

情報システム実習(2)

埼玉工業大学 工学部 情報システム学科

学籍番号

氏名

情報システム実習(2)

目次

ガイダンス

テーマ 1	抵抗と直流電圧の測定
テーマ 2	交流信号の測定
テーマ 3	直流モータの製作
テーマ 4	電子回路の組立
テーマ 5	AM ラジオの製作
テーマ 6	電子ブロック
テーマ 7	LED 回路製作
テーマ 8	電圧計・電流計の取扱い方
テーマ 9	電灯のスイッチ

ガイダンス

1. 授業の目的、内容、方針

シラバスの記載をよく確認する。

2. 実験の準備

テキストをよく読んで予習する。レポートに記載すべき事項や注意点が書かれている。事前に読まずに実験すると、家に帰ってレポートを書く段階になって必要なデータが無いことに気づく。また、予習しないと時間内に完了できないことがある。

3. 実験当日

(1) 持参する物

A4 レポート用紙、定規類、関数電卓、USB メモリ、カメラを必要に応じて持参する。

(2) 班指定

指定された班、指定された座席で、別紙予定表に記載のテーマについて実習を行う。

(3) 出欠

実習開始前に点呼する。カードリーダーのタッチを忘れても教員が手動で修正する。

実習開始後 30 分未満の入室は遅刻、開始後 30 分以降は欠席として扱う。

(4) 室内は飲食禁止

普通の教室とは異なり、機器故障の原因となる水分補給等は教室外で行う。

4. レポート提出

レポート提出方法ならびに提出期日は担当教員ごとに指定する。期日に遅れたレポートは受理しない。

[テーマ 1 からテーマ 5] 1 枚目に指定された表紙を付け、次回実習前日の朝 9 時 00 分までに Live Campus へ提出する。手書きで作成した場合は、明瞭に読み取れる写真を撮りページ順序がわかる名称にした JPEG ファイル、または、スキャンして 1 つの PDF ファイ

ルにした形式で提出する。ワードプロセッサを用いた場合は、Microsoft Word の docx ファイル形式か、PDF ファイル形式で提出する。Live Campus にはファイル容量上限があるため、大きすぎる画像はサイズ変更や解像度変更をしてファイルサイズを調整しなさい。

5. 追実習

病欠等やむを得ない事由で休んだ者は、それを明白に証する書面（薬や病院のレシート、法事の案内、遅延証明書等）を提示し、担当教員の許可を得た場合に限り追実習を受けられる。追実習の申請は、1日（2コマ）分のみとする。

6. 評価

全14回の3分の2以上の出席者のみが評価される。

テーマ1からテーマ5のレポート結果に50点、テーマ6からテーマ9のレポート結果に50点、それらの合計100点満点で成績が評価される。点数配分や評価基準は担当教員ごとに異なる。

[テーマ1からテーマ5] 各1テーマのレポートを10点とし、そのうち3点が実習状況、7点が報告内容に配分される。正当な事由なき遅刻早退、居眠り、さぼり、徘徊、過剰な私語、大学や他の学生への迷惑行為や不当要求など、学習への取り組み姿勢に問題がある場合は実習状況点に反映される。

7. 質問、面談

担当教員ごとに異なる。

[テーマ1からテーマ5] 教員に事前連絡の上、基本的にはオフィスアワーに對面で質問することができる。実習開始から成績確定までの間、必要に応じて個別に面談を行うことがあるので、大学に登録しているメールアドレスに呼び出し連絡がきたら速やかに応答する。

レポートの書き方

読み手が理解できる文章で書く。単語の羅列、ですます調、体現止めを使わない。誤字がないか確認する。レポートの構成を示す。章番号をふり、以下の順に記載する。各ページにページ番号を記載する。必要な場合を除き、箇条書きを使用しない。

1. 目的

- ・ 1～2行程度に要約して簡潔にまとめる。

2. 動作原理

- ・ 図、表、数式を活用してわかりやすく記載する。
- ・ 式の行の右端に、式番号を書く。
- ・ 図の下に、図番号と図の題（キャプション）を書く。
- ・ 表の上に、表番号と表の題（キャプション）を書く。

3. 実験方法

- ・ 過去形で記述する。使用機器のメーカー、型名、シリアル番号を記載する。
- ・ 作業手順を自分の言葉で説明する。テキストの文章を丸写ししない。
- ・ 図、表、数式を活用してわかりやすく記載する。

4. 結果

- ・ 過去形で記述する。実作業から何を得たかを整理し、図や表を活用して説明する。
- ・ 図表の番号を本文から参照し、図表に含まれるデータについて文章で説明する。
- ・ 実験方法と結果は対応させる。方法だけ書いてあって結果がないのは不適切。

5. 考察

- ・ 得られた結果に関してより深く考えて洞察する。
- ・ 原因となる根拠を数値や式で説明し、結果が妥当であるかを科学的に説明する。
- ・ 仮説を用いてもよい。『もし電源電圧が一定ならば、……だと説明できる。』
- ・ 『勉強になった』『よく理解できた』『興味を持てた』などの感想は考察ではない。

参考文献

- ・ 文章やデータを文献から引用したときに、出典を明らかにする。
- ・ 適切な情報源から引用する。原則、インターネット上の情報は参考文献にしない。
- ・ 剽窃しない。（他人の著作物を断りなく盗んで自分のものとして公表すること。）

レポートの例を示す。英数字フォントは Times New Roman を用いることを推奨する。

p.1

1. 目的
本実験の目的は、○○○である。

2. 動作原理
■の動作原理[1]について、図1を用いて説明する。
■は、△△△の法則によって、動作する。
■の角速度 ω (rad/s)は、
(1)式に示す印加電流 I に比例する。

3. 実験方法
3-1. 使用機器一覧

名称	メーカー	型名	シリアル番号
電子電圧計	テクシオ	AAAA1111	No. CC3333
オシロスコープ	テクトロニクス	BBBB2222	No. DD4444

3-2. 抵抗値測定
図2に示す接続図で、R1の抵抗値を測定した。

3-3. 電圧測定
図3の回路図において、R1の両端電圧を測定した。

4. 実験結果
4-1. 抵抗値測定
抵抗 R1 の抵抗値をデジタルマルチメータで測定した。

抵抗番号	理論値 (Ω)	測定値 (Ω)	相対誤差
R1	330	329.5	●●%

4-2. 電圧測定
抵抗 R1 の両端電圧値をデジタルマルチメータで測定した。

電圧の変数名	理論値 (V)	測定値 (V)	相対誤差
V_1	1.50	1.46	◇◇%

5. 考察
5-1. 抵抗値について

① 本実験における電源が●●であると**仮定する**。
(1)式を**変形する**と(2)式を**導出する**ことができるので、
抵抗の**測定値は理論値と比較すると**小さくなるといえる。

② このことは、◇◇◇の**定理からも説明**できる。
図1の回路のA部では、**理論では考慮されていない**並列回路に
電流が流れるため、抵抗値は理論値よりも小さくなる。

③ これを式で表すと、**並列抵抗を R_2 として、(3)式を得る**。
(2)式と(3)式を**比較すると**、抵抗値が小さくなることを
数式から説明できる。

参考文献
[1] 著者名、『本のタイトル』、出版社名、出版年

簡潔に述べる。
文章は現在形。

用紙にはページ
番号を振る。

図を活用してわかりやすく記載する。
文章は現在形。図、式に番号を振る。

参考文献を示す。

テキストを**参照**。参照とは丸写し
ではなく、自分の言葉で書く。

図1. ■の構造

表番号と題は表の上に書く

実際に**実施した作業を過去形**で書く。
実施していない内容は記載しない。

実際に**得られた事実を過去形**で書く。

単位を忘れない
単位を間違えない

有効桁は何桁か考える

実験内容に関して、
測定値が理論値と一致する、
または異なる理由を**考える、洞察する**。
考察でよく使われるキーワードを
文例に示す。
仮説、法則、数式を駆使
して、測定値の妥当性を
科学的に議論する。

参考文献は出版物であり、インターネットで得た
出処不明の情報ではない。

記号の書き方

学術論文における記号の書き方について、一般的なものを簡単に説明する。さらに詳しく知りたければ、代表例として『The Chicago Manual of Style』を参考にするとよい。

1. 定数

定数は、変化しない値である。定数を意味する記号は、立体（ローマン体）で記す。

表 I 定数の例

記号	記号が表す定数	数値（ここでは有効数字4桁までを記載）
c	真空中の光速	2.998×10^8
e	電気素量	1.602×10^{-19}
g	標準重力加速度	9.807
h	プランク定数	6.626×10^{-34}
k	ボルツマン定数	1.381×10^{-23}
π	円周率	3.142

2. 変数

変数は、いろいろな値に変化する量を記号で表す。変数を意味する記号は、斜体（イタリック体）で記す。

表 II 変数の例

記号	記号が表す変数（例）
<i>r</i>	円の半径
<i>z</i>	波動の伝搬距離

3. 関数

関数は、それ自体の表すものが変化しないため、立体（ローマン体）で記す。

例：sin 関数、cos 関数、tan 関数、exp 関数、log 関数

4. 数学記号

数学記号は、それ自体の表すものが変化しないため、立体（ローマン体）で記す。

例：微分記号 $\frac{dx}{dt}$

単位の書き方

単位の書き方について、国際単位系（SI 単位系）の表記法を説明する。

1. 単位の種類

7つの基本単位がある。これらの積と除で物理量を表す。

表III SI 基本単位

記号	名称	記号が表す物理量
m	メートル	長さ
kg	キログラム	質量
s	セカンド (秒)	時間
A	アンペア	電流
K	ケルビン	熱力学温度
mol	モル	物質質量
cd	カンデラ	光度

2. 単位の書き方

数値と単位の間には1字もしくは1/2字分の間隔をあける。

2個以上の単位記号の除を表す斜線(/)は原則1回のみ使用可である。

例： $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$

2個以上の単位記号の積は中点(・)または空白(スペース)を使用する。

例： $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ または $9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ または 9.8 m s^{-2}

3. 無次元の量の書き方

比率(%)、度(°)は単位ではないので、数値との間にスペースは不要である。摂氏温度(°C)だけは特殊で、数値との間にスペース不要の場合もあれば、必要な場合もある(学会の論文誌規程によって異なる)。本実習では、°Cの前のスペースは不要とする。

測定誤差と有効桁数

実験で測定した数値（測定値）には誤差が含まれている。測定値の書き方について説明する。

1. 測定誤差

誤差がまったくないときの理想的な測定値を、『真の値』という。物理量 x の真の値を x_0 とするとき、 x を n 回測定したときの『測定値』を x_m ($m = 1, 2, \dots, n$) とすると、各回の『測定誤差』 e_m は次の式で表される。

$$e_m = x_m - x_0, \quad (m = 1, 2, \dots, n) \quad (\text{i-1})$$

ここで、実際には、真の値 x_0 を知ることはできないので、理論上で計算された理想的な値（理論値） x_{theory} を x_0 の代わりに用いる。

測定誤差の、真の値に対する比率をパーセンテージで表したものを『相対誤差』といい、次の式で表される。

$$\%e_m = \frac{x_m - x_{\text{theory}}}{x_{\text{theory}}} \times 100, \quad (m = 1, 2, \dots, n) \quad (\text{i-2})$$

