の 1 が特異最小項

演習問題3

- 図6·10 のカルノー図に対して，それぞれ最簡積和形を求めよ

x_3x_2 \ x_1x_0	00	01	11	10
00	X		1	
01	X	1	1	
11	X	1	1	1
10	X			1

（a）

x_3x_2 \ x_1x_0	00	01	11	10
00				
01		X	1	
11	X	1	1	1
10	X		1	1

（b）

図 6・10 演習問題

考慮時間

- 5-10分間程度で問題を解いてみてください．その間，ビデオを止めてください．

- この頁は30秒程度で次の頁に移行します．

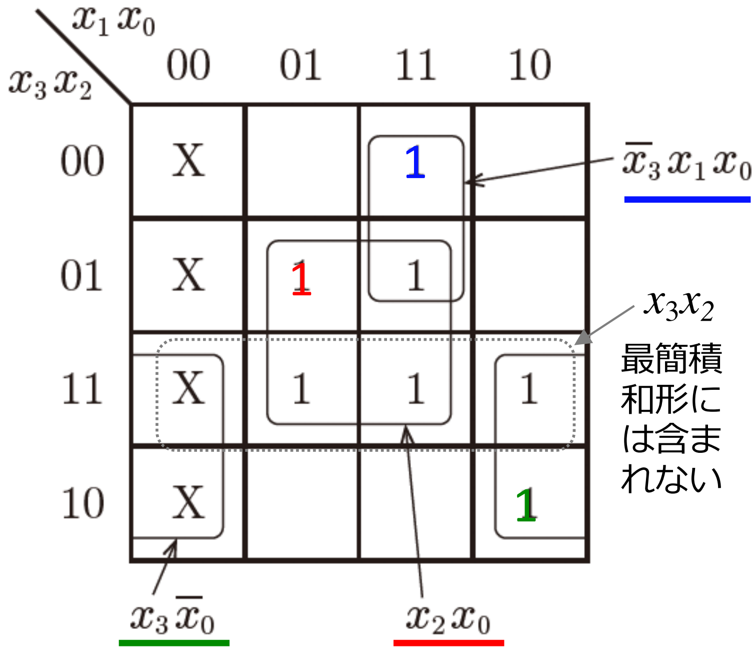
演習問題３

- 図6·10 のカルノー図に対して，それぞれ最簡積和形

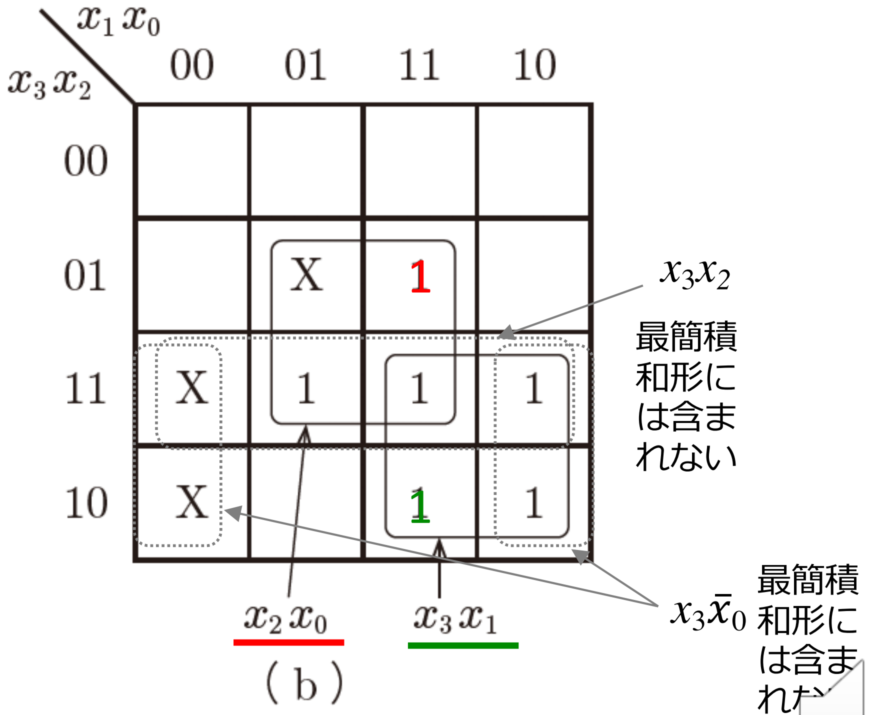
（解答）

(a) $x_2x_0 \vee x_3\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3x_1x_0$

(b) $x_2x_0 \vee x_3x_1$



（a）



（b）

3 つの主項は必須項
各色の 1 が特異最小項

2 つの主項は必須項
各色の 1 が特異最小項

演習問題4

- 表5·2 の f_b の最簡積和形を，クワイン・マクラスキー法を用いて求めよ.

