

## 直流電源回路製作実験の改善\*

柄澤 孝一\*\*

蔵之内真一\*\*\*

渡邊 誠一\*\*

古川万寿夫\*\*\*\*

青木 博夫\*\*\*\*\*

松島 久夫\*\*\*\*\*

## Improvement of the Experiment of DC Power Supply Circuit

Koichi KARASAWA\*\*, Shin-ichi KURANOUCI\*\*\*, Seiichi WATANABE\*\*, Masuo FURUKAWA\*\*\*\*, Hiroo AOKI\*\*\*\*\* and Hisao MATSUSHIMA\*\*\*\*\*

キーワード： 直流電源回路，電子回路製作，プリント基板，エッチングマシン

## 1. ま え が き

電気工学科では，従来の形式化した電気工学実験を改善するため，平成5年度より電子回路製作に重点を置いた実験テーマを導入した<sup>1)</sup>。1年後期には，電子タイマー，2年後期には，ポケコン制御回路，3年前期には直流電源回路製作，4年後期には鉄道模型の制御回路<sup>2)3)</sup>を実験テーマに取り入れている。

平成4年度までの電気工学実験では，電子回路製作といえるものとして1年前期でのキットテスト製作だけであった。テーマのほとんどが，3～4人をグループとしての実験であり，このグループ実験には長所がある反面，実験を行う過程において『役割分担』が生じてしまい，4，5年生でもオシロスコープなどの基本的な実験装置を使えない学生が多くなってきている。

電子回路製作実験では，学生各々に回路製作を課題とすることにより，グループ実験における『役割分担』がなく，課題をこなさなくてはならない。学生や実験担当教官にかなりの負担はかかるが，有意義な実験となる。

本論文は，3年前期で行っている直流電源回路製作の従来の内容と改善した内容について述べている。本実験の他の電子回路製作実験との異なる点としては，使用する基板にはユニバーサル基板（既製品）ではなく，学生が生基板またはポジ感光基板からプリント基板を製作するという点と，いろいろな工具を用いてケースを加工するという点である。

## 2. 改善前の直流電源回路製作の概要

図1は直流電源回路の構成図である。AC100VをトランスでAC16Vに降圧した後，ダイオードブリッジ4B1で全波整流し，電解コンデンサで平滑して直流約22Vを得る。この直流電圧を可変三端子レギュレータLM317T

で安定化する。電圧は5kΩのボリュームで連続可変でできる。

ボリューム抵抗を $R_{ADJ}$ とすると，出力電圧 $V_o$ は次式で与えられる。

$$V_o = 1.25 \times \left( 1 + \frac{R_{ADJ}}{240} \right) \quad (1)$$

ボリュームを回すことにより出力電圧を1.25～22Vまで可変させることができる。

本実験は，以下に示す計画で実施されている。

- 1週目：プリント基板製作
- 2週目：ケース・穴あけ加工
- 3週目：組立及び動作チェック
- 4週目：実験

本実験で用いた実験テキストを以下に示す。

## 2-1 プリント基板製作

## (1) 穴あけ

- (a) 部品穴を $\phi 1$ で，角の穴を $\phi 3$ で穴をあける。
- (b) 回路パターンの原図（図3）をコピーしたものをセロテープで紙フェノールの生基板に固定する。
- (c) 穴の中央にポンチを打つ。
- (d) 電気ドリルで部品穴（ $\phi 1$ ）をあけていく。ドリルは無理に押し込まないで，垂直に落とすように使う。
- (e) 裏側から穴がきちんとあいていることを確認する。
- (f) ハンドドリルで角の穴（ $\phi 3$ ）をあける。 $\phi 5$ のドリルでバリをとること。

## (2) 生基板へのパターンの転写

- (a) 銅箔面をエタノールで軽く拭いて，手の油などを落としてきれいにする。
- (b) 原図を見ながらレジストペンでパターンを描き写していく。塗り忘れや塗りムラなどがないように，丁寧に描くこと。原図中の指示に注意する。