測定誤差を、真の値からのズレを示す『確度 (accuracy)』と、ズレた場所の付近でのバラツキを示す『精度 (precision)』に分けて考えると、測定値は次の式で表される。

$$x_m \approx x_0 + e_{\text{acc}} \pm e_{\text{pre}}, \quad (m = 1, 2, \dots, n) \quad (\text{i-3})$$

$$x_{\text{mean}} = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n x_m \quad (\text{i-4})$$

$$e_{\text{acc}} = x_{\text{mean}} - x_0 \quad (\text{i-5})$$

$$e_{\text{pre}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n (x_m - x_{\text{mean}})^2} \quad (\text{i-6})$$

ここで、 x_{mean} は測定値の平均値、 e_{acc} は確度、 e_{pre} は精度である。

2. 有効桁数

小数部を含む数値において、意味のある数字の桁数のことを、有効桁数という。例えば、円周率 3.14 は有効 3 桁である。位取りを示すゼロは除くので、0.0012 あるいは指数表記 1.2×10^{-3} はいずれも有効 2 桁である。

理論値が 9.999 V のとき、これを 0.1 V まで測定可能な仕様の電圧計で測定したら 9.0 V と表示されたとする。このとき、相対誤差は次のように計算できる。

$$\%e = \frac{9.0 - 9.999}{9.999} \times 100 = -9.991\% \quad (\text{i-7})$$

この相対誤差は正しいだろうか？

上記の測定器は小数第 1 位 (0.1 V の桁) までしか測定できないので、小数第 2 位 (0.01 V の桁) 以降は不明である。不明な 0.01 V は理論値の 0.1% に相当するので、相対誤差の小数点以下は無意味である。次のように、有効桁を 0.1 V の桁にそろえて計算すると、相対誤差は -10% と計算できる。

$$\%e = \frac{9.0 - 10.0}{10.0} \times 100 = -10\% \quad (\text{i-8})$$

ここで、相対誤差が -10.0% ではないことに注意する (何桁まで意味があるかを考える)。

3. 誤差要因

実習レポートにおいて、「原因は目盛りの読み取り誤差と考えられる」と記載する学生が多くいる。これは科学的とは言えない不十分な説明である。読み取り誤差は何%生じるかを計算し、それが測定誤差の主たる要因であるかどうかを考察すべきである。仮に、測定誤差が 10% で、読み取り誤差が 1% だとしたら、他の支配的な誤差要因を考えるべきである。

読み取り誤差は、目盛盤と目との距離や角度、目盛盤と指示針とのおおよその高さ、一目盛りの距離間隔、などの具体的な数値から概算できるはずである。人間の目は一目盛りの 10 分の 1 程度まではおおよそ読み取ることができるため、デタラメな読み値になつたりはしない。

測定器を正しく設置し、真正面から目盛りを読み取るのが基本である。斜めから針を読み取って誤差になっているならば、誤差を議論する以前に実験のやり方が失敗である。

情報システム実習(2) レポート表紙

実習テーマ		
担当教員名		
実習日		年 月 日
		年 月 日
報告者	班名	
	学籍番号	
	氏名	

締切日		年 月 日
提出日		年 月 日
教員記入欄	返却日	年 月 日
	コメント	
	返却日	年 月 日
	コメント	

レポートチェックシート (テーマ)

履修生	班
仮採点	<input type="checkbox"/> 6.5~7 <input type="checkbox"/> 3~4.5
	<input type="checkbox"/> 5~6 <input type="checkbox"/> 0~2.5
判定	受理 ・ 再レポ

1. 様式

- 表紙はあるか
- 内容は読めるか (大きさ、丁寧さ)
- ページ番号は記載したか
- ファイル名は適切か
- 誤字脱字はないか
- その他 ()

2. 目的、動作原理

- 目的は記載されているか
- 法則名や技術名を示したか
- 図、表、式の記載は適切か
- 普遍的事実を現在形で述べているか

3. 実験方法

- 使用機器の情報を記録したか
- 実施した手順を過去形で示したか
- 接続図や回路図で構成を示したか
- 他の者が再現できる記述か

4. 実験結果

- データを示したか、計算は正しいか
- 結果を文章で説明しているか
- 有効桁は正しいか、単位は正しいか
- 図や表を文章で参照しているか
- 図 (グラフ)、表を活用したか
- 実施内容を過去形で述べているか

5. 考察

- 理論値と測定値を比較して妥当性を検討しているか
- 結果の要因を理論的に究明しているか
- 自然法則や文献を用いて自分の説明を裏付けて科学的に議論しているか

参考文献

- 剽窃はないか
- 参考文献の記載は適切か

情報システム実習(2) 追実習申請書

学籍番号	
氏名	
提出日	

希望する追実習テーマ（ひとつだけ□欄に✓印をつけよ）

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 抵抗と直流電圧の測定 | <input type="checkbox"/> 電子ブロック（1日目） |
| <input type="checkbox"/> 交流信号の測定 | <input type="checkbox"/> 電子ブロック（2日目） |
| <input type="checkbox"/> 直流モータの製作 | <input type="checkbox"/> LED回路製作（1日目） |
| <input type="checkbox"/> 電子回路の組立（1日目） | <input type="checkbox"/> LED回路製作（2日目） |
| <input type="checkbox"/> 電子回路の組立（2日目） | <input type="checkbox"/> 電圧計・電流計の取扱い方 |
| <input type="checkbox"/> AMラジオの製作 | <input type="checkbox"/> 電灯のスイッチ |

当日の欠席理由（エビデンスとなる書類等の提示を要する）

担当教員への特別な連絡（任意記入）

注意

- ・ 追実習希望者は、本申請書に必要事項を記入し、Live Campusへ提出すること。
- ・ 本申請書の提出締め切り日は 2026年7月17日（金）17:00 とする。
- ・ 本申請書の提出は追実習の受講許可を確約するものではありません。
- ・ 追実習は原則1週間のみです（担当教員が特別に認める場合を除く）。

テーマ 1 抵抗と直流電圧の測定

1. 目的

本実習の目的は、オームの法則を復習し、抵抗について学ぶことである。

2. 動作原理

注. 動作原理の章は現在形でレポートを記述せよ。

2-1. オームの法則

図 1-1 に示すように、直流電圧 V に接続した抵抗値 R の抵抗器に流れる電流を I とすると、 V と I は(1-1)式のように比例の関係になる。これをオームの法則という。

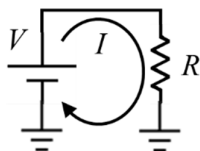
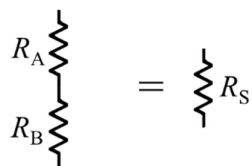


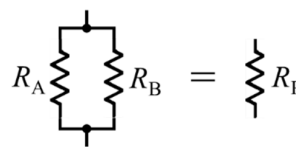
図 1-1. 直流電源に抵抗器を接続する図

$$V = RI \quad (1-1)$$

2つの抵抗器を図 1-2 (a) (b) のように直列または並列に接続するとき、それらの合成抵抗 R_S, R_P はそれぞれ(1-2)式と(1-3)式で表せる。



(a) 直列



(b) 並列

図 1-2. 直流電源に抵抗器を接続する図

$$R_S = R_A + R_B \quad (1-2)$$

$$R_P = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \quad (1-3)$$

図 1-3 に示すように、直流電圧 V_0 が 2つの抵抗値 R_0, R_1 の抵抗器によって分圧されるとき、分圧した電位差 V_1 は(1-4)式で表される。

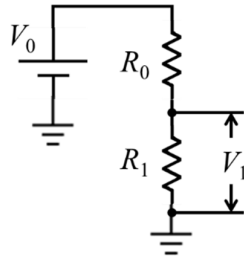


図 1-3. 直流電圧を 2 つの抵抗器で分圧する図

$$V_1 = \frac{R_1}{R_0 + R_1} V_0 \quad (1-4)$$

2-2. デジタルマルチメータの誤差

デジタルマルチメータ(DMM)のデータシートには、(1-5)式で表される測定器の確度(誤差)が記載されている。確度計算式の「% of reading」は測定器の読み値(表示値)の何%が誤差になるかを示す。さらに加算される「digits」は分解能(デジタル値で分解される最小値)の何個分が誤差になるかを示す。表 1-1 と表 1-2 に例を示す。

$$e_{\text{pre}} = \pm(\% \text{ of reading} + \text{digits}) \quad (1-5)$$

表 1-1. 直流電圧測定の確度

レンジ	分解能	確度
4 V	0.001 V	0.5%+1

表 1-2. 抵抗測定の確度

レンジ	分解能	確度
4 kΩ	0.001 kΩ	0.75%+1

例えば、乾電池 2 個を直列にした直流 3 V を測定する場合、入力レンジは 4 V を使う。測定器の読み値が 2.8 V であるとする、確度は以下のように $\pm 0.015 \text{ V}$ と計算される。

$$e_{\text{pre}} = \pm \left(\frac{0.5}{100} \times 2.8 + 1 \times 0.001 \right) = \pm 0.015 \quad (1-6)$$

確度が $+0.015 \text{ V}$ 、測定値が 2.8 V のとき、真の値は 2.785 V と考えられる。また、確度が -0.015 V 、測定値が 2.8 V のとき、真の値は 2.815 V と考えられる。測定値 \pm 確度誤差の計算により、真の値が存在する範囲はわかるが、真の値そのものを知ることはできない。

当該範囲が、理論的にありえないものならば、測定値は妥当な値ではなく、何らかの実験ミスあるいは計算ミスがあったと推察される。また、当該範囲が、理論的にありえる範囲ならば、測定値は妥当であると推察される。

2-3. 基準電圧 IC

図1-4において、基準電圧 IC (LM385-ADJ) が出力する基準電圧 V_1 は、抵抗値 R_1, R_2 を用いて(1-5)式のように表せる。FB 端子の電圧は標準で 1.24 V である。また、図1-5は LM385-ADJ をピンのある側 (底面側) から見たピン配置である (これを Bottom View という)。

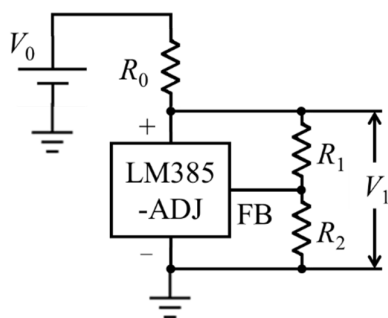


図1-4. 直流電源回路

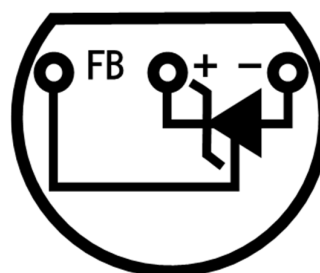


図1-5. LM385-ADJ ピン配置 (底面側)

$$V_1 = 1.24 \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \quad (1-5)$$

3. 実験方法

注. 実験方法、実験結果の章は過去形でレポートを記述せよ。

3-1. 使用機器

表1-3の機器を使用する。

表1-3. 使用機器

名称	メーカー名	型名	シリアル番号	数量
デジタルマルチメータ (DMM)	横河電機			1台/人
基準電圧 IC				1個/班
ブレッドボード				1式/人
単3形 1.5 V 乾電池				2個/人
9 V 乾電池				1個/班

