

デジタル回路をおもしろくする 講義と製作演習

(ブレッドボードによる数字表示回路・カウンタ回路等の製作演習)

名古屋大学大学院工学研究科 古橋 武 ([本稿掲載の Web ページ](#))

1. はじめに

多くの工科系学科においては、電気・電子工学を専門としない学生向けに電気電子工学通論が開講されている。その講義の大半は座学によりなされていると推察される。筆者はこれまでに電気工学通論 I (電気回路・電子回路論) およびパワーエレクトロニクスをおもしろくするために、講義の前半を座学とし、後半を製作演習とする工夫を紹介してきた[1][2]。製作演習付きの講義は工夫次第で学生にとっても楽しく充実したものができる。

本稿では、電気工学通論 II (デジタル回路)をおもしろくする講義の工夫について紹介する。本講義は、毎回の講義が座学と製作演習から構成されている。60 人程度の受講生個々に毎回デジタル回路の製作課題を課している。学生が前半の座学の内容を基に自ら設計・製作することで、デジタル回路に対する興味を高め、理解を深めることを狙っている。

以下、筆者が工夫した、ブレッドボードによるデジタル回路製作課題の内容について述べる。

2. 製作課題の作成

2. 1 方針

製作課題を作成するに当たっては、以下の方針を立てて臨んだ。

- (1) 60 人の受講生一人一人に製作課題を課す。
- (2) 回路動作は全て LED の点滅で確認できるようにする。
- (3) 回路は全てブレッドボード上で製作可能とする。
- (4) ハンダ付けを必要としないようにする。
- (5) 学生が部品を壊しても、代替りの部品をその場で供給できるようにする。

- (6) 部品代は 1000 円以下を目指す。電気工学通論 I [1]の製作演習を受講していることを前提にして、新たに購入する部品を極力少なくする。

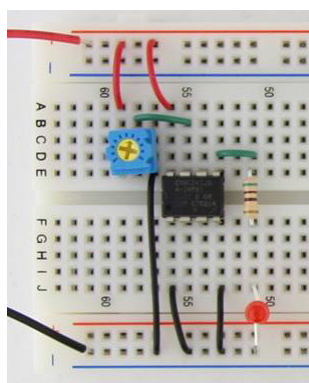
2. 2 課題内容

デジタル回路の主な課題は以下の通りである。

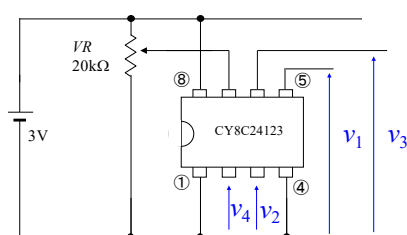
- AND, OR, NOT 回路
- 組み合わせ論理回路
- 7セグメント表示回路
- NAND, NOR, XOR 回路
- カルノー図
- D フリップフロップ
- 非同期式カウンタ
- 同期式カウンタ
- JK フリップフロップ
- 順序回路 (自動販売機の動作を表す順序回路)

2. 3 関数発生器

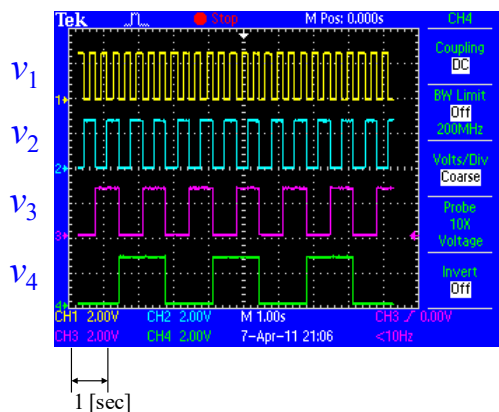
回路動作の確認のために 0.1~10 [Hz]程度の周波数の矩形波発生器を用意した。図 1 は PSOC マイコン(CY8C24123)を用いた矩形波発生回路である。PSOC マイコンは電気工学通論の製作演習にて正弦波・矩形波発生器[1]として用いているので、これをプログラムを書き換えて用いることとした。同図(c)に、5, 3, 6, 2 番ピンの出力電圧波形例を示す。それぞれ 2 進数の第 0~3 ビット目に対応した信号を出力している。マイコンのプログラムは筆者が開発した。このプログラムを書き込んだマイコンを事前に用意しておいて、初日の講義で学生の手持ちのものとの交換することとした。なお、このマイコンは 200 円/個程度で入手できる。