\*平成9年度長野高専教育研究特別経費の助成を受けて行われた。

\*\* 電気工学科助手

\*\*\* 豊橋技科大学助手

\*\*\*\* 電気工学科講師

\*\*\*\*\* 電気工学科助教授

\*\*\*\*\* 電気工学科教授

原稿受付 1998年10月30日

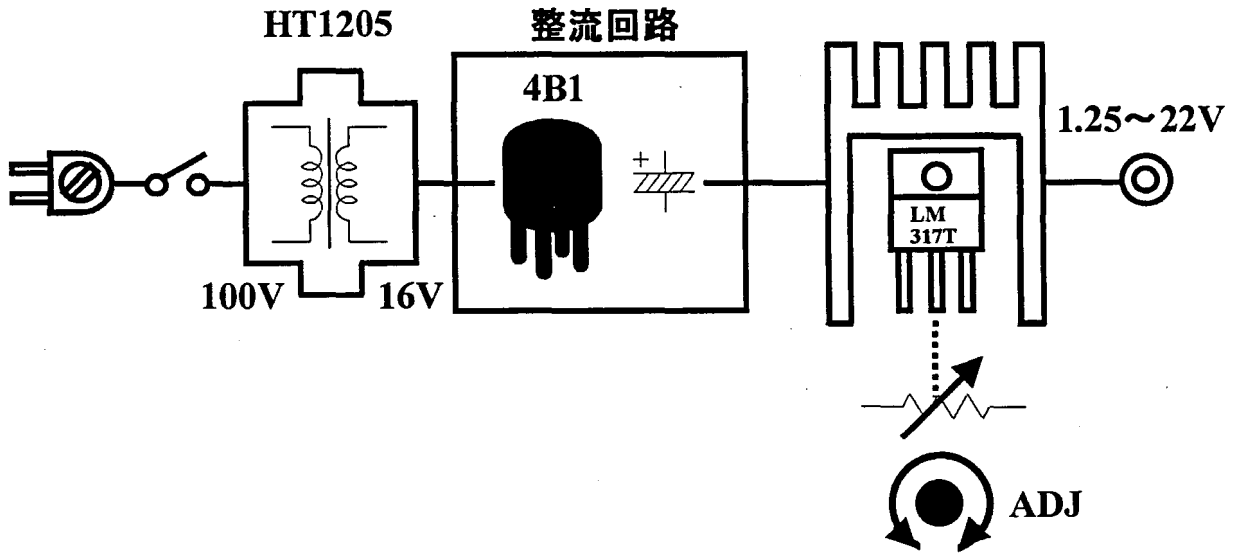


図1 直流電源回路の構成図

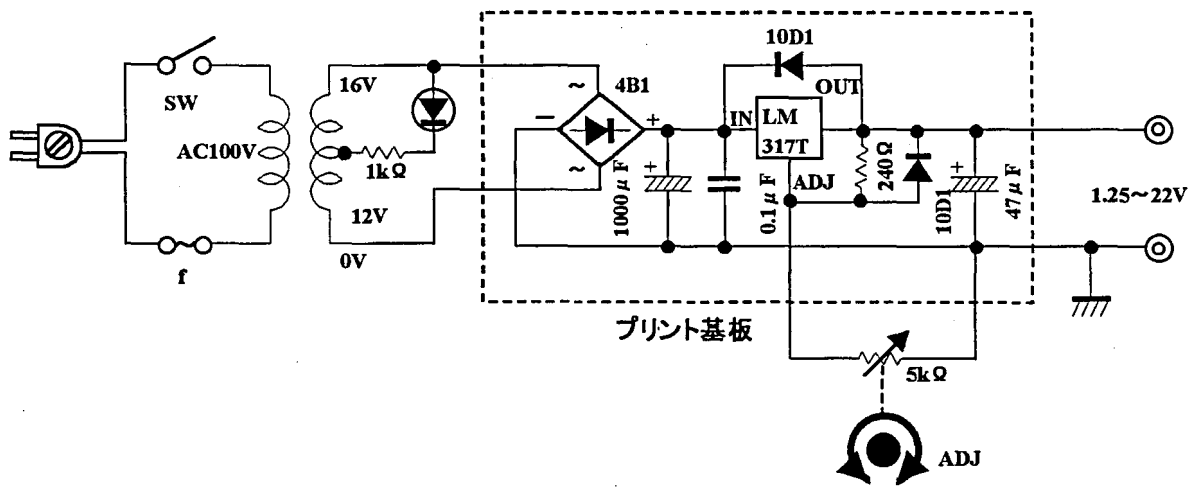


図2 電源の回路図

(c) 出来上がったら、もう一度原図と比べて、間違いのないことを確認する。(注) レジストペンは乾燥しやすいので、キャップを開けっ放しにしない。

(3) エッチング

(a) 基板に描いたパターンが乾燥していることを確認する。パターンに色の薄いところや切れているところがあったら修正する。

(b) 30~40°C に暖めたエッチング液をパッドに入れる。(注) エッチング液は服につくと着色して取れなくなるので注意すること。また、ビニール手袋をして作業すること。