3-2. 電源電圧の測定 (注. 各自実施)

(注) の部分はレポートに記載しない。

直流電源として電圧 1.5 V の乾電池 2 個を直列接続し、その電圧を DMM で測定する。DMM の誤差を調べて記録する。DMM の測定レンジと確度から誤差を計算し、電源電圧の真の値の範囲を求める。

3-3. 抵抗値の測定 (注. 各自実施)

注. リード抵抗の曲げ方は、7 章 LED 回路製作の 7-4 ページに記載されている。

公称抵抗値 1 k Ω の抵抗 3 本 (R_1, R_2, R_3 として区別する) を用い、カラーコードを見て抵抗器の許容差を記録する (注. 色を文字で記録する、写真を撮るなど工夫せよ)。次に抵抗値を DMM で測定する。(注. DMM の導通確認機能の使い方も習得する。) 測定値±確度誤差の値が、公称抵抗値と許容差から得た理論値の範囲内にあるか確認する。

3-4. 並列抵抗値の測定 (注. 各自実施)

前記 R_1, R_2, R_3 のうち 2 本の抵抗を並列接続し、その合成抵抗値 R_P を DMM で測定する。測定値と DMM の誤差の和は、公称抵抗値と許容差から得た理論値の範囲内にあるか確認する。

3-5. 分圧した電位差の測定 (注. 各自実施)

図 1-6 に示すように、前記並列抵抗 $R_P (= R_A // R_B)$ に用いなかった残り 1 本 (R_C) を、並列抵抗 R_P と直列に接続する。抵抗で分圧した電位差 V_1 を DMM で測定する。電源電圧 V_0 の範囲と公称抵抗値と許容差から理論的に考えられる電位差の最小値と最大値を計算する。測定値と DMM の誤差の和は、理論値の範囲内にあるか確認する。

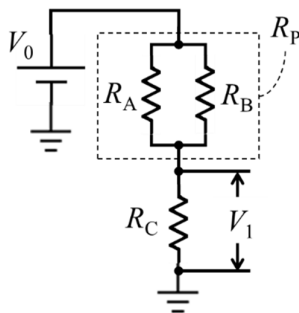


図 1-6. 直流電圧を 3 つの抵抗器で分圧する図

3-6. 基準電圧源の設計 (注. 班で協力して実施)

図1-4の V_1 が $5\text{V} \pm 5\%$ になるように抵抗値を理論的に設計するとともに、 V_1 を測定して理論値の範囲内か確認する。ただし、直流電源電圧 V_0 は 9V 、抵抗 R_0 は $47\text{k}\Omega$ 、LM385-ADJのFB端子電圧は $1.24\text{V} \pm 0.01\text{V}$ 、抵抗器の許容差は $\pm 1\%$ 、抵抗器の公称値は参考資料3に記載のE6系列で $10\text{k}\Omega$ 以上 $68\text{k}\Omega$ 以下のみを用い、抵抗器 R_1, R_2 に流れる電流は $100\mu\text{A}$ 以下とし、FB端子の電流は無視できるものとする。(注. 条件を満たす抵抗値の組み合わせは複数ある。)

4. 実験結果

注. 図や表の番号を本文中で照して説明せよ。

4-1. 電源電圧の測定

DMMの___Vで測定したところ、乾電池の電圧は表1-4に示す値が得られた。DMMの確度は \pm ___Vであるから、真の電圧値は___V以上___V以下の範囲にあると考えられる。(注. 計算式もあわせて記載せよ。)

表1-4. 電源電圧の測定

測定値 V (V)	測定器の誤差 (V)	真の値の最小値 V_{\min} (V)	真の値の最大値 V_{\max} (V)

4-2. 抵抗値の測定

3個の抵抗について表1-5に示す抵抗値が得られた。(注. 抵抗値についてここに文章で説明せよ。) 公称値と許容差から求めた抵抗値の範囲、DMMの測定値と確度から計算した最小値および最大値は___V以上___V以下であった。(注. 計算式もあわせて記載せよ。)

表1-5. 抵抗値の測定

抵抗	許容差 (%)	公称値-許容差 (Ω)	公称値+許容差 (Ω)	測定値 (Ω)	測定器の誤差 (Ω)	測定値-確度 (Ω)	測定値+確度 (Ω)
R_1							
R_2							
R_3							

4-3. 並列抵抗値の測定

並列抵抗について表 1-6 に示す抵抗値が得られた。(注. 抵抗値について文章で説明せよ。) DMM の測定値と確度から計算した最小値および最大値は___V 以上___V 以下であった。(注. 計算式もあわせて記載せよ。)

表 1-6. 並列抵抗値の測定

抵抗の組合せ	測定値 (Ω)	測定器の誤差 (Ω)	測定値-確度 (Ω)	測定値+確度 (Ω)
R_1, R_2				
R_2, R_3				
R_3, R_1				

4-4. 分圧した電位差の測定

分圧電位差について表 1-7 に示す電圧値が得られた。(注. 電圧値について文章で説明せよ。) DMM の測定値と確度から計算した最小値および最大値は___V 以上___V 以下であった。(注. 計算式もあわせて記載せよ。)

表 1-7. 分圧した電位差の測定

抵抗 R_p の組合せ	R_c	測定値 (V)	測定器の誤差 (V)	測定値-確度 (Ω)	測定値+確度 (Ω)
R_1, R_2	R_3				
R_2, R_3	R_1				
R_1, R_3	R_2				

4-5. 基準電圧源の設計

設計条件より、次のように抵抗値を設計した。(注. 考え方や計算式を示せ。条件を満たすすべての組合せを示せ。) 設計した抵抗値の許容差から出力電圧 V_1 の理論値は___V 以上___V 以下の範囲である。また、DMM の測定値と確度から計算した最小値および最大値は___V 以上___V 以下であった。

表 1-8. 基準電源回路の設計値および測定値の計算 (組合せ 1)

設計した R_1 の公称値 ($k\Omega$)	設計した R_2 の公称値 ($k\Omega$)	設計した R_1 の許容差 (%)	設計した R_2 の許容差 (%)	公称値-許容差 (V)	公称値+許容差 (V)
DMM による R_1 の測定値 ($k\Omega$)	DMM による R_2 の測定値 ($k\Omega$)	V_1 の測定値 (V)	測定器の誤差 (V)	測定値-確度 (V)	測定値+確度 (V)

表 1-9. 基準電源回路の設計値および測定値の計算 (組合せ 2)

設計した R_1 の公称値 (k Ω)	設計した R_2 の公称値 (k Ω)	設計した R_1 の許容差 (%)	設計した R_2 の許容差 (%)	公称値-許容 差 (V)	公称値+許容 差 (V)
DMM による R_1 の測定値 (k Ω)	DMM による R_2 の測定値 (k Ω)	V_1 の測定値 (V)	測定器の誤差 (V)	測定値-確度 (V)	測定値+確度 (V)

抵抗値 R_1, R_2 の組み合わせ、設計した電圧値、DMM の測定値を表 1-10 にまとめた。 V_1 が $5\text{ V} \pm 5\%$ になるよう設計した結果、設計時の 5 V に対する誤差は ___V、測定時の 5 V に対する誤差は ___V であった。よって、より 5 V に近い電圧が得られるのは、 $R_1 =$ ___ Ω 、 $R_2 =$ ___ Ω の組み合わせであった。

表 1-10. 基準電源回路の設計値および測定値の結果比較

設計 R_1 (k Ω)	設計 R_2 (k Ω)	V_1 の設計値 (V)	V_1 の測定値 (V)	設計値の 5 V との差 (V)	測定値の 5 V との差 (V)

5. 考察

注. 考察では、得られた事実について解釈を説明する。

測定値に誤差はあったか、その誤差は理論的に妥当な誤差範囲であったか、誤差の主要因は何か、など実験で得たデータを用いて考えられることを言葉で説明せよ。

また、限られた部品で設計するメリットとデメリットは何かについて説明せよ。

参考文献

注. 参考文献には、レポートの記述に関する補足や証拠を示す。

[1] 著者名、『タイトル』、出版社名、出版年

[2] 著者名、『タイトル』、出版社名、出版年

(注. レポート作成時に、各自で調べて引用した書籍があれば記載せよ。参考文献に記載せずに用いた場合は「剽窃」として扱い、不合格とする。参考文献の記載方法は、以下の様式とする。本文中で参考にした箇所に^{[1],[2]}といった具合に文献番号を付けよ。)

参考資料 1.

本実験で用いたデータシートへのリンクを以下に示す。ただし、メーカーカタログやデータシートは、基本的に学术论文の参考文献には記載しない。また、レポート作成時に、インターネットから得た文書を使用してはならない。インターネット上の文書は、著者不明、真偽不明、そして明日には無くなるかもしれない不確かな文書であり、極僅かな例外を除いて参考文献としては不適切である。

参考文献を探すときは、Google Scholar (<https://scholar.google.co.jp/>)を使って学术论文を検索するか、図書館で書籍を検索することを推奨する。

- ・横河計測(株), “732 シリーズ デジタルマルチメータ 取扱説明書”, 2017.



- ・テキサスインスツルメンツ社, “LM385-ADJ データシート”, 2001.



