

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—

計測自動制御学会中部支部教育工学研究委員会教育工学論文集Vol.35, pp.7-9, 2012

[本稿のWebページ](#)

[PIC12HV615によるモータドライブのページ](#)

(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)

古橋 武
名古屋大学

問題意識

- パワーエレクトロニクスは座学だけではおもしろくない.
- 電気・電子工学科の学生が電子回路作りをする機会が少ない.

目的: パワーエレクトロニクスに対する興味の喚起と理解

対象: 電気・電子工学科の3年生

人数: 120名程度

コンセプト: 座学

+

作って楽しむ製作演習

+

(学生実験との違い)

「壊す」「失敗する」体験学習

講義の実施手順

前半の約45分：**座学**（板書，パワーポイントのスライド，オシロスコープの画面をプロジェクタで投影して回路動作の実演など）

後半の約45分：**製作演習**

毎回製作課題を出題する。

全員が各自課題を製作する。

TAが各自の製作回路の動作をチェックする。

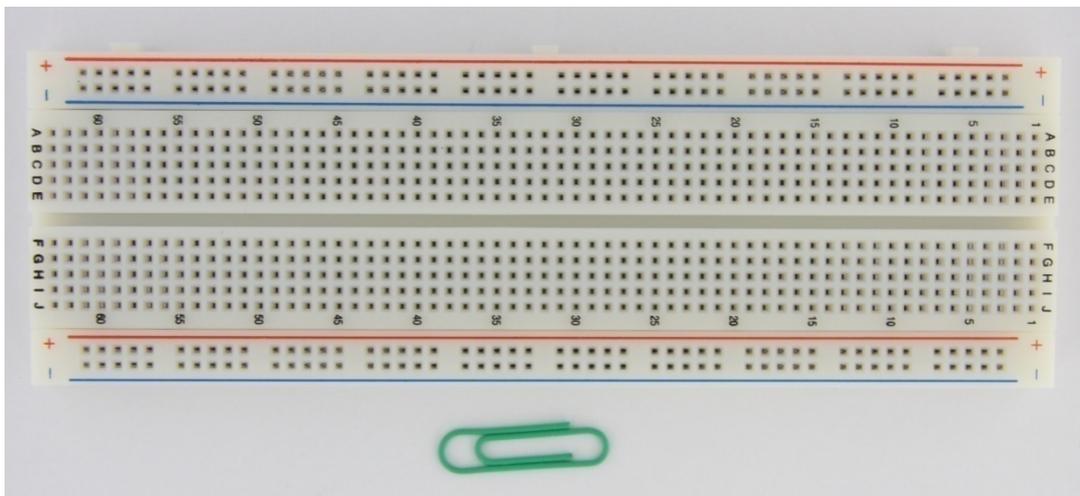
→ OKなら名簿にチェック

製作課題作成の方針

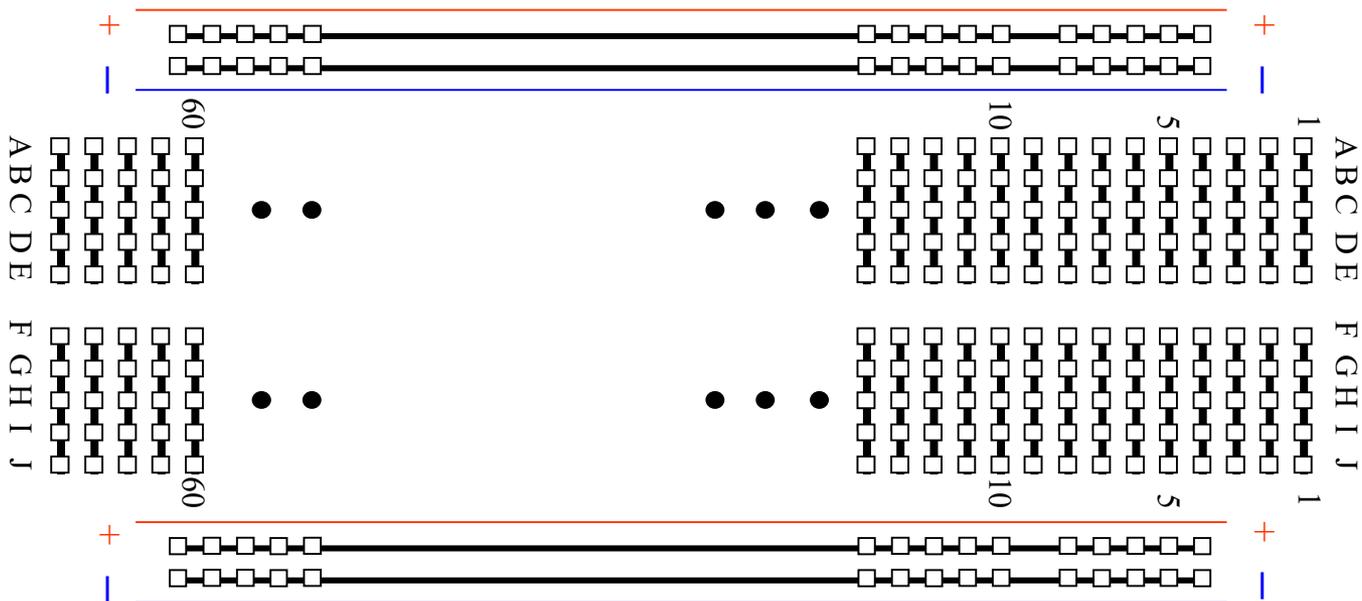
- (1) 120人の受講生一人一人に製作課題を課す.
- (2) 回路動作は全て目で見て分かる, もしくは動かして分かるようにする.
- (3) 回路は全て**ブレッドボード**上で製作可能とする.
- (4) ハンダ付けは初回の製作演習で済ませられる程度とする.
- (5) 部品代は**2000円**以下を目指す

製作演習課題内容

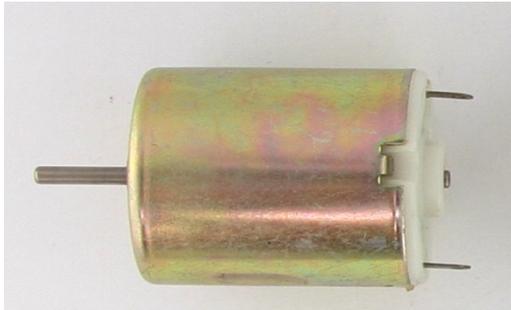
- ・整流回路 整流動作を目で見る
- ・チョツパ回路 **PWM制御を目で見る.**
昇降圧の効果を目で見る.
- ・チョツパ回路によるDCモータ駆動
PI制御効果の体感.
- ・ハーフ/フルブリッジインバータによるD級アンプ
音楽の再生
- ・フルブリッジインバータによるDCモータ駆動
正転・逆転のPI制御効果の体感