(c) 基板の銅箔面を下にして、基板をエッチング液

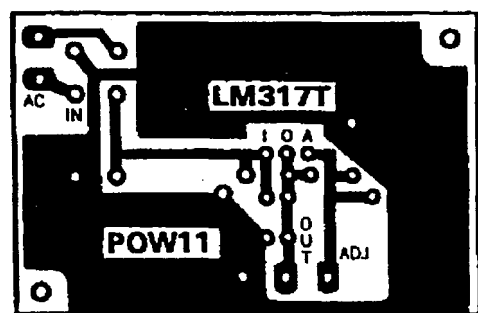


図3 回路パターンの原図 (改善前)

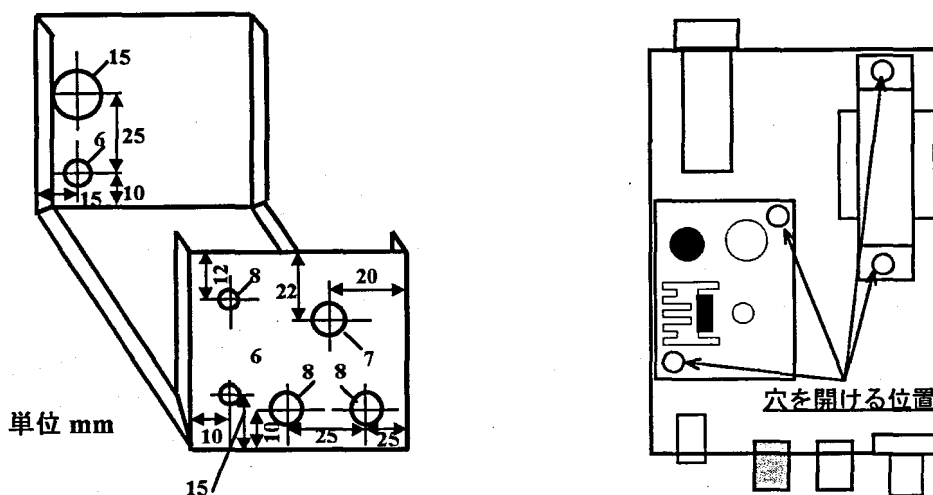


図4 ケース加工図

に浮かべる。20~30分ではぼ銅箔部が溶けてパターンが残る。あまり浸し続けるとパターンの部分まで溶けてしまうので注意する。

- (d) パターン部だけきれいに残ったら、基板を良く水洗いする。
- (e) エタノールでパターンに残ったレジストをこすり落として、きれいにする。
- (f) もう一度、原図と良く見比べてパターンのつながってしまったところがないかどうかを確認する。もしパターンがくっついてしまったら、カッターで銅箔を削り落とす。
- (g) 表面の汚れをよく除いてから、銅箔の腐蝕を防ぐフラックスを塗る。

### 2-2 ケース穴あけ加工

- (1) 図4を参照して、穴を開ける位置をマークする。底板に固定するトランス、基板の穴はまだあけない。
- (2) マークした位置がずれないように、慎重にポンチを打つ。ポンチは軽くへこむ程度で十分である。
- (3)  $\phi 5$  のドリルで、とりあえず穴を開けていく。
- (4) リーマーを使って、所定の大きさまで穴を広げる。実際に部品を当てながら、大きく開けすぎないように注意すること。
- (5) やすりとドリルの刃を使ってバリをとる。ドリルは刃物なので軍手をして、十分に気をつけること。

### 2-3 組立

回路図(図2)を見ながら基板に部品をはんだ付けしていく。

- (1) ダイオード、発光ダイオード、電解コンデンサの極性に十分注意すること。
- (2) 放熱板と三端子レギュレータ(LM317T)の間に絶縁シートを入れ、M3のプラスチックネジで止める。

その後、基板に取り付ける。

- (3) ダイオードブリッジの足(+, -, ~)に気をつけること。

### 2-4 動作チェック

各部分を十分に点検して、OKならスイッチをOFFにしてコンセントを入れる。ボリュームを反時計方向にいっぱい回しておいて、SWをONにする。以下の項目について確認せよ。

- (1) LEDが点灯するか?
- (2) 出力端子にテスタを接続して電圧をチェックする。目盛0で1.25~1.5V、目盛100で22~23Vになることを確認する。