参考資料2. 抵抗のカラーコード

リード線型抵抗器には、カラーコードと呼ばれる色が付いている。カラーコードは、抵抗値、許容差、温度係数などの特性を表している（図1-7、表1-11参照）。カラーコードは6本全部が表示されているとは限らない。例えば、4本だけ表示する4バンド抵抗の場合、第1数字、第2数字、乗数、許容差が得られる。

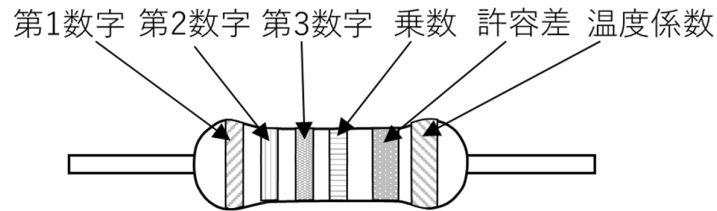


図1-7. 抵抗器の色表示位置

表1-11. カラーコードの意味

色	第1数字、第2数字、第3数字	乗数	許容差(%)	覚え方の例
黒	0	10^0		黒い礼服
茶	1	10^1	±1	お茶を一杯
赤	2	10^2	±2	赤い人参
橙	3	10^3	±0.05	みかんは橙
黄	4	10^4		四季の色
緑	5	10^5	±0.5	五月みどり
青	6	10^6	±0.25	青むし
紫	7	10^7	±0.1	紫式部
灰	8			ハイヤー
白	9			白いクリスマス
金		10^{-1}	±5	
銀		10^{-2}	±10	
なし			±20	

参考資料 3. E 系列の抵抗値

詳しくは 3 年生の電気電子専門実験で習うので、ここでは簡単に説明する。部品の製造不良発生率を最小限にするため、抵抗値の並びは等比数列に従って決められている。この数値の並びを E 系列という。許容差によって E3 系列から E96 系列までであるが、代表的な E6 系列と E12 系列を表 1-12 に例示する。これらの数字に 10 のべき乗をかけた指数 (Exponent) 表記で抵抗値を表す。

表 1-12. E 系列の例

系列	許容差(%)	数値
E6	±20	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8
E12	±10	1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2

参考資料 4. ブレッドボードの配線

図 1-8 にブレッドボードの配線図を示す。a~e は橙色の配線につながっている。f~j は橙色の配線につながっている。e と f の間はつながっていない。+列は配線につながっている。-列は配線につながっている。+列と-列はつながっていない。

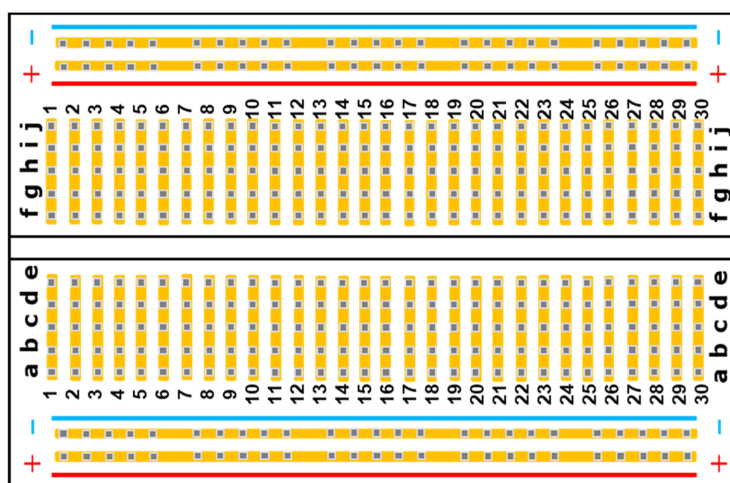


図 1-8. ブレッドボードの配線図

ブレッドボードへ電源を接続する方法について説明する。図 1-9 にバッテリースナップを用いた乾電池接続を例示する。初心者は、次の図のように接続するとよい。この接続方法は、電源と GND が離れているため、ジャンパーケーブルの挿し間違いを低減する。

ただし、このように電源と GND が離れている場合、高周波信号は最短経路を通過して GND へ戻ろうとするので、経路上にある他の回路へ悪影響を与えることがある。

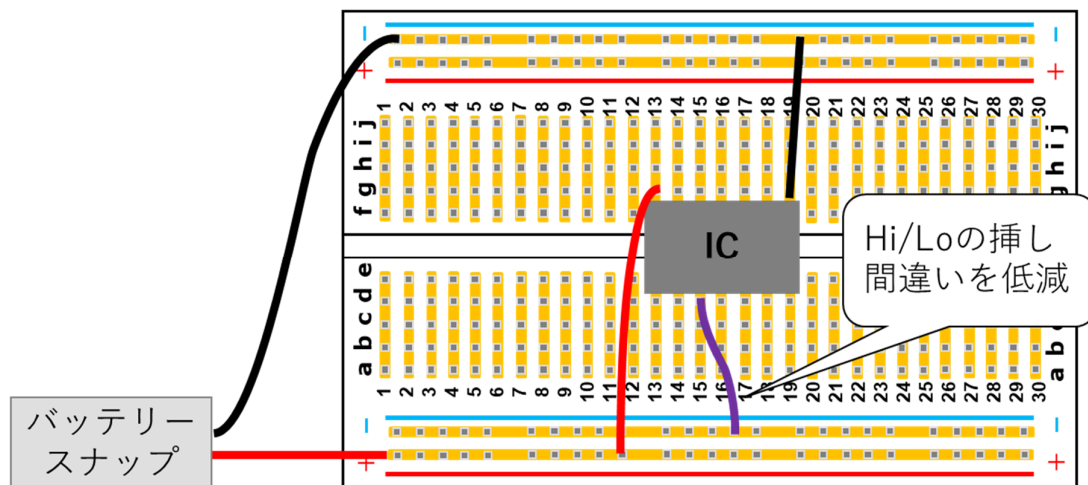


図1-9. 初心者向けの電源接続方法

中級者以上は、図1-10のように接続するとよい。電源と GND を近接させる。ノイズ対策として電源と GND の間にバイパスコンデンサ（パスコンと略す）を配置すると、ノイズは直近の GND へリターンし、他の回路へ影響しない。パスコンを境界として回路のノイズが分離される。

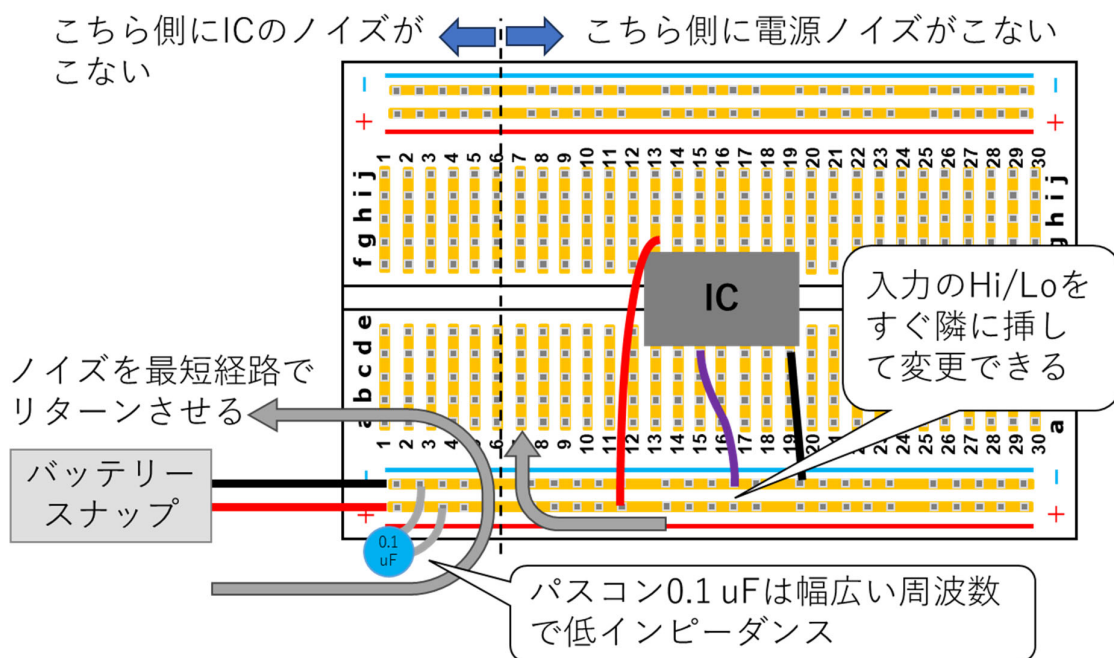


図1-10. 中級者以上向けの電源接続方法

テーマ2 交流信号の測定

1. 目的

本実習の目的は、交流信号の電圧と波形を測定することにより、正弦波の振幅と実効値の関係を学ぶとともに、測定器の取扱い方を習得することである。

2. 動作原理

2-1. 交流信号

交流(Alternating Current、略してAC)とは、電気の流れる向きや大きさが時間とともに変化するをいう。波形が正弦波である交流電圧 V は次の式で表される。

$$V = V_m \sin(2\pi ft) \quad (2-1)$$

ここで、 V_m は振幅、 f は周波数、 t は時間である。電圧の最大値は V_m 、電圧の最小値は $-V_m$ 、最大値と最小値の差であるピークピーク値 (P-P 値、Peak-to-Peak Value) は全振幅 $2V_m$ 、ゼロピーク値 (0-P 値、Zero-to-Peak Value) は振幅 V_m である。

(2-1)式の正弦波交流電圧1周期をある抵抗器に印加した場合の平均電力を考える。同抵抗器に直流を印加して同じ平均電力になるような直流電圧のことを、正弦波交流電圧の実効値と呼ぶ。実効値 V_{rms} は次の式で表される。

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_m^2 \sin^2(2\pi ft) d\theta} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad (2-2)$$

(2-1)式の正弦波交流電圧の平均値 V_{ave} は次の式で表される。

$$V_{ave} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\int_0^{\pi} V_m \sin(2\pi ft) d\theta} = \frac{2V_m}{\pi} \quad (2-3)$$

平均値を1.11倍すると実効値が求まる。この倍率を波形率といい次の式で得られる。

$$\frac{V_{rms}}{V_{ave}} = \frac{\frac{V_m}{\sqrt{2}}}{\frac{2V_m}{\pi}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1.11 \quad (2-4)$$

2-2. CR 発振器

CR 発振器は、コンデンサ C と抵抗 R で構成され、充電と放電を繰り返すことにより一定の周期で発振する。いくつか種類があり、ウィーンブリッジ形は比較的精度が良いので、10 MHz 程度までのアナログ式の発振器としてよく用いられている。

図 2-1 に発振器の基本構成を示す。周波数可変の発振回路、増幅回路、出力レベルを調整する可変減衰回路から構成されている。可変減衰回路には、複数の固定減衰回路をスイッチで切り替える可変方式が含まれる。実習で使用する CR 発振器は、大きなダイヤルで周波数調整できるほか、減衰器 (ATTENUATOR) つまみにより -10 dB ステップでレベルを調整できる (ただし減衰量のステップは機種による)。

図 2-2 のように、発振器の内部には抵抗が存在し、発振器の等価回路は理想交流電圧源と内部抵抗で表せる。本実習に用いる発振器の場合、出力端子からみた内部抵抗はおおよそ 600Ω である。

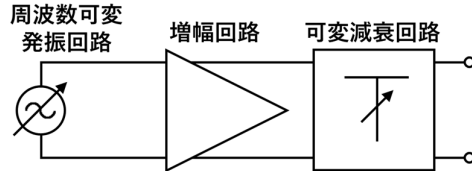


図 2-1. 発振器の基本構成

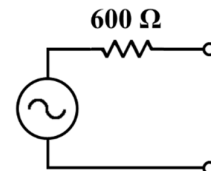


図 2-2. 発振器の等価回路

2-3. 交流電子電圧計

交流電子電圧計は、交流電圧の平均値を測定し、実効値を表示する測定器である。図 2-3 に交流電子電圧計の基本構成を示す。減衰回路と増幅回路でレベル調整したのち、整流回路で交流から変換した直流電圧を、可動コイル (Moving Coil) に与える。可動コイルは平均値を測定する指示計器だが、交流電子電圧計の目盛りは平均値の 1.11 倍の数値で記載してあるので、実効値を読むことができる。