(a) 製作例



(b) 回路図



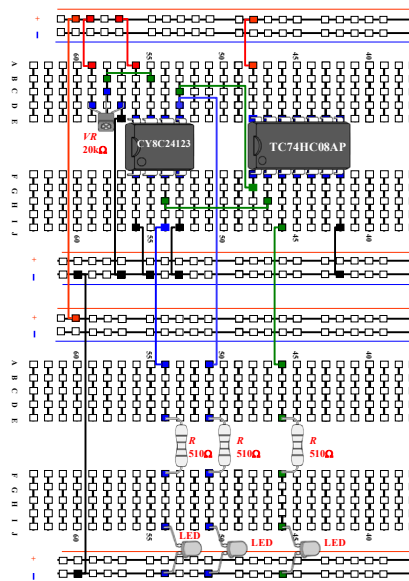
(c) 出力波形

図1 矩形波発生回路

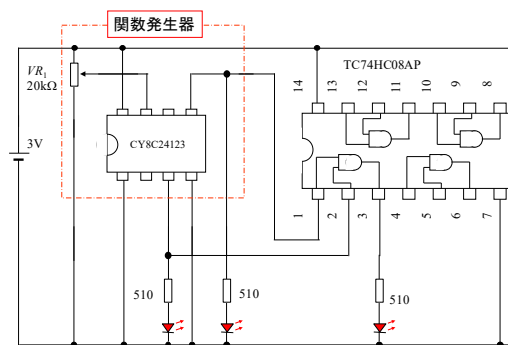
2. 4 製作課題例

図2はAND回路の動作を確認する製作課題である。図1の0.1~10[Hz]の矩形波信号 v_1 , v_2 を入力とし、LEDの点滅により動作を確認する課題である。初めて回路製作に取り組む学生でも作れるように、同図(a)に示す実態配線図も用意した。実態配線図は分かりやすいが、書いてあるとおりに見よう見まねで作るだけで、実態配線図と回路図の対応関係を理解しようとする学生が少数ではあるが必ずいる。回路製作

を全くしたことの無い学生にとってはブレッドボードの構造も決して簡単ではないようである。導入時の説明は丁寧すぎても足りないと感じることがある。もちろん電気工学通論Iを既に受講した学生であれば実態配線図はほとんど必要ない。以降の課題では実態配線図を示すことはせず、また、設計課題を取り入れて、これを段階的に難しくした。



(a) 実態配線図



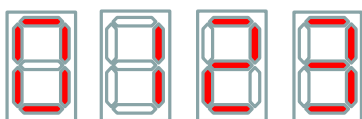
(b) 回路図

図2 AND回路

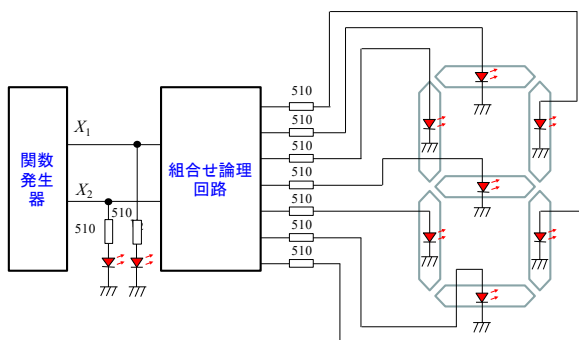
図3は組み合わせ論理回路の課題として与えた真理値表である。入力 X_1 , X_2 , X_3 , 出力 Y の関係を實現する組み合わせ論理回路を設計・製作させた。矩形波発生回路の v_1 , v_2 , v_3 を X_1 , X_2 , X_3 に対応づけ、信号の周波数を1[Hz]以下としてLEDをゆっくり点滅させることで回路動作を確認する製作課題である。

X ₃	X ₂	X ₁	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

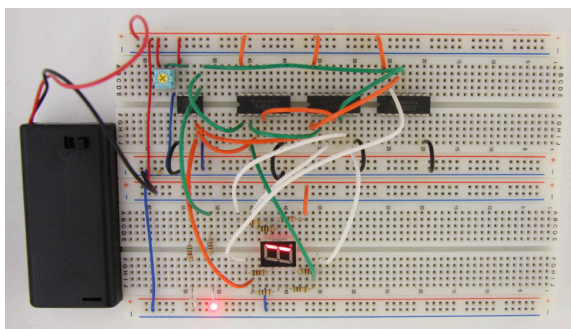
図3 組み合わせ論理回路の設計課題例



(a) 7セグメント表示器の出力



(b) 回路の概要



(c) 製作例

図4 7セグメント表示器の設計課題

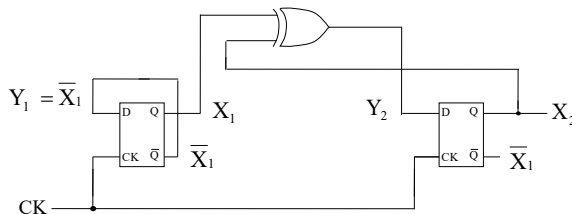
図4は7セグメント表示器に10進数の数字を表示させる課題例である。入力{X₂, X₁}={0, 0}, {0, 1}, {1, 0}, {1, 1}に対応して7セグメント表示器に0, 1, 2, 3の数字を表示させる組み合わせ論理回路を設計・製作させた。同図(c)にブレッ

ドボード上に製作した回路例を示す。この課題は学生にとってかなり難しかったが、できたときの感動を味わった者も多かったようである。

その後はフリップフロップ回路を用いたカウンタ回路, 簡単な自販機の順序回路などの設計・製作課題を課した。図5は同期式4進カウンタの課題である。座学にて同期式3進カウンタについて設計法を説明した後に, 課題を「JKフリップフロップを用いて同期式4進カウンタを設計せよ。」と文章で与えた。学生は各自でもしくは何人かで相談しながら同図(a)の真理値表を求め, 同図(b)の回路を設計した後に回路を製作した。

X ₂	X ₁	Y ₂	Y ₁
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0

(a) 真理値表



(b) 回路図

図5 同期式4進カウンタ

図6は50円玉と100円玉しか使えないジュースの自販機の動作を表す順序回路を設計製作する課題である。ジュースの値段は100円である。座学にて類似の順序回路の設計法を解説しておき, 学生にはその応用問題を解かせた。

講義の最後には選択課題として例えば(1) 0~5の数字の乱数発生・表示器 (2) 学籍番号の数字を順次点灯する回路などを与えた。

