

パワーエレクトロニクスをおもしろくする 講義と製作演習 (ブレッドボードによるチョッパ・インバータの製作演習)

名古屋大学大学院工学研究科 古橋 武 ([本稿の Web ページ](#))

1. はじめに

多くの電気・電子系学科においてパワーエレクトロニクスの講義が開講されている。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。受講生の多くは、チョッパ・インバータをほとんど触ることなくこの講義を「習得」している。パワーエレクトロニクスはモータを回したり、スピーカを鳴らしたりと、ものに触りながら学ばなければおもしろくはないと著者は考える。また、日本の大学の電気・電子工学科の学生は電子回路作りをする機会が少なく、まして、電子部品を壊す体験はほとんど持たないままに卒業してしまうように思われる。

本稿では、パワーエレクトロニクス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で構成されている。120 人の受講生個々に毎回パワーエレクトロニクス回路の製作課題を課すことで、前半の座学の内容を後半の製作演習で実体験させている。学生が楽しみながら、ときには電子部品を壊す体験をしながら、パワーエレクトロニクスの基礎^[1]を理解す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回路製作演習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) 120 人の受講生一人一人に製作課題を課す。
- (2) 回路動作は全て目で見て分かる、もしくは動かして分かるようにする。
- (3) 回路は全てブレッドボード上で製作可能とする。
- (4) ハンダ付けは初回の製作演習で済ませられ

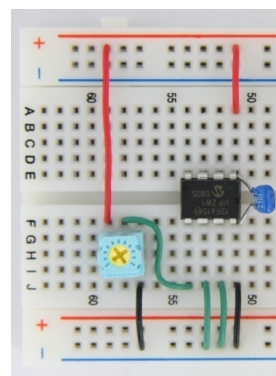
る程度とする。

- (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 2000 円以下を目指す。

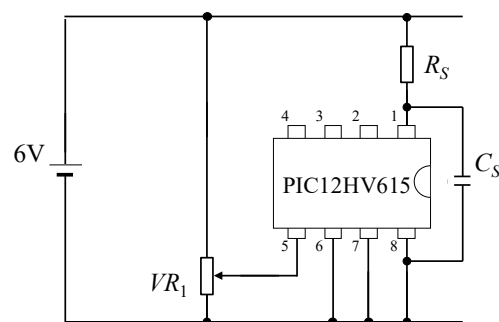
2.2 課題内容

パワーエレクトロニクスの主な課題は以下の通りである。

- ・整流回路 → 整流動作を目で見る
- ・チョッパ回路 PWM 制御を目で見る。
→ 昇降圧の効果を目で見る。



(a) 製作例



(b) 回路図

図 1 正弦波発生/PWM 制御回路

- ・チョップ回路による DC モータ駆動
 - PI 制御効果の体感.
- ・ハーフブリッジインバータによる D 級アンプ
 - 音楽を再生して楽しむ
- ・フルブリッジインバータによる DC モータ駆動
 - 正転・逆転の PI 制御効果の体感