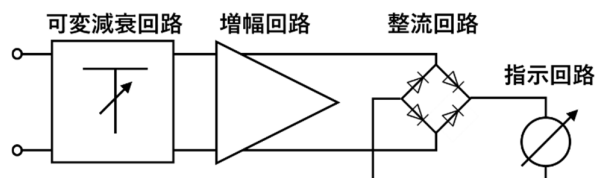


図 2-3. 交流電子電圧計の基本構成

2-4. オシロスコープ

オシロスコープ(Oscilloscope)は、横軸を時間、縦軸を電圧として、電気信号の波形を表示する測定器である。アナログ方式とデジタル方式のオシロスコープがあるが、本実習では図2-4に示すデジタル方式を前提に説明する。オシロスコープに入力された信号は、アナログフロントエンド部(可変減衰回路、直流バイアス回路)を經由して、アナログデジタル変換器(Analogue Digital Converter, ADC)において一定時間毎にデジタル値に変換される。電圧値のデータは、メモリに蓄積されると同時に、ビデオ回路へ転送されて、時刻順に並べて表示することで波形が再生される。

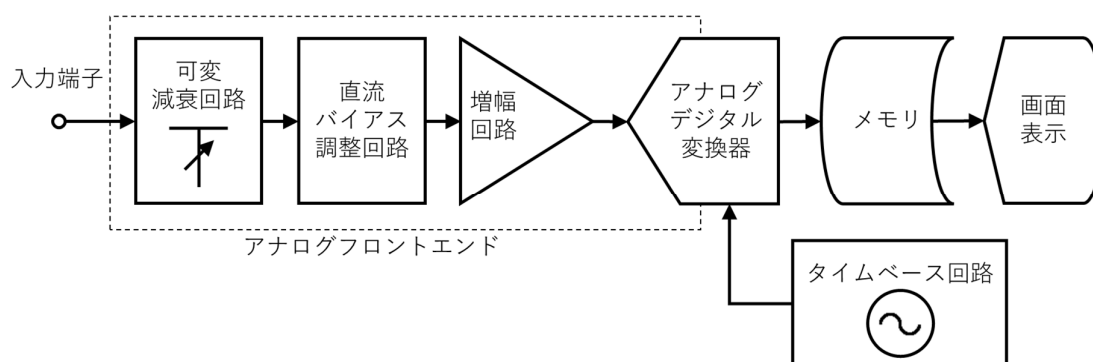


図2-4. オシロスコープの基本構成

(注. オシロスコープの世界シェア No.1 メーカーは Tektronix 社である。)

3. 実験方法 (注. 班で協力して実施)

3-1. 使用機器

表2-1の機器を使用する。

表2-1. 使用機器

名称	メーカー名	型名	シリアル番号	数量
DMM	横河電機			1台/班
CR発振器				1台/班
交流電子電圧計				1台/班
オシロスコープ	Tektronix			1台/班
コード(ワニ口クリップ-BNC同軸)				1本/班

3-2. 発振器の内部抵抗測定

テブナンの定理を利用して、発振器の内部抵抗を測定する。

まず、CR 発振器において、電源を OFF にしてから、発振周波数を 1 kHz 程度に調節し、出力つまみ (AMPLITUDE) を最小 (MIN) にして、波形 (WAVEFORM) を正弦波に設定する。

次に、交流電子電圧計において、電源を OFF にしてから、交流電子電圧計の入力を CR 発振器出力にコードで接続したのち、過大入力時に電圧計が壊れるのを防ぐため入力感度を最低にする（使用機種により異なるが出力レンジ 300 V または 500 V にする）。

接続したら、CR 発振器の電源を ON にする。交流電子電圧計の針の振れが小さいので、針が振りきらないように注意しながら測定レンジを少しずつ変えて、3 V 程度のレンジに設定する。

交流電子電圧計が指示する正弦波実効値が 1 V になるように、CR 発振器の出力つまみを調整する。この開放電圧値を V_{OPEN} とする。調整が終わったら、CR 発振器と交流電子電圧計の電源を OFF する。（注. CR 発振器はこれ以降の作業でも使用するので、出力つまみに触れないよう、このままの設定状態を保っておく。）

公称値 330 Ω の抵抗値をデジタルマルチメータ (DMM) で測定し、抵抗値を記録する。この値を R_{LOAD} とする。DMM で測定したあと、この抵抗のリードを CR 発振器の出力端子間に直接接続して固定する。

抵抗を接続したままの状態、CR 発振器と交流電子電圧計の電源を ON する。交流電子電圧計を用いて抵抗両端の電圧を測定し、負荷電圧を記録する。この負荷電圧を V_{LOAD} とする。(2-5)式に示すテブナンの定理を用いて、内部抵抗 R_0 を計算する。最後に、電源を OFF して、抵抗は取り外す。

$$R_0 = \left(\frac{V_{\text{OPEN}}}{V_{\text{LOAD}}} - 1 \right) R_{\text{LOAD}} \quad (2-5)$$

注. 使用方法を習得する。プローブと CAL、縦横スケール、トリガーについて。

3-3. オシロスコープによる波形測定

CR 発振器の出力波形を、オシロスコープを用いて測定する。

まず、CR 発振器の設定は直前の実験と同じとし、発振周波数 1 kHz 程度、正弦波、出力実効値 1 V に設定する。

次に、オシロスコープのチャンネル CH1 にプローブの BNC コネクタ側を接続し、プローブ先端側を CR 発振器の出力に接続する。(注. このとき、プローブをよく観察し、プローブに記載されている情報を撮影するなどして記録しておく。) オシロスコープの電源を ON にして、表 2-2 を目安にして設定する。

表 2-2. オシロスコープの設定

設定項目	設定値	備考	表示位置
CH1 Coupling	AC	入力は直流か交流か	なし
CH1 Bandwidth Limit	Off	雑音を減らす機能	なし
CH1 Volts/Div	0.5	垂直軸スケール(電圧軸)	画面下部左側
CH1 Probe	10X	プローブの種類(10:1)	なし
Horizontal Scale	1 ms/Div	水平軸スケール(時間軸)	画面下部中央
Trigger Level	0.5 V	立上りエッジを選択	画面下部右側

接続したら、CR 発振器の電源を ON にする。正弦波 2~3 周期程度が、オシロスコープの画面になるべく大きく波形表示されるようにスケールを調整する。波形が表示されないときは、トリガレベルを調整する。

オシロスコープのカーソル(CURSORM)機能を用いて、正弦波の周期 T (s) と全振幅 $2V_m$ (V) を測定する。測定結果から周波数 $f = 1/T$ (Hz) と振幅 V_m (V) を計算する。

オシロスコープのメジャー(MEASURE)機能を用いて、正弦波の周期 T (s) と全振幅 $2V_m$ (V) と周波数 f (Hz) を測定する。測定結果から振幅 V_m (V) を計算する。

4. 実験結果

4-1. 発振器の内部抵抗測定

測定結果を表 2-3 に示す。交流電子電圧計で測定した開放電圧および負荷電圧、DMM で測定した負荷抵抗から、CR 発振器の内部抵抗は____ Ω と計算された。この値は CR 発振器のデータシートに記載されている仕様値 600 Ω に対して____%の誤差があった。

表 2-3. 測定結果と内部抵抗

開放電圧 V_{OPEN} (V)	負荷電圧 V_{LOAD} (V)	DMM で測定した負荷抵抗 R_{LOAD} (Ω)	内部抵抗 R_0 (Ω)

4-2. オシロスコープによる波形測定

オシロスコープの CURSOR 機能で測定した結果を表 2-4 に、MEASURE 機能で測定した結果を表 2-5 に示す。交流電子電圧計で____V と測定された CR 発振器出力電圧は、オシロスコープの CURSOR 機能では____V、同 MEASURE 機能では____V と測定された。CURSOR 機能と MEASURE 機能を比べたとき、周波数は____となった。

(注. 測定器のデータシートを調査し、測定器の誤差を把握せよ。)

表 2-4. CURSOR 機能での測定結果

周期 T (s)	全振幅 $2V_m$ (V)	周波数 f (Hz)	振幅 V_m (V)

表 2-5. MEASURE 機能での測定結果

周期 T (s)	全振幅 $2V_m$ (V)	周波数 f (Hz)	振幅 V_m (V)

5. 考察

CR 発振器の内部抵抗（出力抵抗）を測定器（交流電子電圧計とオシロスコープ）の入力抵抗と比較したときに、CR 発振器の内部抵抗は測定結果に影響しないかを理論的に数値を示して述べよ（影響しないならばその理由は何か）。

CR 発振器の出力電圧と測定値を、実効値どうしまたは振幅どうしに揃えてから比較して議論せよ。交流電子電圧計で測ることによって CR 発振器の出力実効値をおよそ 1 V としたが、そのとき振幅は理論的に何 V になるか？ その理論値に対してオシロスコープで測定した振幅は妥当といえるか？（オシロスコープの電圧軸の誤差をデータシートで調べたうえで議論せよ。）これを別の言い方にすると、交流電子電圧計とオシロスコープの測定値は同じであったか（違っていたらそれは正しいのか）、交流信号の実効値・振幅値の関係から実験データを説明せよ。

オシロスコープの CURSOR 機能と MEASURE 機能の結果に違いが生じるとしたらなぜか、アナログ測定器である交流電子電圧計とデジタル測定器であるデジタルオシロスコープにはそれぞれどのような特徴があるのか（どちらか一方だけではだめなのか）。CURSOR は人が手動で操作するので誤差があるなどと曖昧かつ不十分な説明をするのではなく、CURSOR が 1 目盛ずれたら何%の誤差になるのかを数値で示して科学的に議論せよ。

上記を含め、実験で得たデータを用いて考えられることを言葉で説明せよ。

また、アナログの指示計器はなぜ今も利用されているのか、どのような場面でメリットがあるのかを説明せよ。

参考資料5. 交流信号の補足

振幅 V_m 、角周波数 $\omega = 2\pi f$ 、周期 $T = 1/f = 2\pi/\omega$ の正弦波について、平均値、実効値、波形率の計算式を示す。

正弦波の実効値 V_{rms} は次の式で表される。ただし、 $\theta = \omega t$ とする。

$$\begin{aligned} V_{\text{rms}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_m^2 \sin^2(\omega t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{2\pi} V_m^2 \sin^2 \theta \frac{1}{\omega} d\theta} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_m^2 \sin^2 \theta d\theta} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{1 - \cos 2\theta}{2} d\theta} \quad (2-6) \\ &= \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi} \left[\frac{\theta}{2} - \frac{\sin 2\theta}{4} \right]_0^{2\pi}} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi} \left[\pi - \frac{\sin(4\pi)}{4} \right]} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

正弦波の平均値 V_{ave} は次の式で表される。

$$\begin{aligned} V_{\text{ave}} &= \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} V_m \sin(\omega t) dt = \frac{2}{T} \int_0^{\pi} V_m \sin \theta \frac{1}{\omega} d\theta \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin \theta d\theta = \frac{V_m}{\pi} [-\cos \theta]_0^{\pi} = \frac{2V_m}{\pi} \quad (2-7) \end{aligned}$$

正弦波の波形率は次の式で表される。

$$\frac{V_{\text{rms}}}{V_{\text{ave}}} = \frac{\frac{V_m}{\sqrt{2}}}{\frac{2V_m}{\pi}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1.11 \quad (2-8)$$