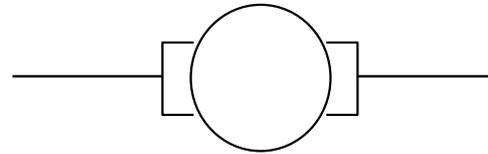
ブレッドボード



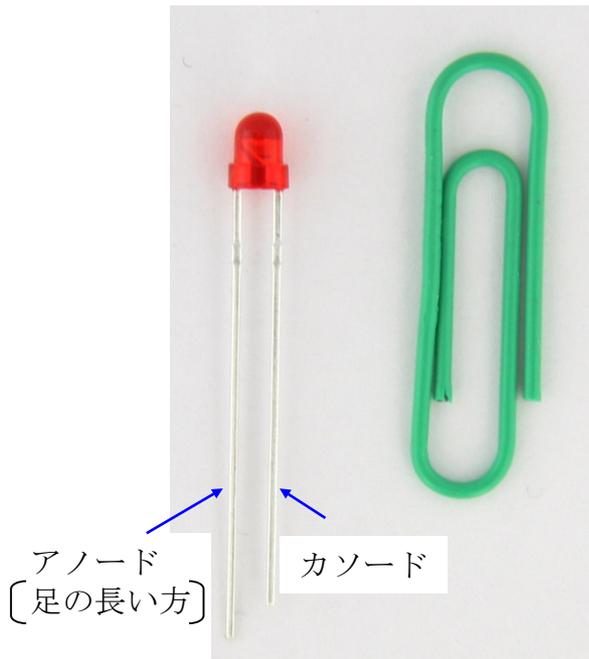
ブレッドボードの穴のつながりの様子



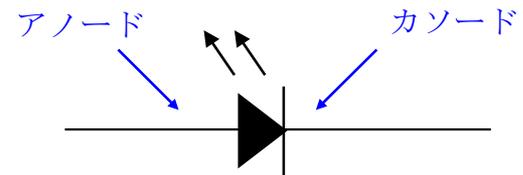
DCモータ



DCモータの記号



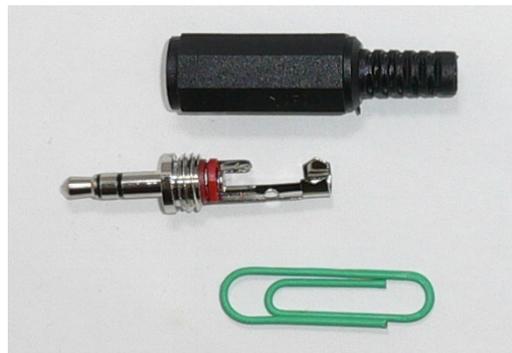
LED (発光ダイオード)



LED(発光ダイオード)の記号

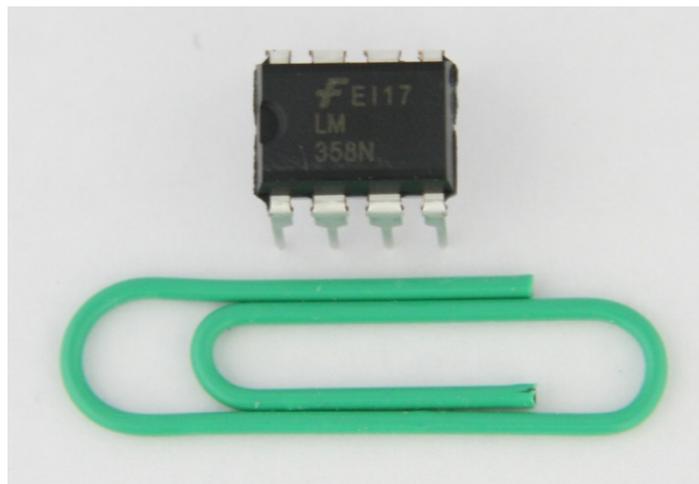


(分解前)

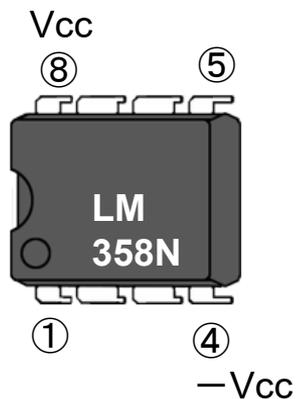


(分解後)

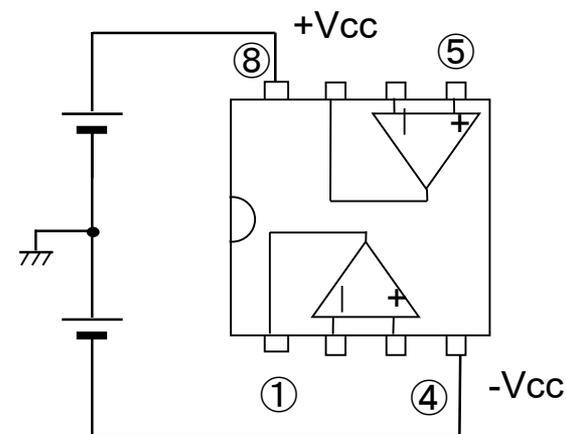
イヤホンプラグ



オペアンプ(LM358N)の外観



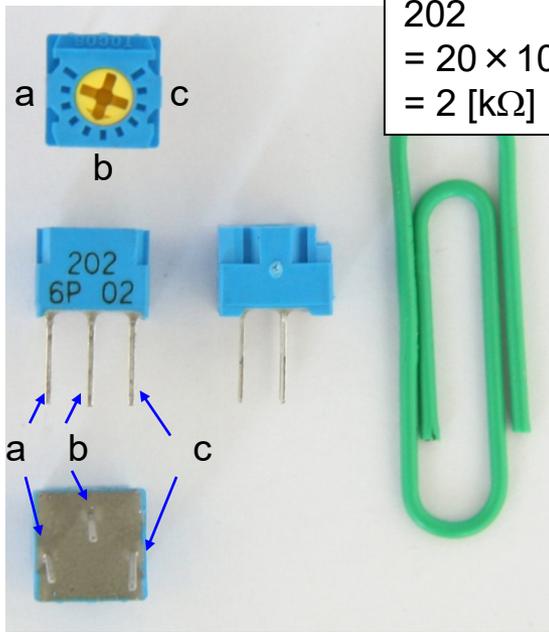
オペアンプの立体図



オペアンプ(LM358N)
の内部配線

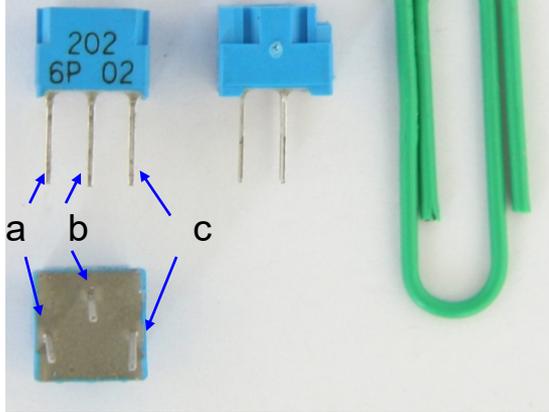
オペアンプ(LM358N)