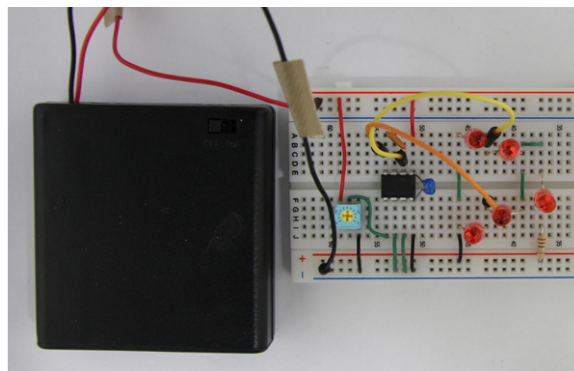
2. 3 回路動作の可視化

回路動作の可視化の理想はオシロスコープを 120 人の受講生一人一人に用意することであるが、それは難しい。そこで、LED により電圧を可視化することとした。そのために 0.1~10 [Hz]程度の周波数の正弦波発生器を用意して、整流現象、PWM 制御などの様子を目視できるようにした。図 1 は PIC マイコン(PIC12HV615)^[3]により正弦波発生/PWM 制御回路である。6, 7 番ピンを電源の+側、-側につなぎ替えることで、正弦波発生モード、低周波(0.1~10[Hz])PWM モード、高周波(15[kHz])PWM モードを切り替えられるように設計した。なお、HV タイプは 6 [V] (乾電池 4 個直列時)の電圧に耐えられる高電圧仕様である。マイコンのプログラムは筆者が開発して、プログラムを事前書き込んだものを学生が購入する部品セットの中に入れた。このマイコンは 100 円/個程度で入手できる。

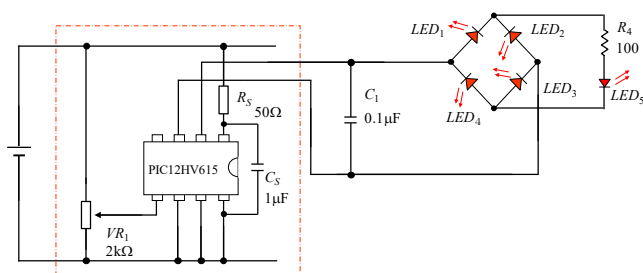
2. 4 製作課題例

図 2 は整流回路の動作を目で見ることでできる製作課題である。図 1 の 0.1~10[Hz]の正弦波信号を電源とし、LED (発光ダイオード) を整流ダイオードの代わりに使うことで、整流動作による通流経路の切り替わりを視覚的に把握できる。初めて回路製作に取り組む学生でも作れるような簡単な回路構成である。

その後は PWM 制御によるチョップ回路を構成させるなど、学生の慣れに応じて徐々に課題を難しくした。図 3 はチョップ回路により DC モータの回転数を制御する回路の製作課題である。オペアンプによる PI 制御回路の製作も課題に含めている。モータの回転数の検出は、



(a) 製作例



(b) 回路

図 2 整流回路

2 台のモータの軸をゴムチューブでつないでもう一台を発電機とすることで行った。写真で見ると簡単な回路に見えるが、製作にとっても手間取る学生が多く見られた。

図 4 はフルブリッジインバータによる D 級アンプの製作課題である。イヤホンプラグを iPod などの音響機器につなぎ、インバータ出力にスピーカをつなぐことで、音楽などを聴くことができる課題である。

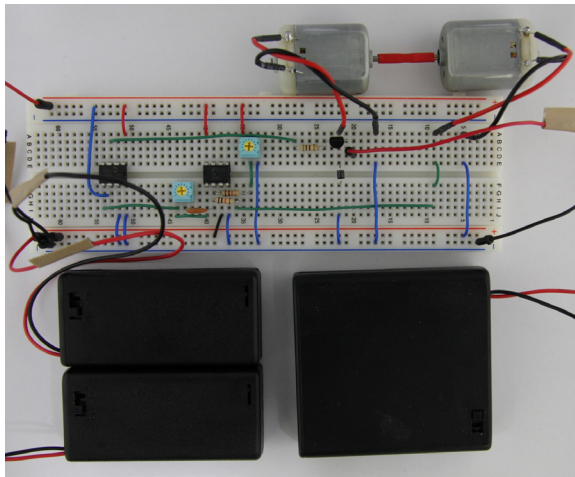
3. まとめ

本稿ではパワーエレクトロニクスをおもしろくする講義の工夫について紹介した。毎回の講義において 120 人の受講生個々が回路製作を行い、前半の座学の内容を後半の製作演習で実際に作って、楽しみながら(てこずりながら)学ぶことができた。なお、部品代はブレッドボード、電池ボックス、単 3 電池 8 本、キャリングケース等を含めてほぼ 2,000 円とすることができた。