表 5・2　7 セグメントデコーダの真理値表

x_3	x_2	x_1	x_0	f_a	f_b	f_c	f_d	f_e	f_f	f_g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

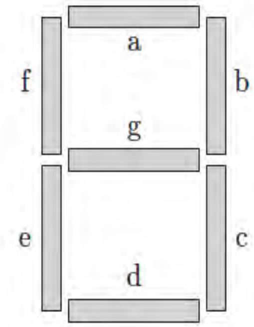


図 5・10　7 セグメント LED

考慮時間

- 5-10分間程度で問題を解いてみてください．その間，ビデオを止めてください.

- この頁は30秒程度で次の頁に移行します.

演習問題4

- 表5·2 の f_b の最簡積和形を，クワイン・マクラスキー法を用いて求めよ.

（解答）

$$f_b = \bar{x}_2\bar{x}_1 \vee \bar{x}_3\bar{x}_2 \vee \bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_1 x_0$$

第一段階のリスト

	x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
第一グループ	0	0	0	0	(0) v
第二グループ	0	0	0	1	(1) v
	0	0	1	0	(2) v
	0	1	0	0	(4) v
	1	0	0	0	(8) v
第三グループ	0	0	1	1	(3) v
	1	0	0	1	(9) v
第四グループ	0	1	1	1	(7) v

第二段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	0	0	−	(0,1)v
0	0	−	0	(0,2)v
0	**−**	**0**	**0**	**(0,4)**
−	0	0	0	(0,8)v
0	0	−	1	(1,3)v
−	0	0	1	(1,9)v
0	0	1	−	(2,3)v
1	0	0	−	(8,9)v
0	**−**	**1**	**1**	**(3,7)**

第三段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	**0**	**−**	**−**	**(0,1,2,3)**
−	**0**	**0**	**−**	**(0,1,8,9)**

演習問題４

- 表5·2 の f_b の最簡積和形を，クワイン・マクラスキー法を用いて求めよ.

（解答）

$$f_b = \bar{x}_2\bar{x}_1 \lor \bar{x}_3\bar{x}_2 \lor \bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0 \lor \bar{x}_3 x_1 x_0$$

第一段階のリスト

	x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
第一グループ	0	0	0	0	(0) v
第二グループ	0	0	0	1	(1) v
	0	0	1	0	(2) v
	0	1	0	0	(4) v
	1	0	0	0	(8) v
第三グループ	0	0	1	1	(3) v
	1	0	0	1	(9) v
第四グループ	0	1	1	1	(7) v

第二段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	0	0	−	(0,1)v
0	0	−	0	(0,2)v
0	**−**	**0**	**0**	**(0,4)**
−	0	0	0	(0,8)v
0	0	−	1	(1,3)v
−	0	0	1	(1,9)v
0	0	1	−	(2,3)v
1	0	0	−	(8,9)v
0	**−**	**1**	**1**	**(3,7)**

第三段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	**0**	**−**	**−**	**(0,1,2,3)**
−	**0**	**0**	**−**	**(0,1,8,9)**

演習問題４

- 表5·2 の f_b の最簡積和形を，クワイン・マクラスキー法を用いて求めよ．

（解答）

$$f_b = \bar{x}_2\bar{x}_1 \vee \bar{x}_3\bar{x}_2 \vee \bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_1 x_0$$

第一段階のリスト

	x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
第一グループ	0	0	0	0	(0) v
第二グループ	0	0	0	1	(1) v
	0	0	1	0	(2) v
	0	1	0	0	(4) v
	1	0	0	0	(8) v
第三グループ	0	0	1	1	(3) v
	1	0	0	1	(9) v
第四グループ	0	1	1	1	(7) v