### 2-5 実験及び報告

- (1) ボリュームツマミを回して( $V_{ADJ}$ を変化させて)、ボリュームダイヤルの目盛に対する $V_o$ を測定せよ。
- (2)  $V_o$ が5Vになるように、ボリュームツマミを調整する。ACコードをスライダックにつないで入力電圧を0~100Vまで変化させたときの $V_{AC}$ 、 $V_{DC}$ 、 $V_{ADJ}$ 及び $V_o$ の電圧をオシロスコープで測定せよ。また、任意の入力電圧に対する各部の電圧波形をスケッチせよ。
- (3) 全波整流、半波整流について調べよ。
- (4) 電源回路を製作した感想を書け(1ページ以上)。

### 2-6 実験に対する学生の感想(平成9年度)

本実験のレポートには、他のレポートと異なる点として感想(A4, 1ページ以上)の課題がある。4週の実験を振り返ってもらい、自由に書いてもらっている。

平成9年度に行った学生に感想を書いてもらった。全体として『物作り』という点では、他の実験に比べて充実していたという感想が多くあった。ケース加工につい

ては本実験で一番大変であったという感想が多くあった。電気工学実験では、1年後期に5週の電気工事士実習と2年前期に8週の機械工学実験実習を除いてはほとんど加工という事は行っていないためと思われる。プリント基板製作については、自分でパターンを描き、基板を作るという点では、興味を持てたという感想が多くあった。しかしながら、以下のような感想もあった。

(1) 下書きがうまくいかず、エッチング液で余分なところを落としたときに、必要なところも少し落ちてしまった。

(2) 基板に下絵を描くことを雑にやってしまったため、あとで苦労した。

(3) 線が太かったり、細かったり曲がったりした。

このようにレジストペンで回路パターンを直接描くことは非常に難しいだけでなく、むらができてしまい、エッチングの後のパターンの修正にかなりの学生が時間を費やしていた。また、パターン不良を気づかずに動作チェック時にトラブルを起こす学生も多かった。そのため、4週の実験時間内で終了する学生が数人で、ほとんどの学生が放課後や空き時間を使わなければ、終了できない状態であった。

### 3. 改善後の直流電源回路製作の概要

前節のように、レジストペンでパターンを基板に直接描き、限られた時間内で完成させることは難しい。このような問題点を改善するために、平成9年度に購入したライトボックス (MODEL BOX-W10: 図5) とエッチングマシン (MODEL ES-600: 図6) を用いてプリント基板を製作することにした。回路パターンの設計については、事前にCAD(PCBE) で作り、学生を以下の手順に集中させることにした。

改善したプリント基板製作部分の実験テキストを以下に示す。

#### 3-1 プリント基板製作

##### (1) 感光基板へのプリントパターンの転写

紙フェノールのポジ感光基板 (100mm×150mm) の感光面に図7の回路パターンのシートをのせ、ライトボックス (MODEL BOX-W10) で4~5分間感光させる。

##### (2) 現像

- 現像バットにぬるま湯 (約 200cc) と現像剤を混ぜて約 40°C の現像液を作る。
- 感光後、パターンを上にして現像液に基板を沈める。
- 現像が終わるまで、容器ごと液を動かす続ける。
- パターンがくっきり現れ、回路以外の感光剤が完全に溶けたら、引き上げて水洗いする。

##### (3) 検査・修正



図5 ライトボックス

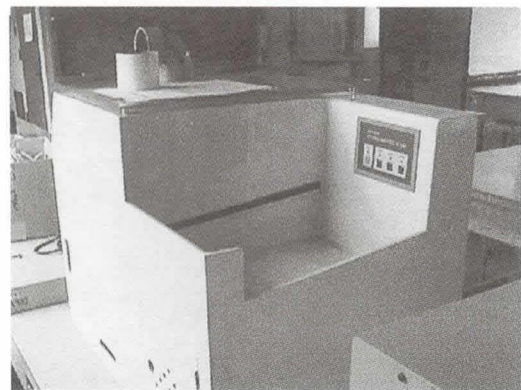


図6 エッチングマシン

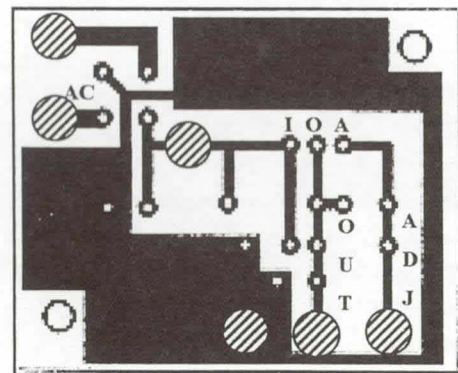


図8 回路パターンの原図2 (改善後)