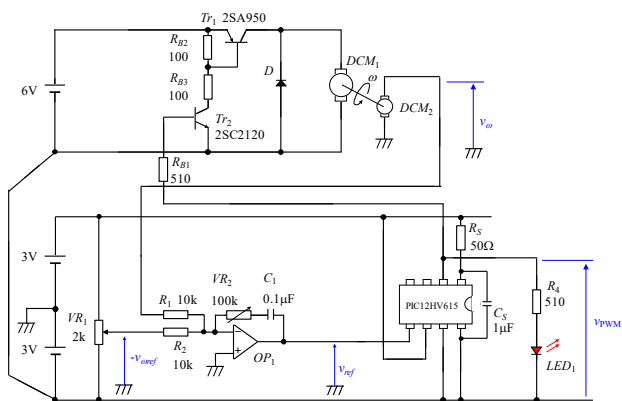
筆者が製作演習付きの講義を始めて 6 年が

経過した。毎期、120人の学生の進捗状況を見ながら、試行錯誤を重ねてきた。平成24年度前期のアンケートでは自由記述欄に製作課題は楽しい、おもしろい、新鮮、達成感がある、感動がある、良い経験である、記憶に残る、きちんと動くと気持ちいい、理解が深まるなど肯定的な意見を80名を超える学生が記入していた。一方で、理論を理解していなくても製作課題はできる(10名)、作った回路をTAに提出してチェックを受けるのに並ぶ時間が長い(8名)など、改善課題はつきない。

学生にパワーエレクトロニクス回路を作ること、ひいては電子回路を作ることに関心を持たせることには成功していると思われるが、反

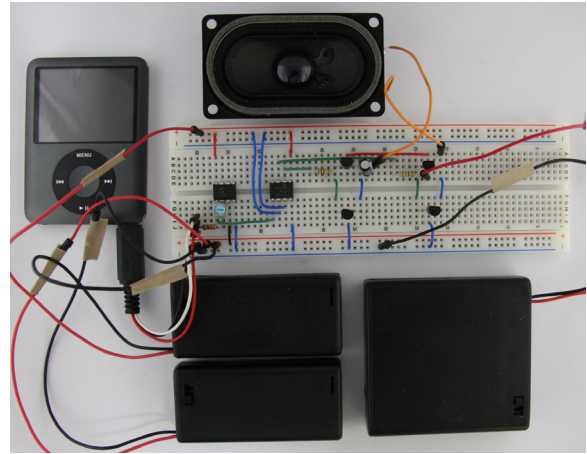


(a) 製作例

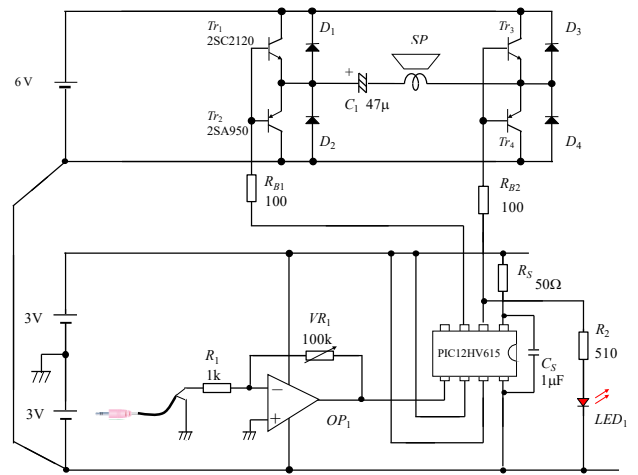


(b) 回路

図3 チョップアップ回路によるDCモータのPI制御回路



(a) 製作例



(b) 回路

図4 フルブリッジインバータによるD級アンプ

面、座学の時間が前半の45分しか取れないため、講義内容を基礎的なものに限定せざるを得ないというデメリットがある。

4. 参考文献

- 1) 古橋「[パワーエレクトロニクス - 工作と理論 -](#)」コロナ社 (2008)
- 2) 古橋「[電気工学通論をおもしろくする講義と製作演習](#)」工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.364-365 (2009)
- 3) 古橋「[モータドライブノート](#) 第4章8ピンマイコンによる直流モータ回転数制御」