正弦波の電力 P は、(2-9)式のように電圧 $V(t)$ の2乗で表せる。

$$P = V(t) \times I = \frac{V^2(t)}{R} \quad (2-9)$$

振幅 $V_m = 1$ 、抵抗値を $R = 1$ として(2-9)式から電力を求めると、正弦波電圧の2乗から図2-5のようになる。時間とともに変化するこの波形の面積が電力であり、縦軸が0.5で一定値になっている破線で囲った四角形の面積と等しい。縦軸が0.5になる電圧 V_{rms} を実効値と呼ぶ。すなわち、交流電力 P は、直流電圧 V_{rms} が負荷抵抗 R で消費する電力に等しい。ここで、実効値について計算する。 $V_{rms}^2 = 0.5 V_m^2$ より、(2-6)式が導かれる。

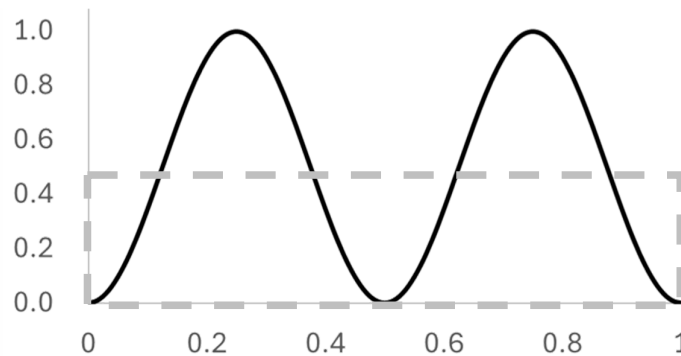


図2-5. 正弦波電圧の2乗波形

図2-6に示すように、正弦波の平均値を1.11倍すると実効値、実効値を $\sqrt{2}$ 倍すると振幅になる。

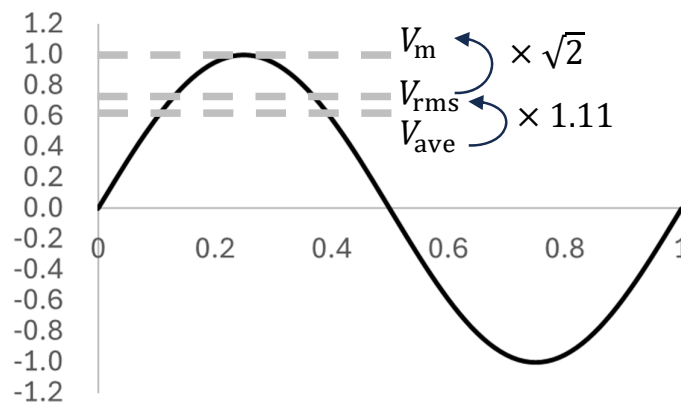


図2-6. 正弦波における平均値と実効値および振幅の関係

参考資料 6. 電源と負荷

電源装置や発振器には内部抵抗 R_0 がある。これに測定器を接続すると、図 2-5 に示すように測定器の内部抵抗 R_L が負荷抵抗として接続される回路になる。これを書き換えると図 2-6 のようになり、図 1-3 と同様の回路図であるから、負荷である測定器に入力されるのは V_0 を分圧した電圧 V_1 である。

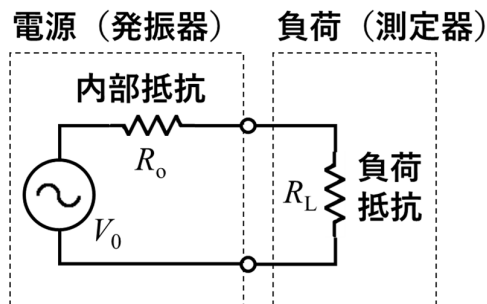


図 2-5. 電源と負荷の接続

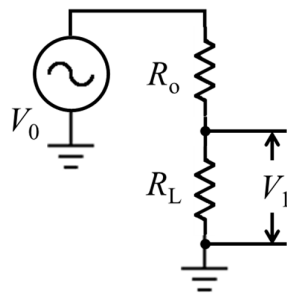


図 2-6. 交流の分圧回路

(1-4)式より、 $R_0 \ll R_L$ のとき、 $V_1 \cong V_0$ となり、電圧を正しく測定できる。一方、 R_0 が R_L に対して無視できない程度に大きいとき、 $V_1 < V_0$ となり、電圧を測定できなくなる。

本実習で正しい測定値を得るためには、CR 発振器の内部抵抗が、接続した交流電子電圧計やオシロスコープの入力抵抗に対して十分小さいかどうかを考える必要がある。実習中に測定器をよく観察し、また、データシートを各自で調べることで、機器内部の抵抗値を知ることができる。

テーマ3 直流モータの製作

1. 目的

本実習の目的は、直流3極モータを製作し、当該モータで重りを持ち上げる効率を測定することにより、その動作原理とエネルギー変換について考えることである。

2. 動作原理

2-1. 直流3極モータ

電線を巻き付けた部分を電機子といい、それを挟むN極とS極からなる1組の磁石を界磁という。

直流電源（電池）の正極と負極は回転軸の金属板を通して電機子につながる。図3-1 (a)では電機子Aにのみ電流が流れ、アンペールの法則によって磁界が生じ、電機子の先端はN極の電磁石になる。電機子AのN極は、界磁のS極が引き合い、電機子は図中の時計周りの方向へ回転する。

回転にともない、電源と電機子Aの接続は途切れ、図3-1 (b)のように電源と接続された電機子BがS極となり界磁N極の方へ回転する。

回転によって電源とつながる電機子が変わり、電磁石の極性が順次変わっていくことで回転が続く。

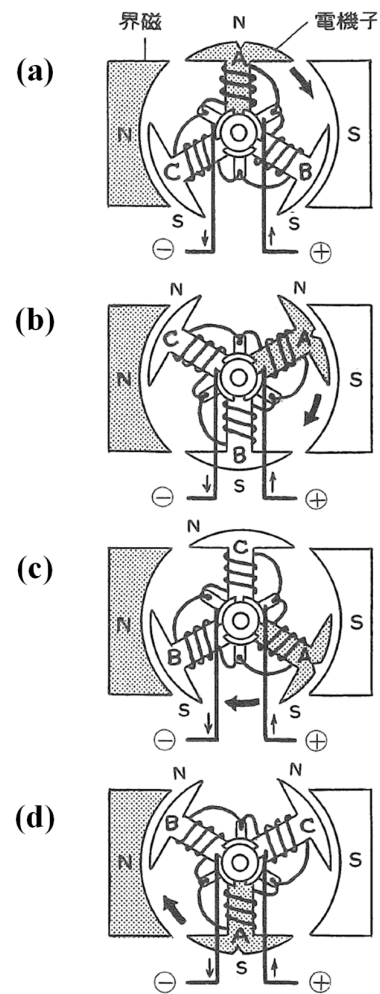


図3-1. 電機子の回転
(出典：(株)大和科学教材研究所)

2-2. エネルギー変換効率

直流モータを駆動する直流電源の電圧を V 、電流を I とすると、時間 t の間にモータへ入力されたエネルギー E_{in} (J) は(3-1)式で表される。

$$E_{in} = V I t \quad (3-1)$$

直流モータに、重さ m (kg) のおもりを高さ h (m) だけ持ち上げる仕事をさせるとき、この仕事に使用されたエネルギー E_{out} (J) は(3-2)式で表される。

$$E_{out} = m g h \quad (3-2)$$

ここで、 $g = 9.8$ は標準重力加速度である。

直流モータが、入力エネルギーに対してどの程度のエネルギーを出力したかという割合を表すエネルギー変換効率 η (%) は、(3-3)式で表される。

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100 \quad (3-3)$$

3. 実験方法

3-1. 使用機器

表 3-1 の機器を使用する。

表 3-1. 使用機器

名称	メーカー名	型名	シリアル番号	数量
直流 3 極モータ部品キット	(株)大和科学教材研究所			1 式/人
電池ボックス				1 個/人
単 3 形電池				2 個/人
おもり (ネジ)				数個/班
直流電圧計	横河電機			1 台/班
直流電流計 (3 A レンジ)				1 台/班

(注. 組み立てたモータは、実験後、持ち帰り可。)

3-2. 直流3極モータの製作 (注. 各自実施)

材料がそろっていることを確認してから、直流3極モータを製作する。

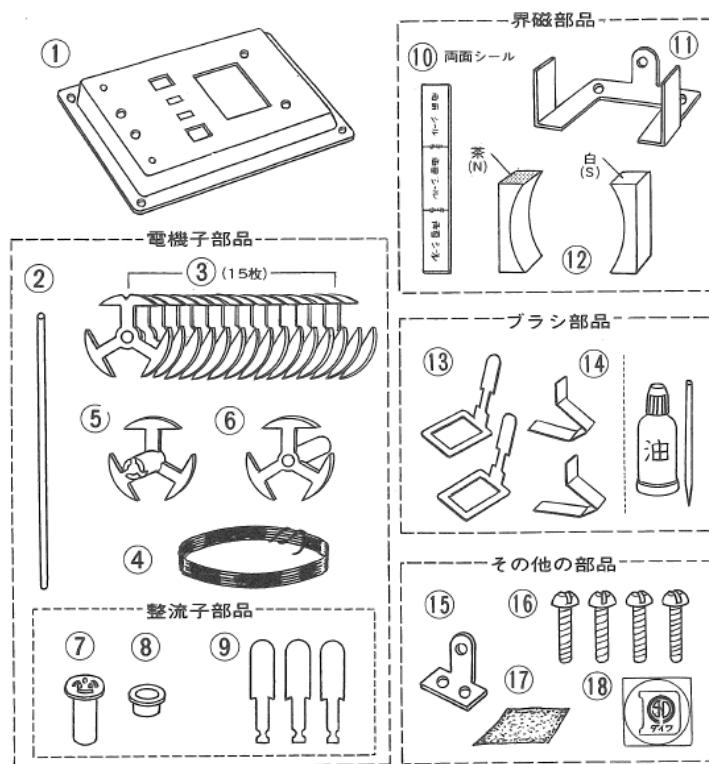
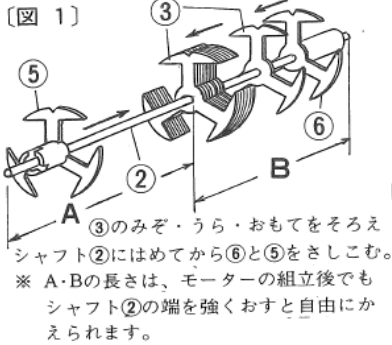
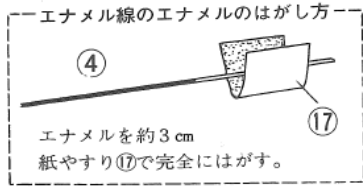
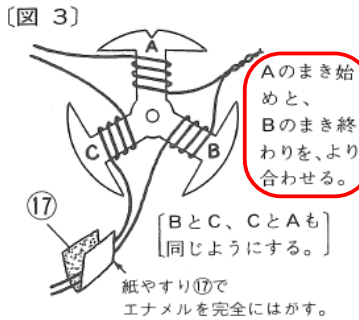