第二段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	0	0	−	(0,1)v
0	0	−	0	(0,2)v
0	**−**	**0**	**0**	**(0,4)**
−	0	0	0	(0,8)v
0	0	−	1	(1,3)v
−	0	0	1	(1,9)v
0	0	1	−	(2,3)v
1	0	0	−	(8,9)v
0	**−**	**1**	**1**	**(3,7)**

第三段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	**0**	**−**	**−**	**(0,1,2,3)**
−	**0**	**0**	**−**	**(0,1,8,9)**

演習問題４

- 表5·2 の f_b の最簡積和形を，クワイン・マクラスキー法を用いて求めよ.

（解答）

$f_b = \bar{x}_2\bar{x}_1 \lor \bar{x}_3\bar{x}_2 \lor \bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0 \lor \bar{x}_3 x_1 x_0$

第一段階のリスト

	x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
第一グループ	0	0	0	0	(0) v
第二グループ	0	0	0	1	(1) v
	0	0	1	0	(2) v
	0	1	0	0	(4) v
	1	0	0	0	(8) v
第三グループ	0	0	1	1	(3) v
	1	0	0	1	(9) v
第四グループ	0	1	1	1	(7) v

第二段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	0	0	−	(0,1)v
0	0	−	0	(0,2)v
0	**−**	**0**	**0**	**(0,4)**
−	0	0	0	(0,8)v
0	0	−	1	(1,3)v
−	0	0	1	(1,9)v
0	0	1	−	(2,3)v
1	0	0	−	(8,9)v
0	**−**	**1**	**1**	**(3,7)**

第三段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	**0**	**−**	**−**	**(0,1,2,3)**
−	**0**	**0**	**−**	**(0,1,8,9)**

演習問題４

- 表5·2 の f_b の最簡積和形を，クワイン・マクラスキー法を用いて求めよ.

（解答）

$$f_b = \bar{x}_2\bar{x}_1 \vee \bar{x}_3\bar{x}_2 \vee \bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_1 x_0$$

第一段階のリスト

	x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
第一グループ	0	0	0	0	(0) v
第二グループ	0	0	0	1	(1) v
	0	0	1	0	(2) v
	0	1	0	0	(4) v
	1	0	0	0	(8) v
第三グループ	0	0	1	1	(3) v
	1	0	0	1	(9) v
第四グループ	0	1	1	1	(7) v

第二段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	0	0	−	(0,1)v
0	0	−	0	(0,2)v
0	**−**	**0**	**0**	**(0,4)**
−	0	0	0	(0,8)v
0	0	−	1	(1,3)v
−	0	0	1	(1,9)v
0	0	1	−	(2,3)v
1	0	0	−	(8,9)v
0	**−**	**1**	**1**	**(3,7)**

第三段階のリスト

x_3	x_2	x_1	x_0	最小項
0	**0**	−	−	**(0,1,2,3)**
−	**0**	**0**	−	**(0,1,8,9)**

演習問題４

- 表5·2 の f_b の最簡積和形を，クワイン・マクラスキー法を用いて求めよ.

（解答）

$$f_b = \bar{x}_2\bar{x}_1 \vee \bar{x}_3\bar{x}_2 \vee \bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0 \vee \bar{x}_3 x_1 x_0$$

		最小項							
	主項	0	1	2	3	4	7	8	9
必須	$\bar{x}_3\bar{x}_2$	1	1	1	1				
必須	$\bar{x}_2\bar{x}_1$	1	1					1	1
必須	$\bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0$	1				1			
必須	$\bar{x}_3 x_1 x_0$				1		1		

演習問題 6

- 表5·2 の f_e の最簡和積形を求めよ.