上面



202
 $= 20 \times 10^2 [\Omega]$
 $= 2 [\text{k}\Omega]$

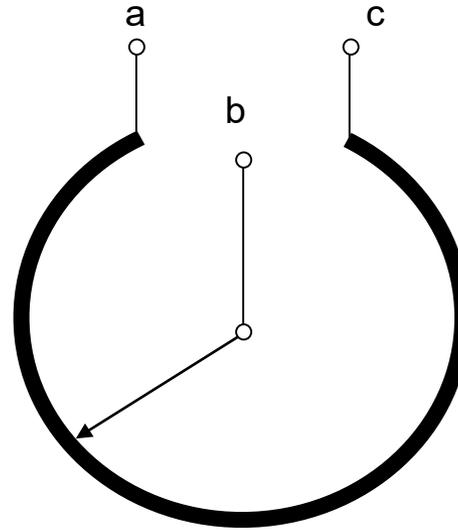
正面



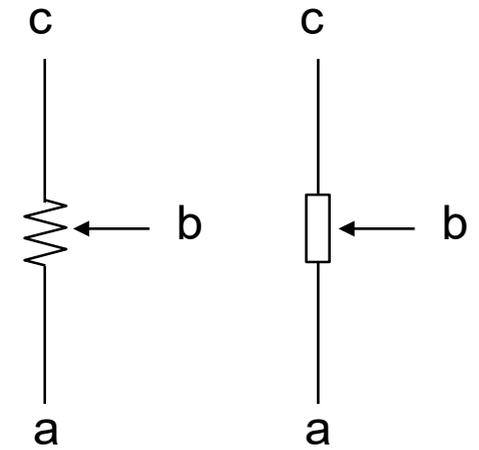
下面



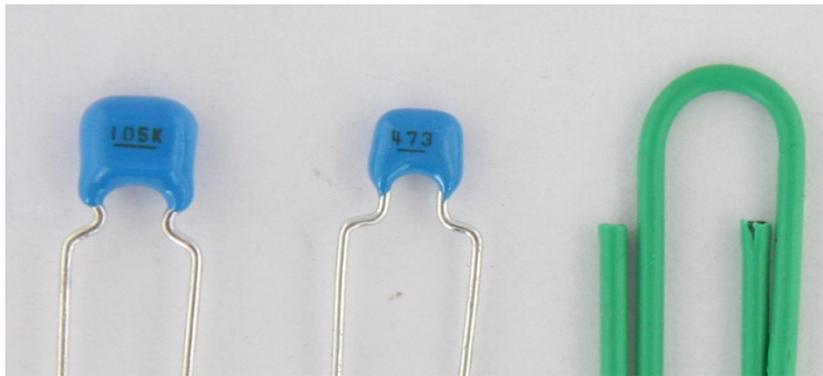
可変抵抗器の例(2kΩ)



可変抵抗器の構造
(上面から見た図)



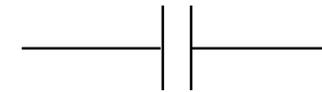
可変抵抗の記号



コンデンサ

105
 $= 10 \times 10^5 [\text{pF}]$
 $= 1000000 [\text{pF}]$
 $= 1 [\mu\text{F}]$

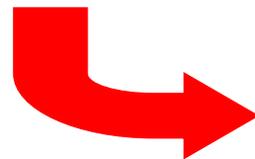
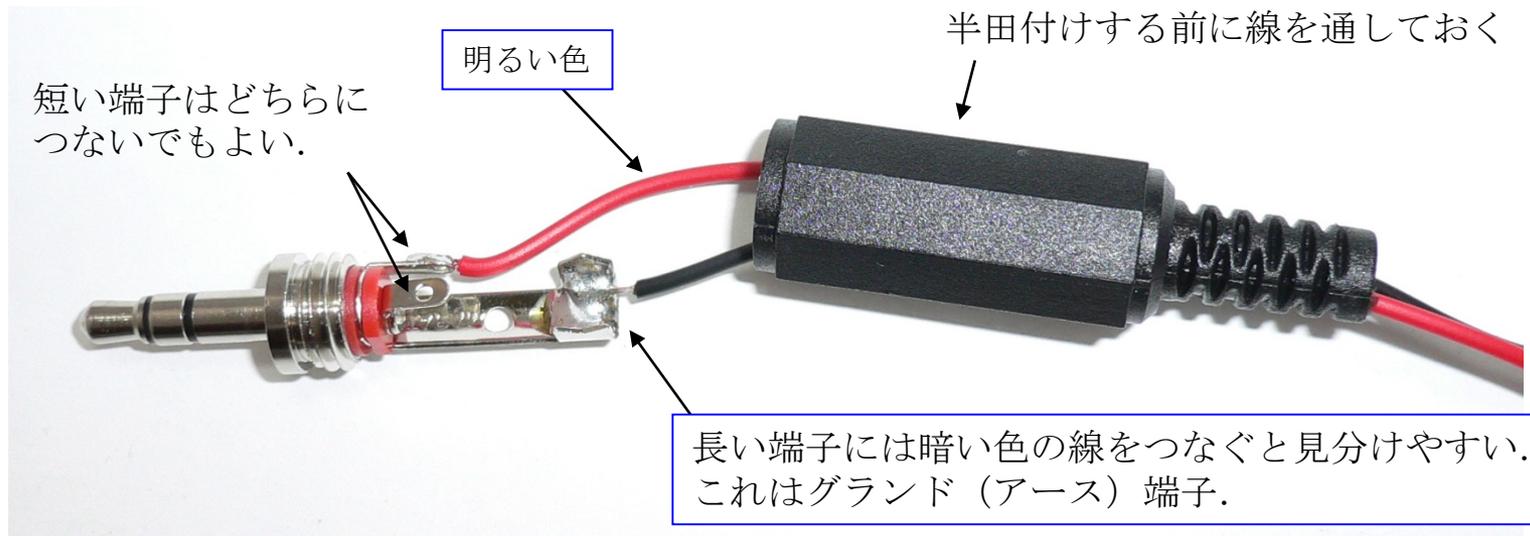
473
 $= 47 \times 10^3 [\text{pF}]$
 $= 47000 [\text{pF}]$
 $= 0.047 [\mu\text{F}]$