エッチングする前に、パターンの検査を行い、パターン切れや、不安なところはレジストペンで修正する。

##### (4) エッチング

- エッチングマシン (MODEL ES-600) に修正した基板を斜めに入れる。マシン内では、

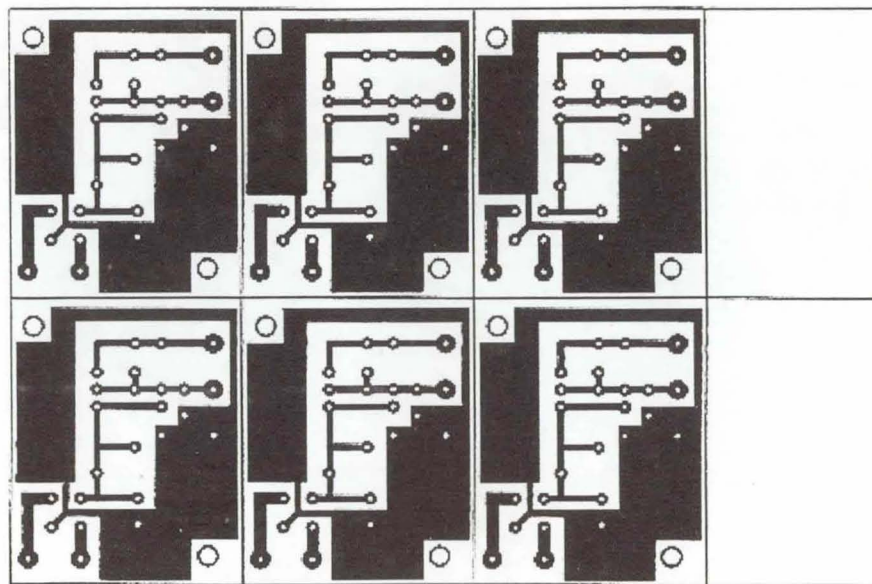


図7 回路パターン原図(改善後)

40°C程度に温められたエッチング液が基板に吹きかけられ、パターン(黒い部分)以外の銅箔部が溶けてパターンが残る。

- (b) 基板をよく水洗いする。
- (c) エタノールでパターンに残ったレジストを落としてきれいにする。
- (d) アクリル板カッターでエッチングした基板から6枚分の基板を切り取る。(注)エッチング液は服につくと着色して取れなくなるので注意すること。また、ビニール手袋をして作業すること。

(5) 穴あけ

部品穴をφ1のミニハンドドリルで、角の穴をφ3のハンドドリルである。

(6) 組み立て

基板に部品を半田付けした後、図8において、斜線の部分にはメッキ線を通し、裏側を半田付けする。基板の表側にメッキ線を1cm程度出しておく(実験(2)で必要になる)。

図9は製作されたプリント基板に部品を半田付けした写真である。図10は完成した直流電源である。

3-2 実験に対する学生の感想(平成10年度)