図3-2. 直流3極モータの材料一覧
(出典: 株大和科学教材研究所)

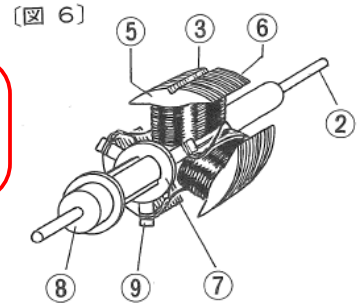
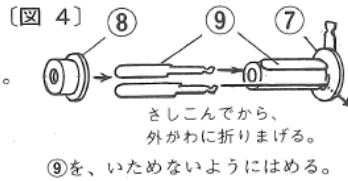
エナメル線を巻きすぎないこと



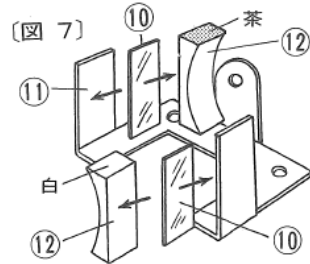
3極とも、図のようにエナメル線をい
ねいに70回(エナメル線の長さ約2.8m)ず
つまく。



残ったエナメル線④を、2本30cmに
切って、両はしのエナメルをはがし
ておく。(配線用)

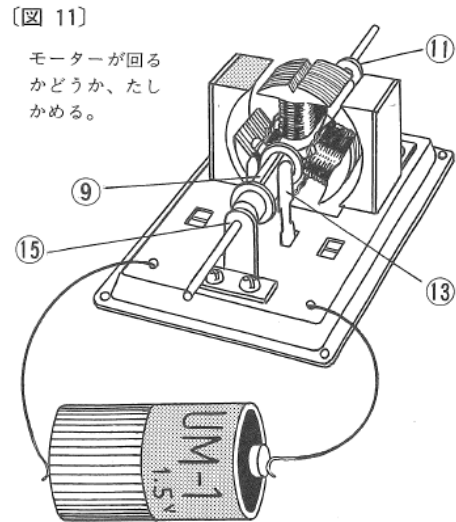
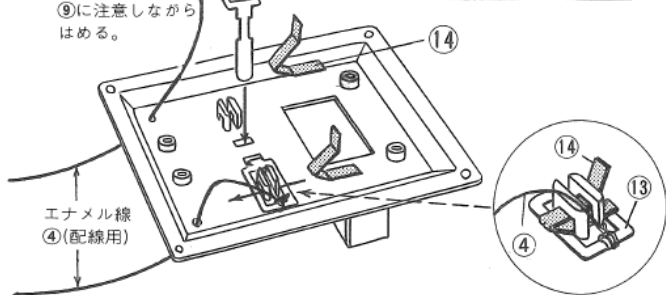
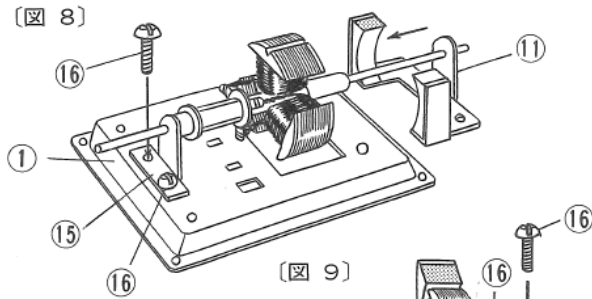


それぞれ、まき始めとまき終わりを
より合せたエナメル線を、
整流子片⑨にまきつける。
(はんだづけすると最もよい。)

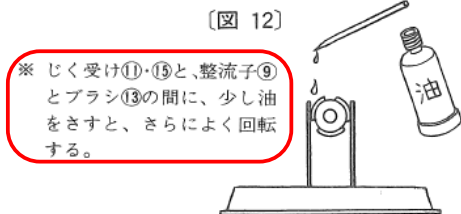


両面シール⑩を表示したところで切り、
片面をはがして⑫にはりつけたのち、
あとの片面をはがして⑪につける。

(a) 電機子の組立



※ 回転しないときは、7頁を読みましょう。



※ じく受け⑪・⑮と、整流子⑨
とブラシ⑬の間に、少し油
をさすと、さらによく回転
する。

(b) 界磁と土台の組立

図3-3. 直流3極モーターの組立図

(出典：(株)大和科学教材研究所)

3-3. エネルギー変換効率の測定 (注. 班で協力して実施)

製作した直流モータを用いて、回転軸に糸で垂らしたおもりを巻き上げる仕事をさせ、そのエネルギー効率を測定する。

まず、図3-4の実験系を構築する (注. 予めTAが2組分を準備するので、指定された箇所にモータを接続する。測定器の誤差は、目盛り盤にCLASSが記載されているので記録せよ。)

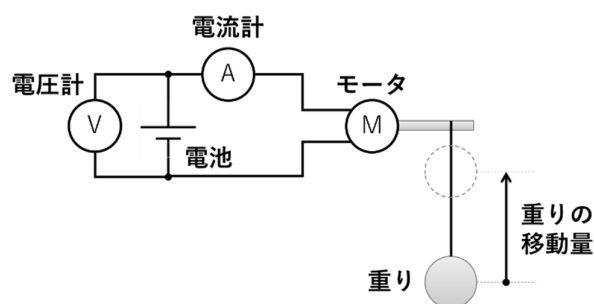


図3-4. モータ効率測定の実験系

次に、電圧や高さを一定とし、1個あたり7.2グラムのおもりの個数を変えることで重さを $m = m_1, m_2, m_3, m_4, \dots$ のように変えて測定する。このとき、電圧計と電流計は水平に置いて、真上かつ真正面から針の指示を読む。

注. 他の人が同じ実験を再現できるような文章で実施内容を記述せよ。

(注. 4~8人程度のグループに分かれて実施する。グループは実習当日に指定する。)

(注. グループのなかで状態の良い1台のモータを選ぶ。)

(注. 時間を測る者、測定値を読む者、モータをつなぐ者など役割を分担する。)

(注. 重さではなく高さ h を変えてもよいが、変えるパラメータは1つだけである。)

(注. 測定中に、横軸を m (kg)、縦軸を η (%) としたグラフをプロットする。)

4. 実験結果

直流3極モータを製作し、おもりの巻き上げ実験を行った。測定値と、計算で得た効率を、表3-2に示す。これをもとに、横軸を m (kg)、縦軸を η (%)としたグラフを図3-5に示す。(注. グラフの書き方についてのルールは、各自で書籍を調べる。)

表3-2. 測定結果と効率

入力				出力			効率 η (%)
電圧 V (V)	電流 I (A)	時間 t (s)	入力 E_{in} (J)	重さ m (kg)	高さ h (m)	出力 E_{out} (J)	



図3-5. おもりの重さを変えたときのエネルギー変換効率

5. 考察

グラフに示した効率の変化はなぜ生じているのか、電機子のエナメル線の巻き数を増減したらどのような変化が生じるか、など実験で得たデータを用いて考えられることを言葉で説明せよ（数式を使って理論的に説明する）。

また、直流3極モータの極数を2極に減らしたらどのような動作になるか、重りを持ち上げる仕事に使われなかったエネルギーは何に使われたのか（科学的な原理を述べて複数の要因を挙げる）、他の様々な種類のモータと比較して直流モータにはどのような特徴があるか、モータの種類ごとにその特徴を活かしてどのような用途で使われているか、などについても実験結果に結びつけて説明せよ。

参考資料7. 日本の電力需要と揚水発電



日本の電力需要とその電源構成について、図3-6に示す。

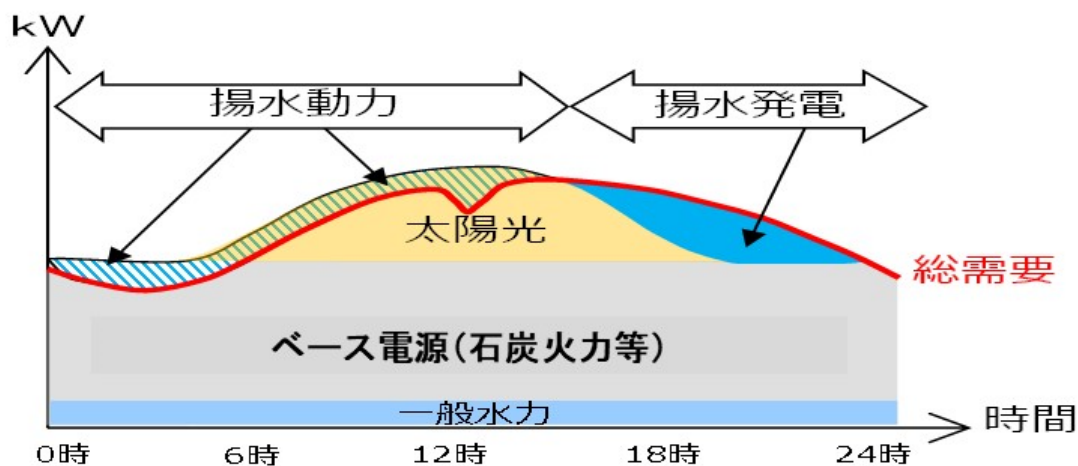


図3-6. 電力需要と電源構成

(出典：東京電力 https://www.tepco.co.jp/toudenhou/rp/1665255_19888.html)

原子力発電所の停止にかわって、太陽光発電の供給が高まってきたが、日照時間以外は水力発電（図3-7の揚水発電）が補っている。揚水発電とは、電力需要の低い夜間や太

陽光による発電の多い時間帯に動力すなわちポンプを用いて低地の水を高地へくみ上げ、電力供給の不足する時間帯に高地から低地へ放水して行う水力発電である。

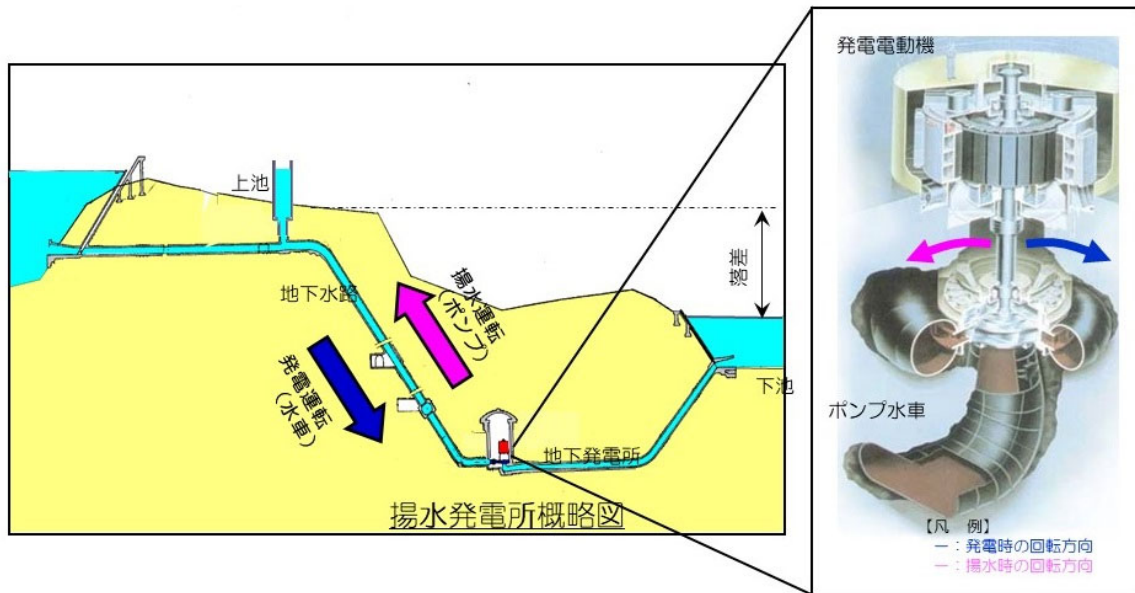


図 3 - 7 . 揚水発電の概略図

(出典：東京電力 https://www.tepco.co.jp/toudenhou/rp/1665255_19888.html)