コンデンサの記号

イヤフォンプラグの半田付け

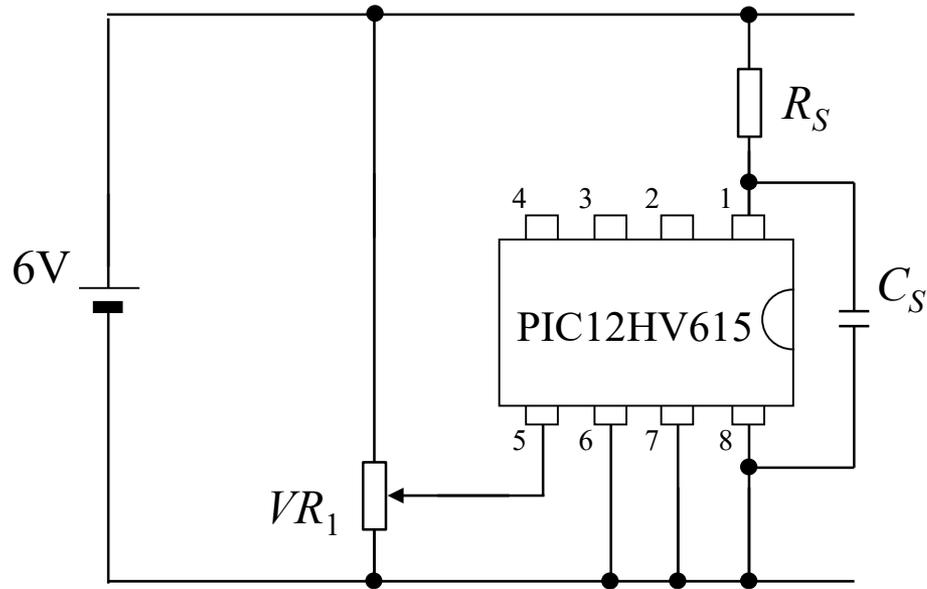
端子は3つある。短い2つの端子は左、右の音声信号。長い端子はグラウンド。



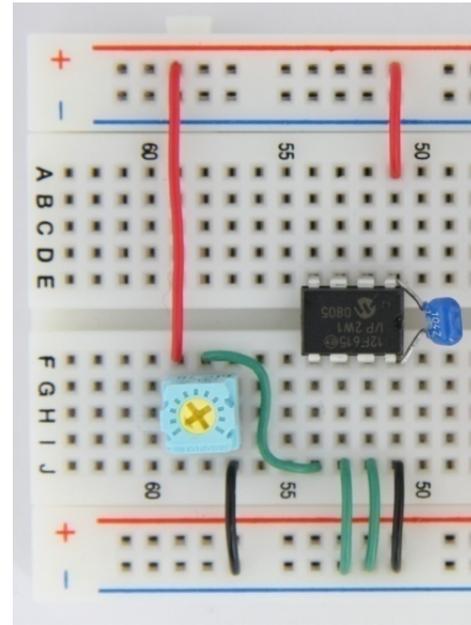
完成



PICマイコン(PIC12HV615)による正弦波生成回路, 3タイプPWM回路

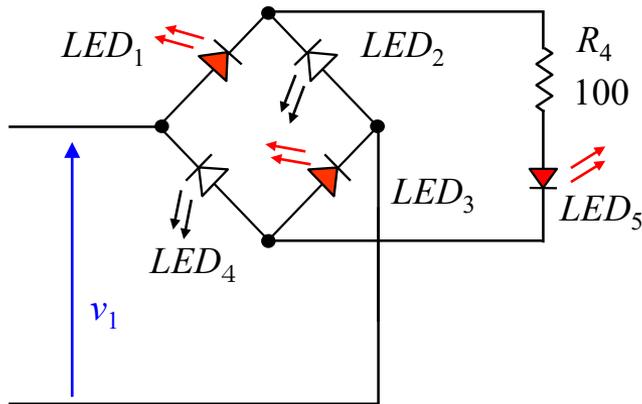
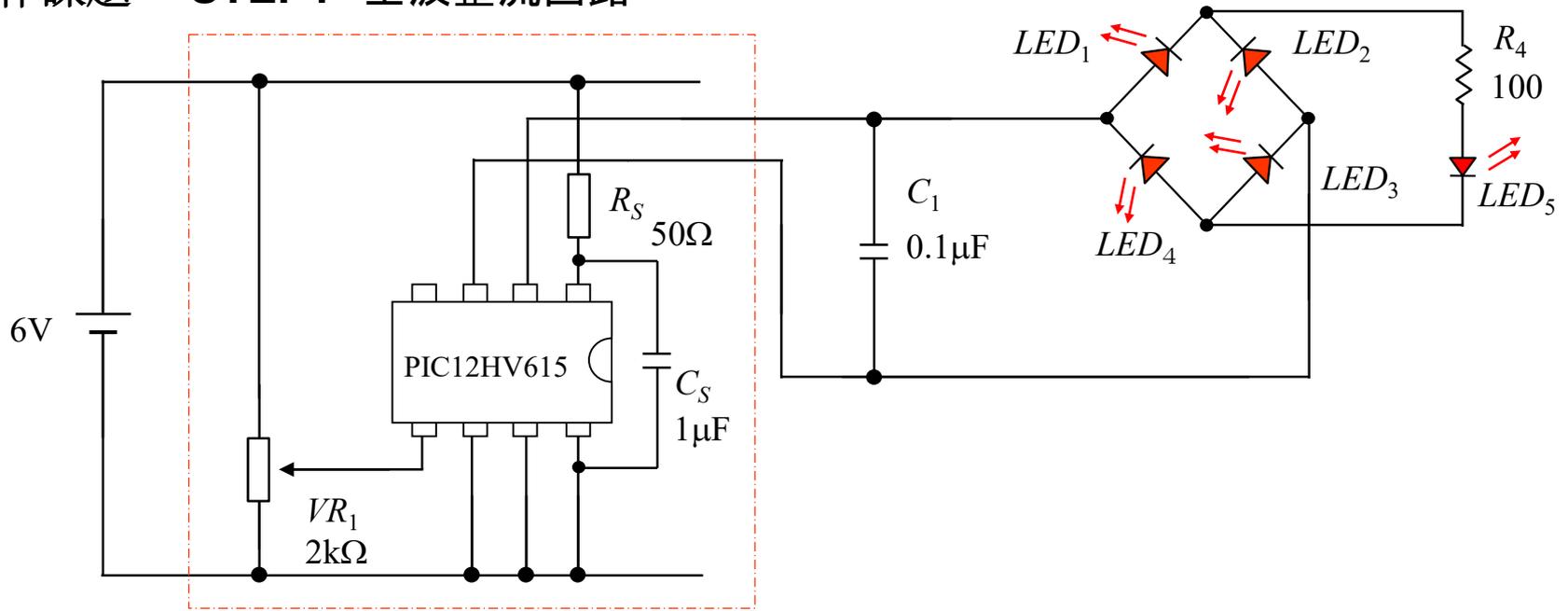