平成9年度と同様に平成10年度に実験を行った学生に感想を書いてもらった。その中で、プリント基板製作についての感想を以下に示す。

- (1) 今まで、メッキ線でユニバーサル基板の裏側に面倒な配線をしなくてはいけなかったが、プリント基

板ではその手間が省ける。

- (2) プリント基板ができるまでの流れが良く分かった。

- (3) 基板から自分で作るということでけっこうドキドキしたが、以外と簡単に楽しく作ることが出来た。

- (4) 今まで部品間を接続するのにメッキ線を使っていたかきれいに曲げるかなんて事を悩みながら作っていた記憶がある。それを考えるとプリント基板は楽だと思う。

以上のように、ライトボックスとエッチングマシンを用いてプリント基板製作の改善を図ったことにより短時間で良好なプリント基板が製作できるようになり、ほ

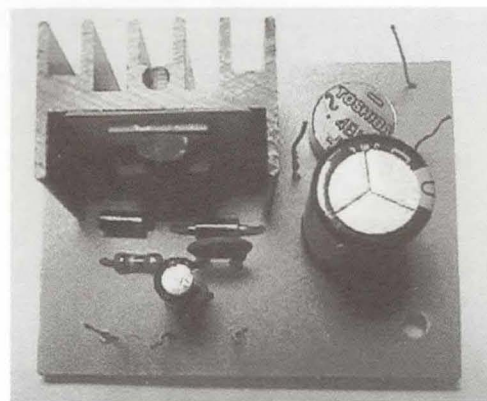


図9 半田付けされたプリント基板



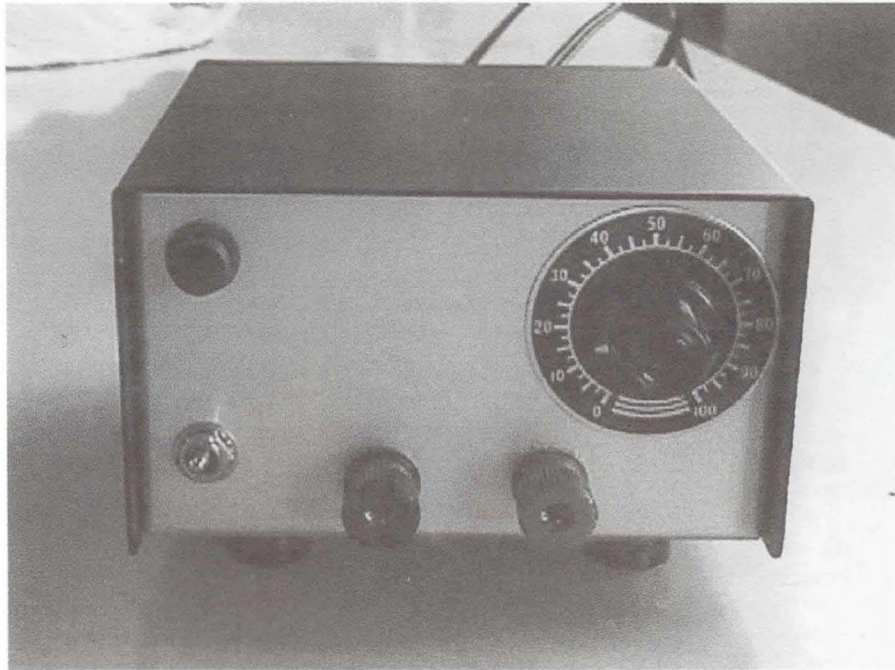


図10 完成した直流電源

とんどの学生が時間内で実験が終了している。

#### 4. むすび

本論文では、直流電源回路製作の改善前後の概要について述べ、学生に課題として与えた感想をまとめた。

改善前のプリント基板製作では、手書きで回路パターンを描くことについては、学生が興味を持って取り組んでいたが、出来上がった回路の不良によるトラブルが多かった。

改善後のプリント基板製作については、短時間で効率よくプリント基板を製作できる反面、製作には機械によるところが多いため、改善前より学生のプリント基板製作への興味が低下させた感じがする。

プリント基板製作の改善に関わらず、ケースが小さく、配線が難しい、出力電流があまり取れず、使用目的を制限してしまうという感想があった。

今後の課題としては以下のことがあげられる。

(1) 本実験では、回路パターンの原図を事前に用意しておいたが、CADを用いて学生各々に作らせる。4週の実験では回路パターンを作らせる時間がないが、他の実験テーマとの調整、または、電気製図との調整により実現できると考えられる。

(2) 出力電流を1Aまでとれるようにする。現状の構成では、ケースが小さく、放熱板もケースに合わせているため、出力電流が制限されている。ケースと放熱板をひとまわり大きいものを使用することにより、出力電流を多く取れ、また、配線にゆとりができ、製作時間を短縮することが期待できる。

#### 参考文献

- 1) 古川万寿夫, 柄澤孝一, 蔵之内真一, 大澤幸造, 宮崎敬, 青木博夫, 知野照信, 山田達朗, 松島久夫, 畑宏: “長野高専電気工学科における工学実験実習の改善,” 高専教育 第18号, pp. 193-200, 1995.
- 2) 古川万寿夫, 柄澤孝一, 蔵之内真一: “電気工学実験「大実験1」のための実験教材について—鉄道模型のマイコン制御システム—,” 長野工業高等専門学校紀要, 第29号, pp. 85-92, 1995.
- 3) 古川万寿夫, 柄澤孝一, 蔵之内真一, 渡邊誠一: “鉄道模型制御を題材とした長期個人実験によるマイコン教育,” 第17回高等専門学校情報処理教育研究会発表論文集, pp. 17-20, 1997.