表 5・2　7 セグメントデコーダの真理値表

x_3	x_2	x_1	x_0	f_a	f_b	f_c	f_d	f_e	f_f	f_g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

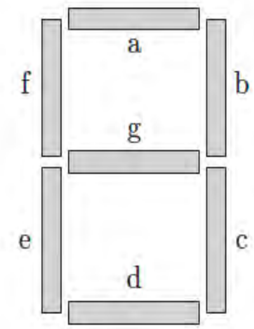


図 5・10　7 セグメント LED

考慮時間

- 5-10分間程度で問題を解いてみてください．その間，ビデオを止めてください．

- この頁は30秒程度で次の頁に移行します．

演習問題6

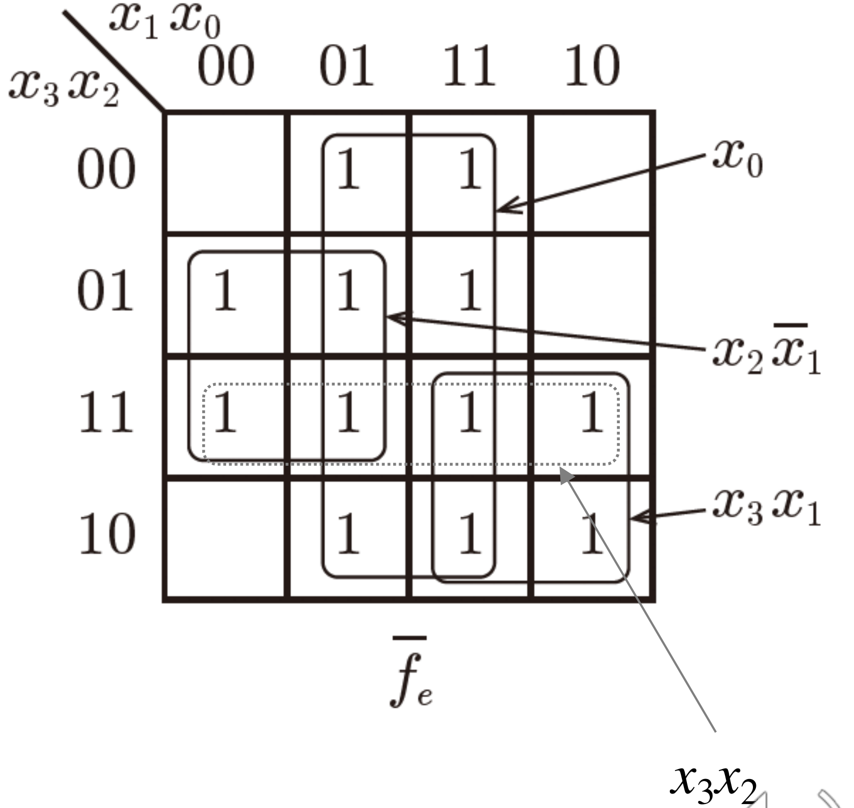
- 表5·2 の f_e の最簡和積形を求めよ.

（解答）

- $\bar{f}_e = x_0 \vee x_2\bar{x}_1 \vee x_3x_1$
- $\bar{\bar{f}}_e = f_e = \overline{x_0 \vee x_2\bar{x}_1 \vee x_3x_1}$

$$= \bar{x}_0 \cdot \overline{x_2\bar{x}_1} \cdot \overline{x_3x_1}$$

$$= \bar{x}_0 \cdot (\bar{x}_2 \vee x_1) \cdot (\bar{x}_3 \vee \bar{x}_1)$$



１回目の授業の
レポート課題

基礎工学部情報科学科　東野輝夫

１回目の授業のレポート課題
71頁の演習問題１

レポート課題

（課題１）

71頁の演習問題１：次の論理関数 f のカルノー図を作成せよ

$$f = (x_3 \vee x_1 \vee x_0) \cdot (\bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1\bar{x}_0) \cdot (x_2 \vee x_0)$$

ただし，$g = \bar{x}_3 x_1 \vee x_3 \bar{x}_2 x_0$ を 1 にする入力は禁止されている.

- 最終的な解答は教科書の末尾に書かれていますが，このレポート課題では答を得るまでの途中の計算の過程を明記してください．関数 f や g のカルノー図がどう得られ，最終的な関数 f のカルノー図がどう得られるかを明記ください.
- 提出先：紙に書いた解答をスマホで写真を取るか，スキャナーなどで読み取り、pdf や jpeg, gif などの形式で電子化して CLE にアップして下さい.
- 締切：10月13日(火) 23:59（次の授業の前日迄）.
- ２回目の授業は 10月14日(水) の15:10 から実施します．授業のビデオは当日の12:30以降に視聴できるようになります.

１回目の授業終了

基礎工学部情報科学科　東野輝夫

授業終了

皆さん
レポート提出してくださいね！