(a) 回路図

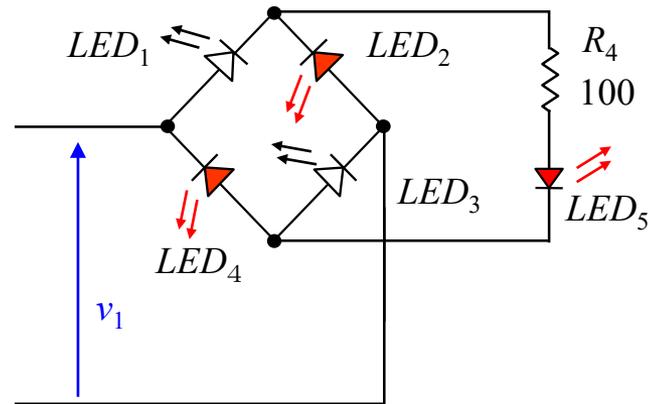


(b) 実回路

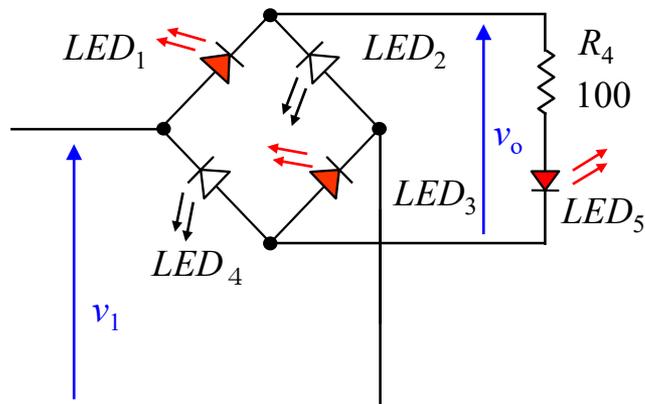
製作課題 STEP1 全波整流回路



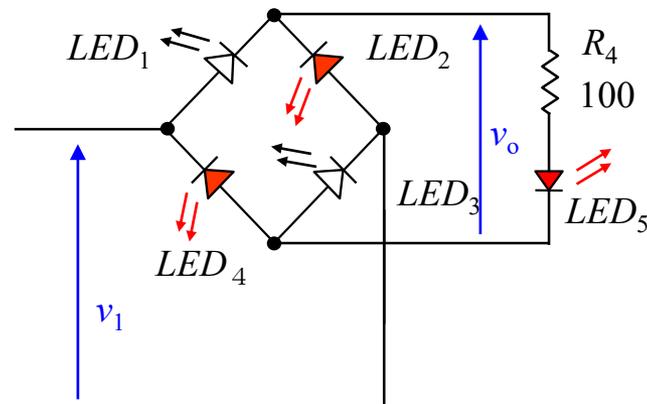
$v_1 > 0$ のとき, LED1, 3, 5オン



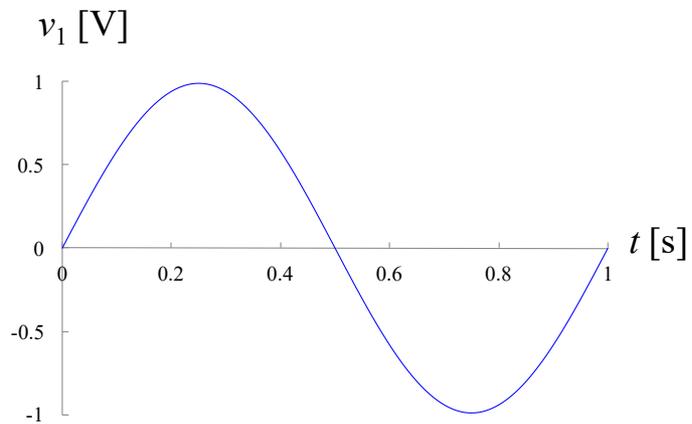
$v_1 < 0$ のとき, LED2, 4, 5オン



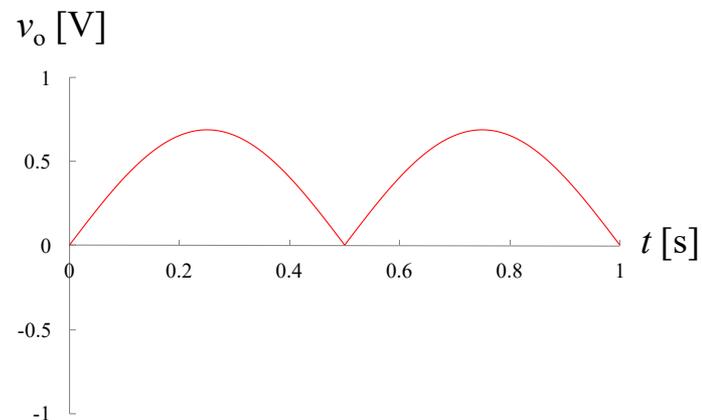
$v_1 > 0$ のとき, LED1, 3, 5 オン



$v_1 < 0$ のとき, LED2, 4, 5 オン

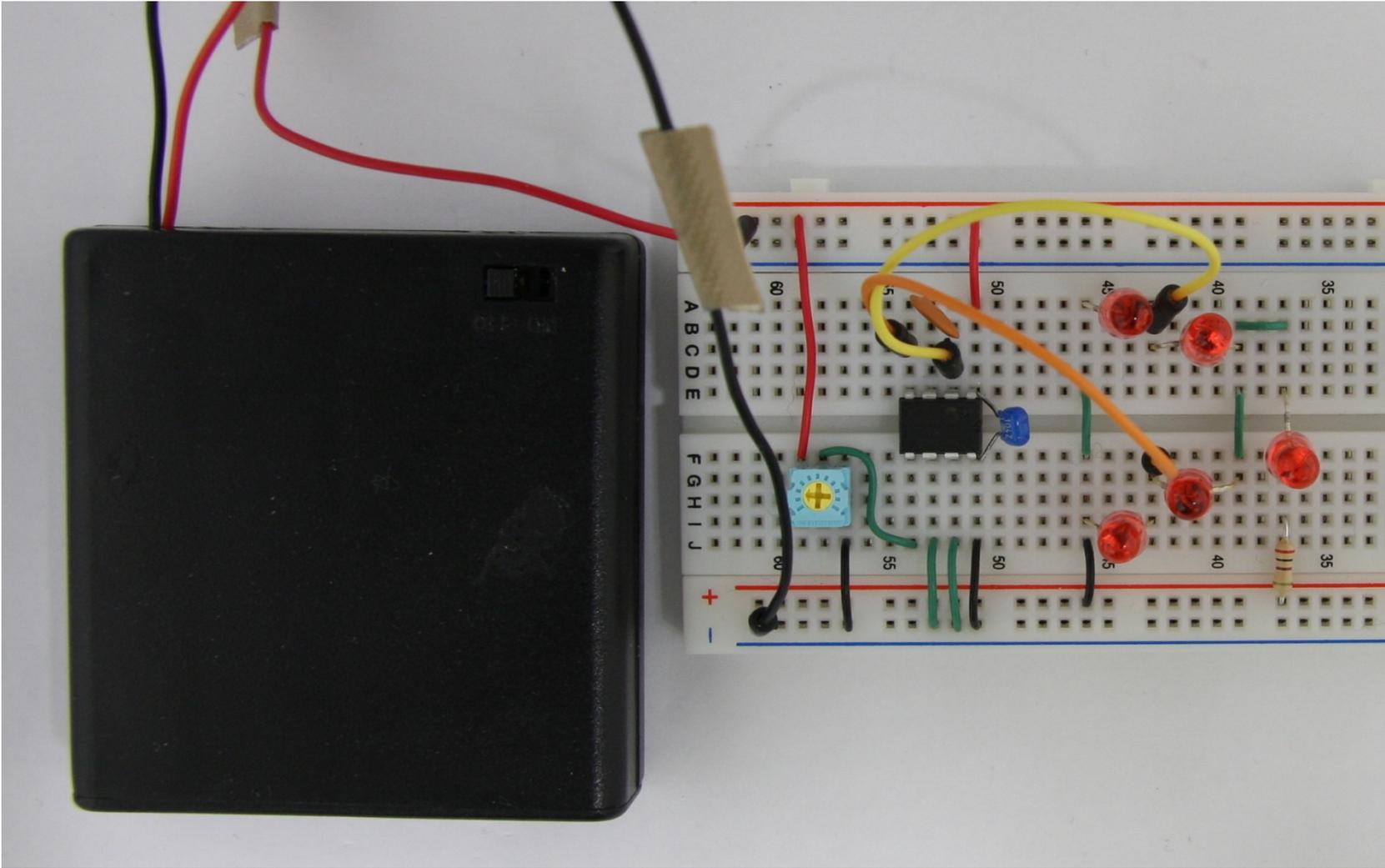


(a) v_1 の波形



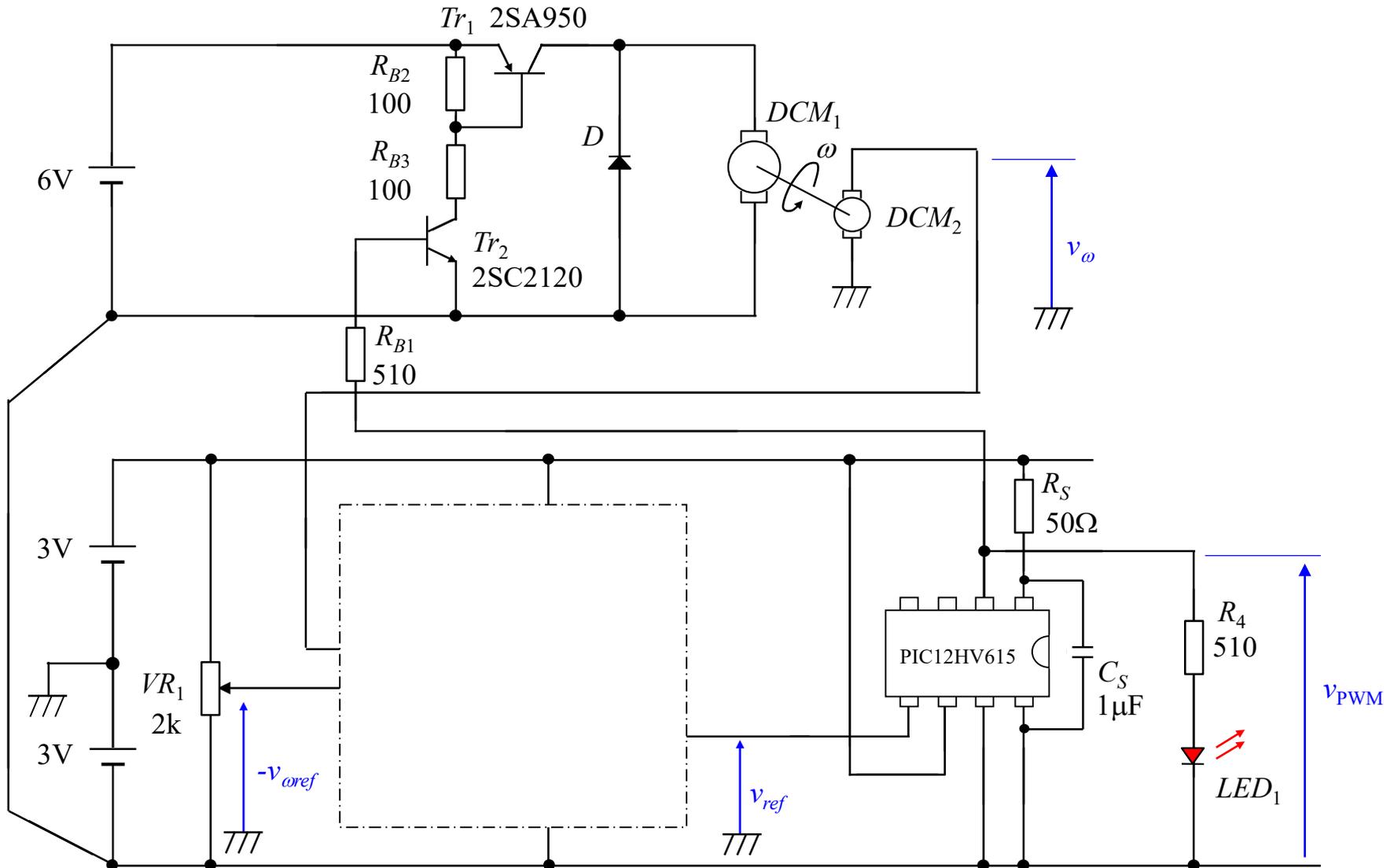
(b) v_0 の波形

製作課題 STEP1 全波整流回路

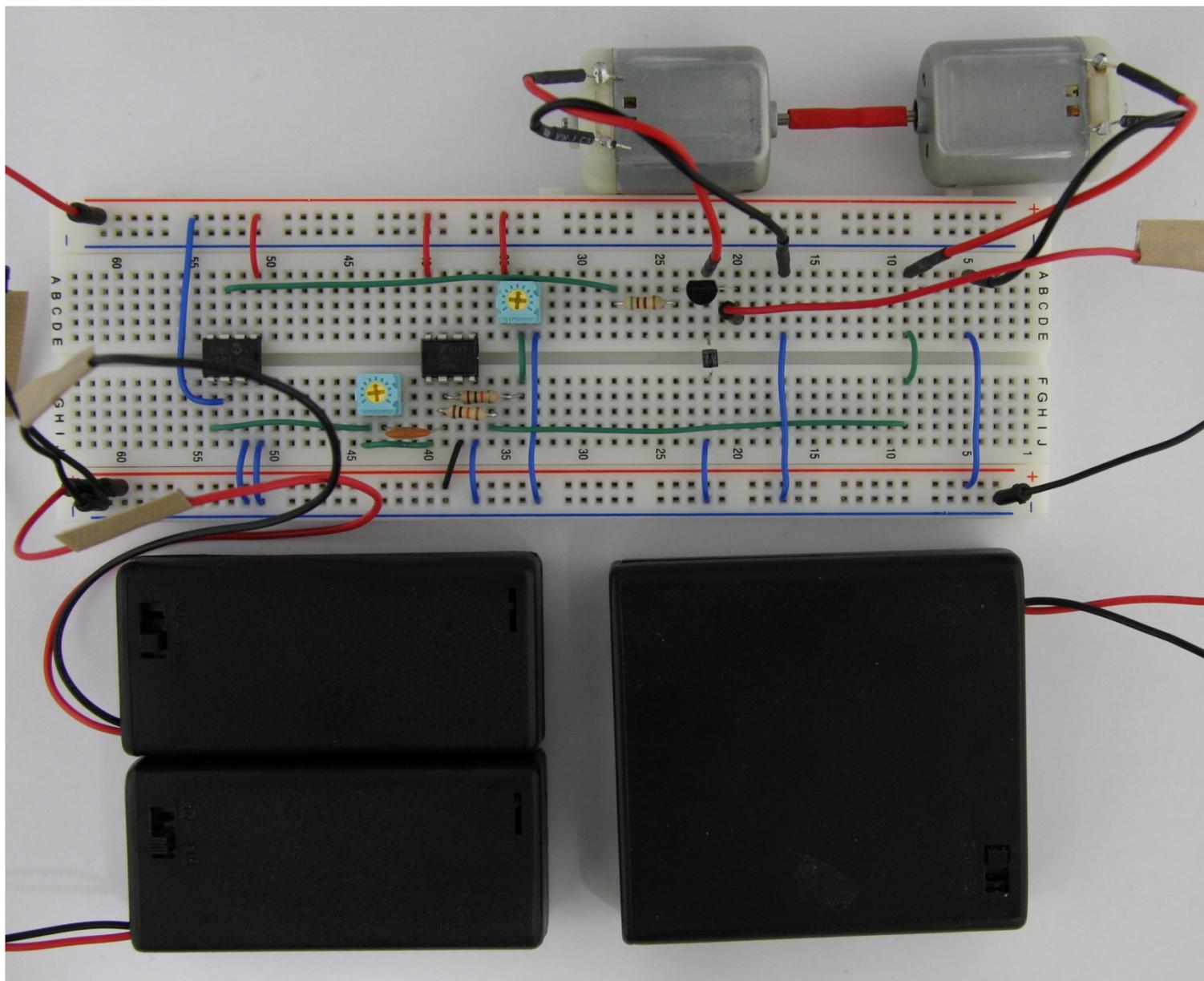


STEP7 製作課題 降圧チョップパ回路によるDCモータの回転数制御

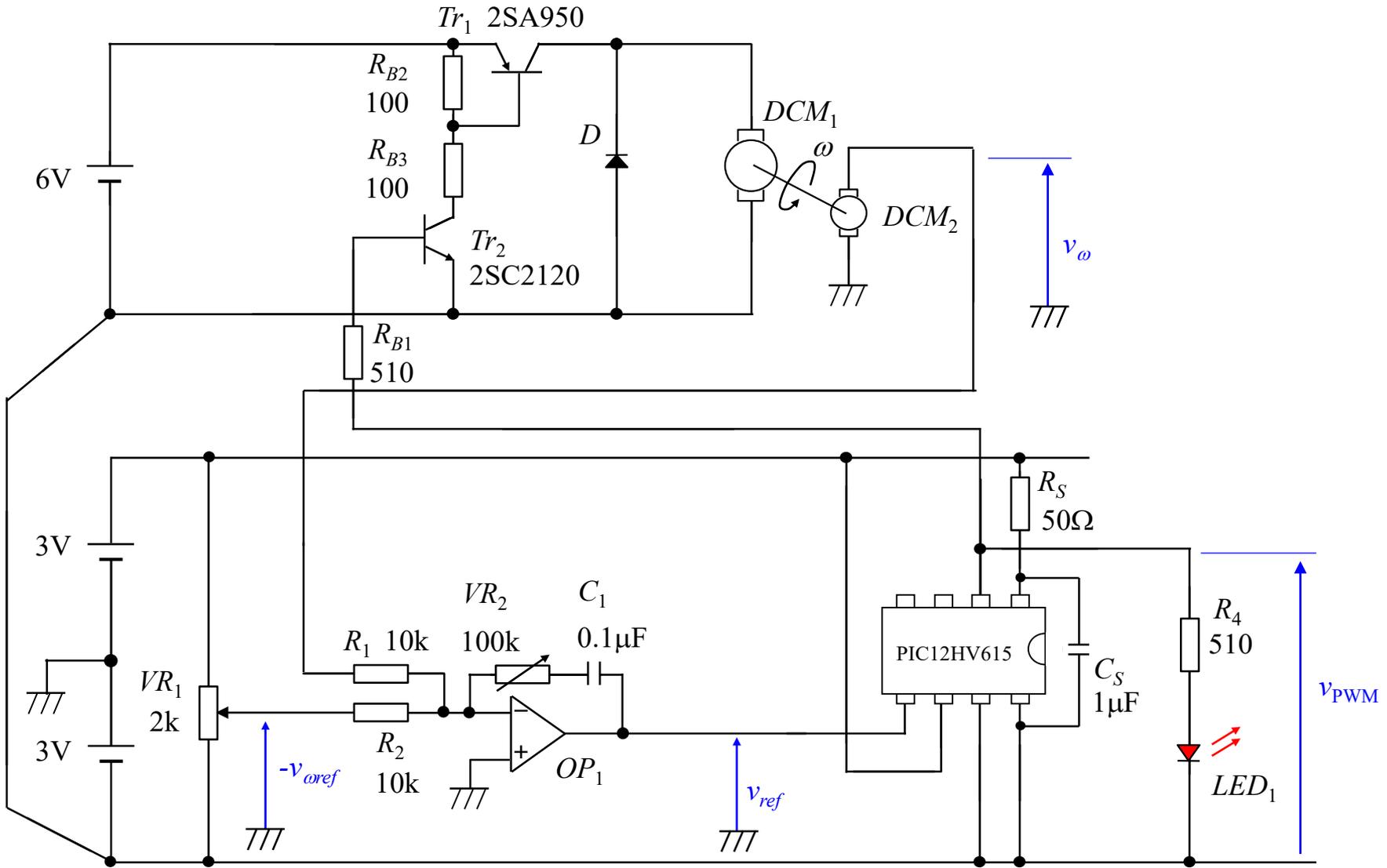
一点鎖線で囲まれた部分にオペアンプによるPI制御回路を設計せよ．ただし，比例ゲイン $K_p = 5$ ，積分ゲイン $K_I = 1000$ とせよ．



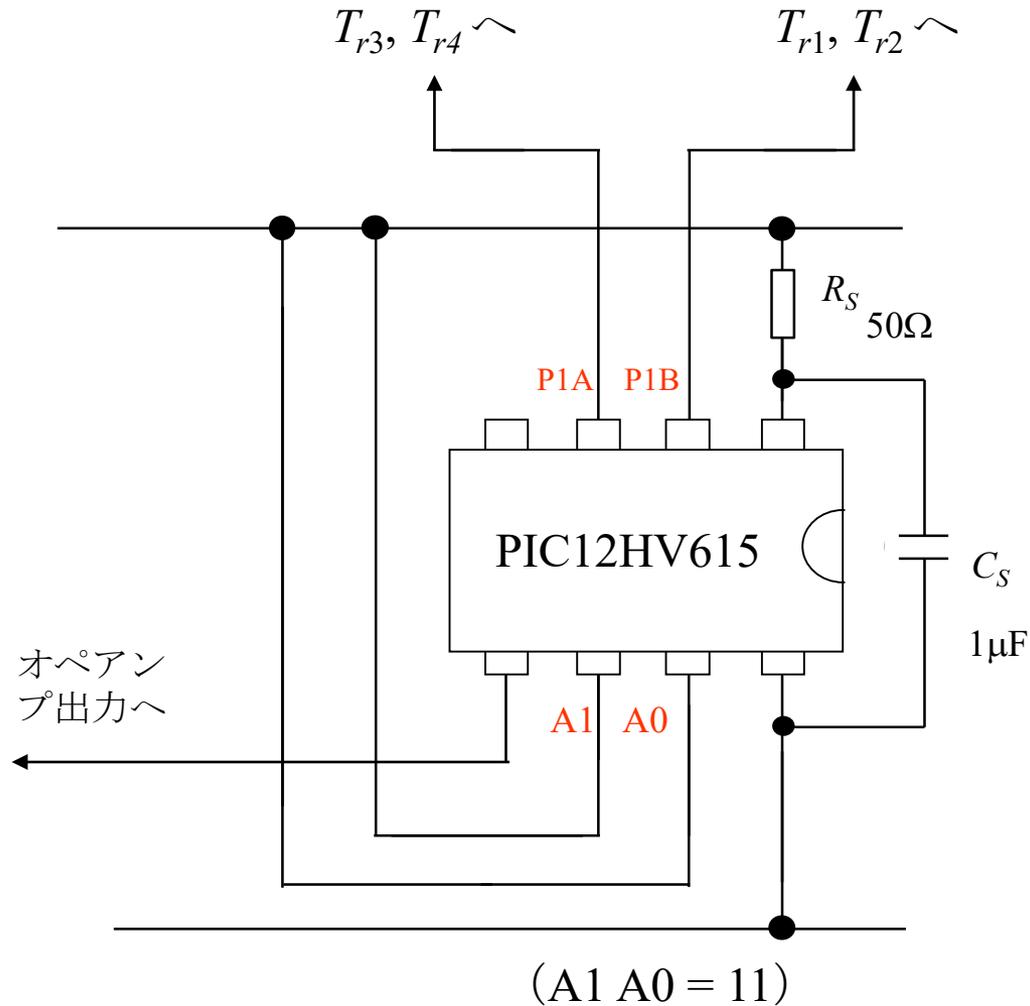
製作課題 STEP7 降圧チョッパ回路によるDCモータの回転数制御



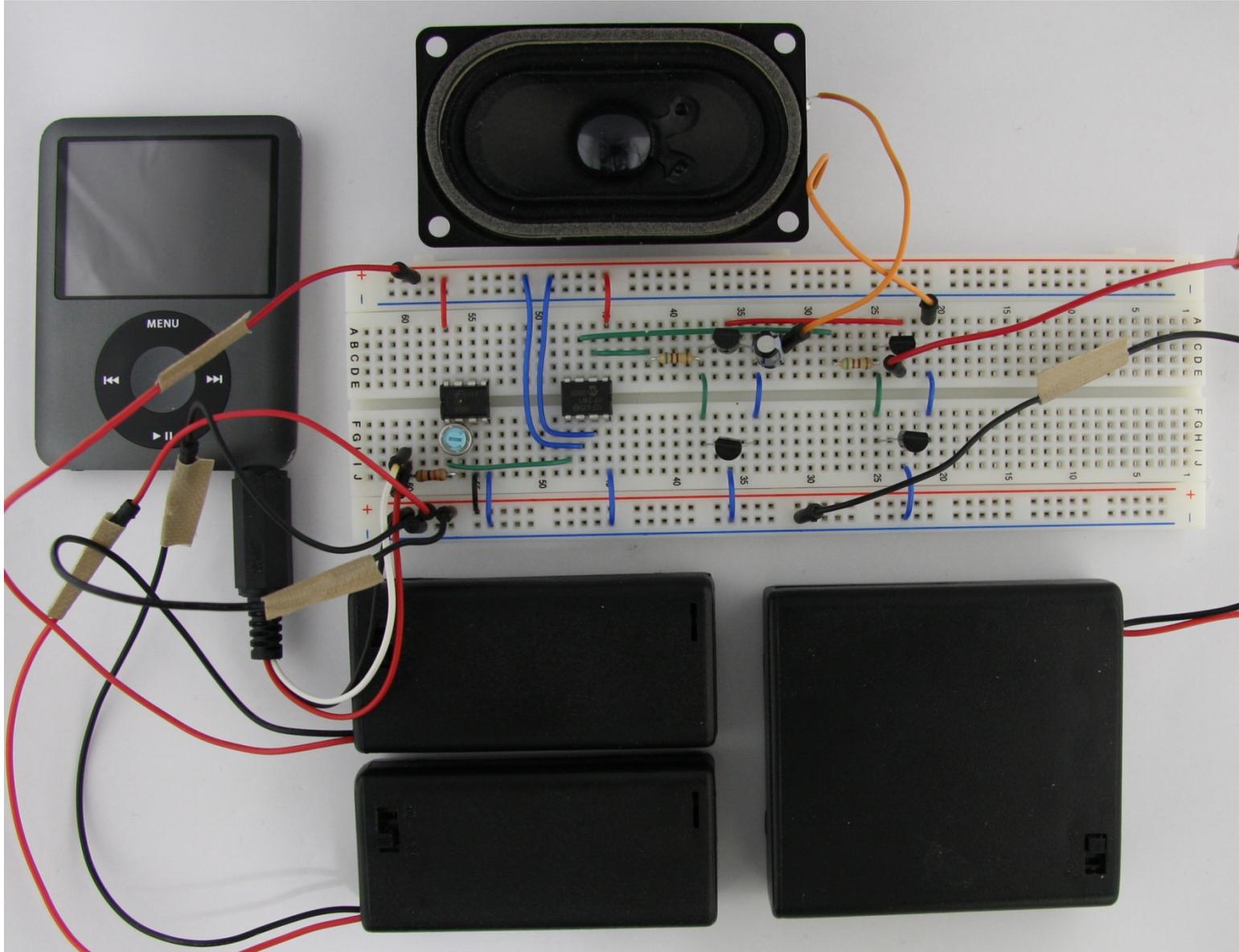
STEP7 製作課題 (解答)



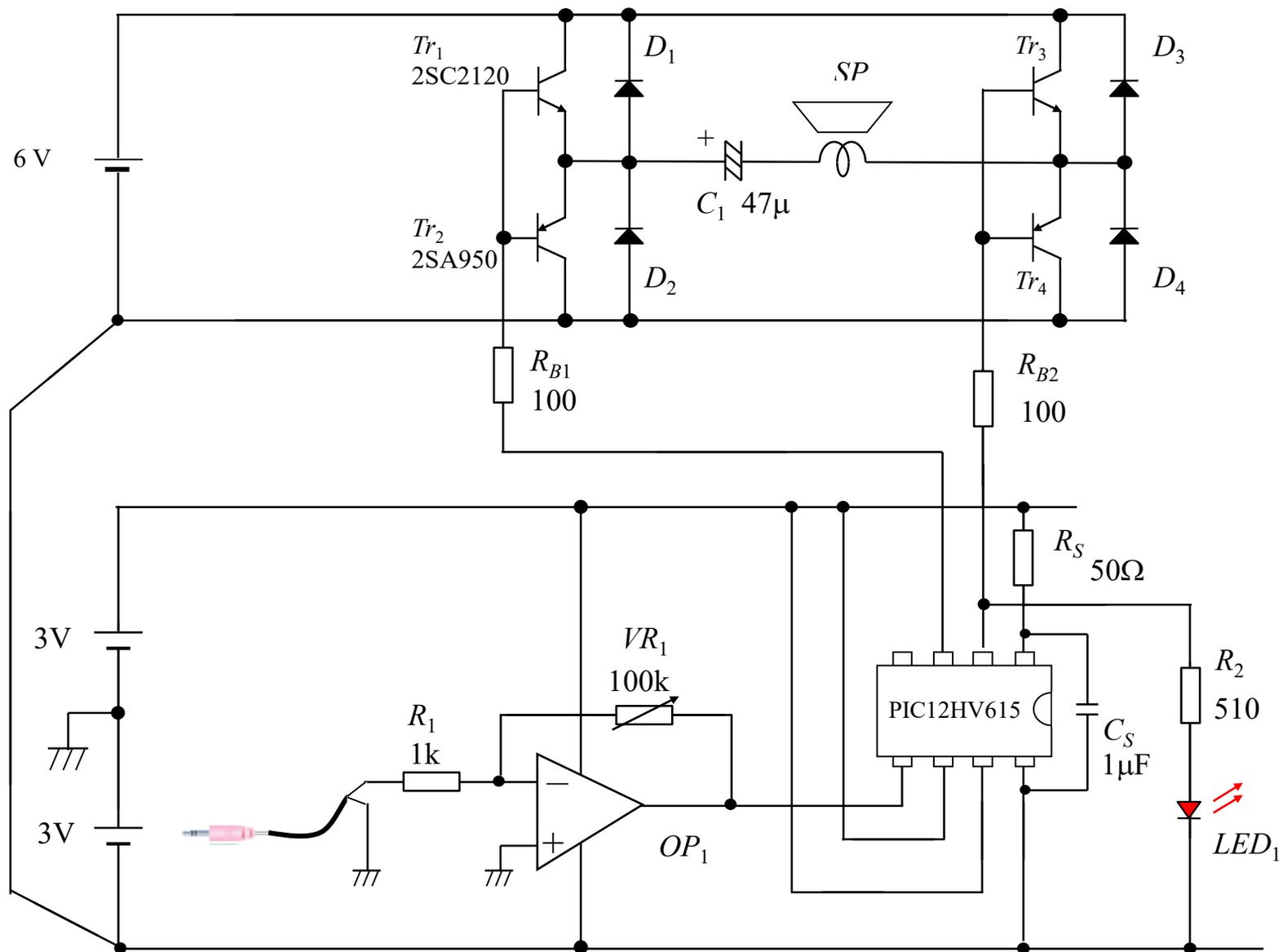
STEP10 製作課題 フルブリッジインバータによるD級アンプを設計，製作せよ。
設計した回路図も一緒に提出してTAのチェックを受けること。



製作課題 STEP10 フルブリッジインバータによるD級アンプ



STEP10 製作課題 解答 フルブリッジインバータによるD級アンプ



実施日：平成24年6月4日（第7回講義終了時点）

回答者数：94人(回収率78%)

回答方式：自由記述形式，記名式

回答数

製作は楽しい，おもしろい，新鮮，うれしい，感動がある，達成感がある	42
製作により理解が深まる	28
製作課題はちょうど良い難易度	15
製作はたいへん 実際の難しさを知ることができた	12
前半に座学，後半に製作演習は理解しやすい	7
原理を直感的，視覚的に知ることができるので貴重な時間	6
製作課題はわかりやすい	6
製作課題は座学をきちんと聞いていれば分かる	3
回路動作を定性的に理解し，考えていくことの大切さが分かった	2
漸進的に発展していくので理論を理解しやすい	2
きちんと動く気持ちいい	2
壊すことも良い経験	1
だんだん速く，しかも配線を少なく作れるようになってきているので，毎週の授業が楽しみ	1
製作は間違えると壊れるので，緊張感があって良い	1
今期の講義で一番好きで楽しい	1
講義と製作課題が直結しているので，講義に集中できる。	1

理解していなくても製作課題はできる. ただの作業 となる	10
並ぶ時間が長い	9
製作課題は 簡単すぎる	6
座学の回路を作るだけなので 簡単	3
座学の時間を多めに 製作課題は家でやる	3
講義の中で例題を出して欲しい	2
座学の流れが速い	1
非線形回路についてももう少し難しい内容をやって, 理解を深めたい	1
講義中に数式を使って定量的に説明して欲しい	1
トランジスタの中身の講義もして欲しい	1
理解していないと製作できない課題とすべき	1
部品の故障を防ぐ方法を教えて欲しい	1
陥りやすいミス, 部品が壊れかねないミスに対する注意を目立つように	1
同じようなLEDの点滅が多く退屈気味	1
設計課題がもっとある方が良い	1
マイコンの中身が分からない	1

前半の座学・製作課題についてのアンケート結果なので, モータ制御などの製作課題の体験は反映されていない. Step.7, 10のような製作課題では多くの学生が手応えと大変さを感じていたようである. 期末(**回収率50%**)のアンケート結果ではほとんどの学生が製作の楽しさと充実感を記していた.

まとめ

1. パワーエレクトロニクスの講義に製作演習を導入することで、学生が楽しみながら学べる工夫をしている。
2. パワーエレクトロニクス回路を作る楽しさを多くの学生に体験させることができている。
3. 低価格で高品質の部品を揃えることは大きな課題である。
4. 座学にかける時間がどうしても少なくなり、講義内容を深めることができない。