水力発電は、水を落下させて水車が回転するときの機械的エネルギーを電気エネルギーに変換している。よって、エネルギー変換効率の良し悪しが、発電量に大きく影響することがわかるだろう。本実験で行うモータの実験は、こうした発電機もしくは回転機に対する理解の第一歩である。

また、近年盛んに開発されている電気自動車では、電池の電気エネルギーでタイヤを駆動する機械エネルギーを発生するほか、ブレーキ等で減速したときの機械エネルギーを電気エネルギーに変換して電池を充電する回生ブレーキを搭載している。ここでも、エネルギーの変換効率という概念は製品の性能を左右する重要な指標である。

テーマ4 電子回路の組立

本実習は2週にわたり実施する。第1日にメロディ IC でブレッドボードでの組立を練習し、タイマ IC で設計と評価の関係を理解する。第2日にロジック IC でデジタル回路の基本を学ぶ。第2日の実習前に、必ず、テキストに記載の予習を行いなさい。

第1日 メロディ IC

1. 目的

本実習の目的は、集積回路(IC)を用いて電子回路を組み立て、その動作を理解することである。

2. 動作原理

メロディ IC は、音を電子的に発生させて楽曲を奏でる集積回路(IC)である。IC 内部に音のデータを記憶しており、そのデータにもとづいて音の高低、強弱、拍子を変える回路を内蔵している。

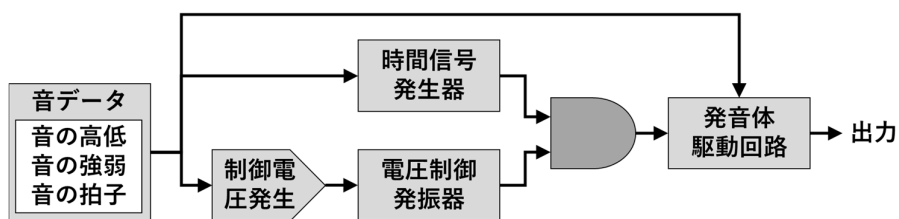


図4-1-1. メロディ IC の構成

3. 実験方法 (各自実施)

3-1. 使用機器

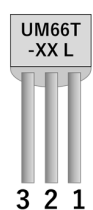
表4-1-1の機器を使用する。

表4-1-1. 使用機器

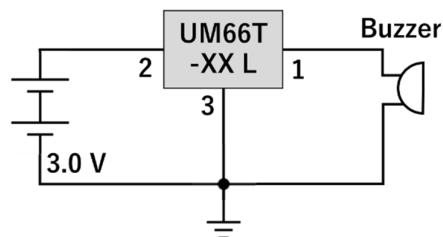
名称	メーカー名	型名	シリアル番号	数量
ブレッドボード				1式/人
電池ボックス				1個/人
単3形電池				2個/人
メロディ IC				1個/人
ブザー				1個/人

3-2. メロディ IC の演奏

図4-1-2に示すメロディ IC の回路をブレッドボードに組み立て、電子音の曲を演奏させる。(注. 曲名を記録する。)



ピン番号	名称	機能
1	Output	音出力
2	VDD	正電源
3	VSS	負電源



(a) ピン配置

(b) 回路図

図4-1-2. メロディ IC のピン配置と回路図

4. 実験結果

メロディ IC を用いて電子音を鳴らすことができた。曲名は_____であった。

IC の型番から調べたデータシートに記載されていた曲名は、_____であった。

5. 考察

音階が変わるのはなぜか、音の長さをどのように変えていると考えられるか、楽曲はメロディ IC のなかでどのように記録しているか、なぜブザーは鳴るのか、など実験で得たデータを用いて考えられることを言葉で説明せよ。

第1日 タイマ IC

1. 目的

本実習の目的は、集積回路(IC)を用いて電子回路を組み立て、その動作を理解することである。

2. 動作原理

2-1. デューティ比

矩形波の発振において、繰り返し周期を T とすると、出力信号が High レベルになっている時間 T_H の T に対する割合をデューティ比(Duty Ratio)といい、(4-1)式で表される。

$$D = \frac{T_H}{T} \times 100\% \quad (4-1)$$

2-2. タイマ IC による矩形波発振

図4-1-3において、タイマ IC (NE555) の外に付けたコンデンサ C は徐々に充電されるため、TRIG 信号の電圧が上昇する。IC 内部の電圧比較器において、TRIG 電圧が電源電圧 V_{cc} の $1/3$ 以下になると、IC の出力 OUT は High レベルになる。 C がさらに充電されて TRIG 電圧が V_{cc} の $2/3$ を超えると、IC の出力 OUT は Low レベルになり、それと同時に IC 内部のスイッチが ON になって DISCH 端子を通してコンデンサ C の放電が始まる。放電によって TRIG 電圧が低下していき、再び V_{cc} の $1/3$ 以下になると IC 内部のスイッチが OFF になって充電動作が始まる。この繰り返しによって、タイマ IC の出力 OUT は一定の周期で ON/OFF を繰り返す発振器になる。発振周波数 $f(\text{Hz})$ は IC 外付けの抵抗 R_A, R_B とコンデンサ C の値から(4-2)式で決まる。同様に、デューティ比 $D(\%)$ は(4-3)式で表される。

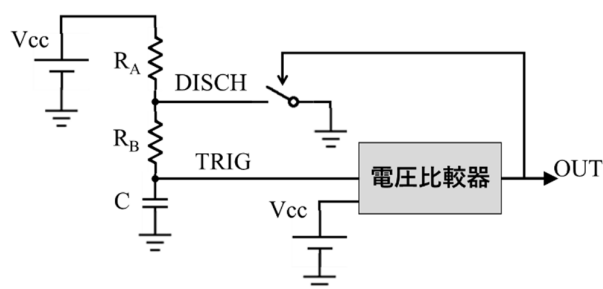


図 4-1-3. タイマ IC の発振動作の概要

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C} \quad (4-2)$$

$$D = \left(1 - \frac{R_B}{R_A + 2R_B}\right) \times 100 \quad (4-3)$$

3. 実験方法 (班で協力して実施)

3-1. 使用機器

表 4-1-2 の機器を使用する。

表 4-1-2. 使用機器

名称	メーカー名	型名	シリアル番号	数量
ブレッドボード				1 式/人
電池ボックス				1 個/人
単 3 形電池				2 個/人
コンデンサ 0.1 μF				1 個/班
タイマ IC		NE555		1 個/班
オシロスコープ	Tektronix			1 台/班

3-2. タイマ IC の矩形波測定

タイマ IC で発振器を設計し、オシロスコープで測定を行い、設計値と測定値との比較を行う。発振器は、発振周波数 f とデューティ比 D が異なる 2 種類を設計する。

タイマ IC のピン配置と回路図を図 4-1-4 に示す。IC のピン配置で TOP VIEW と書いてあるのは、IC の表面に印字がある側 (上側) から見た図という意味である。IC の端部には凹み (または●印) があり、そこが 1 番ピンで半時計周りに 8 番ピンまでである。

回路図において、電源 V_{CC} の直近にあるコンデンサ $0.01 \mu\text{F}$ は、バイパスコンデンサ（パスコンと略す）であり、電源ノイズを低減する。パスコンは、直流電源装置からブレッドボードに接続し直近の場所に配置する（参考資料 4、図 1 - 1 0 参照）。ただし、本実験ではパスコンを使用しない。

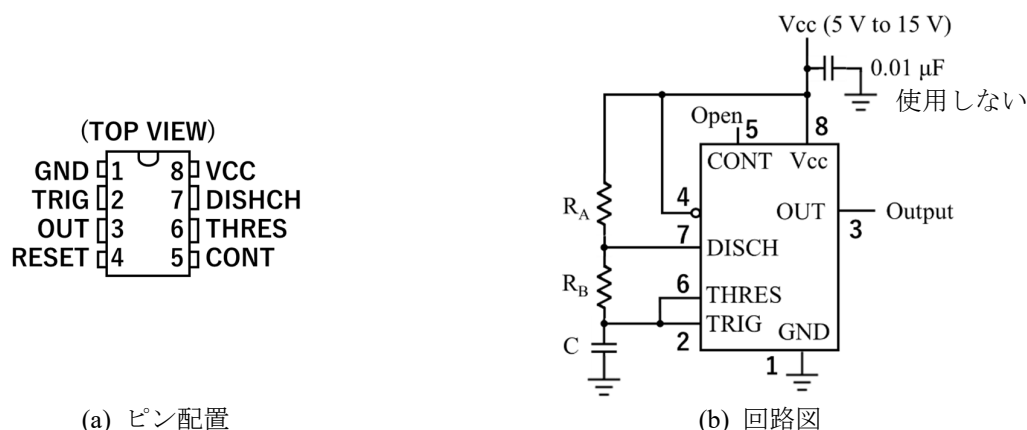


図 4 - 1 - 4. タイマ IC のピン配置と回路図

まず、本実験では設計を簡単にするため $C = 0.1 \mu\text{F}$ を用いることとする（注. 誤差は配布時の袋に記載してある）。発振周波数 f を 2 通り、例えば、 1 kHz と 10 kHz のようにおおまかに決める（注. 数値は各班で決める）。発振周波数と回路定数の関係を表す図 4 - 1 - 5 において、縦軸 $C = 0.1 \mu\text{F}$ と、横軸 $f = 1 \text{ kHz}, 10 \text{ kHz}$ の交点を探し、交点に最も近い斜線 ($R_A + 2R_B$) の値をおおまかに読み取る。読み取った $R_A + 2R_B$ 値に合うように、 R_A と R_B の値の組み合わせを 2 通り決める。例えば、 $R_A + 2R_B \cong 1 \text{ k}\Omega$ の場合、 $R_A = R_B = 330 \Omega$ とする（注. E6 系列から選べ）。このとき、デューティ比を 2 通り作るために、 R_A と R_B の比率 (R_A/R_B) が異なる組み合わせになるよう気を付ける。設計した回路定数から理論的に決まる発振周波数 f とデューティ比 D をあらためて計算して記録する。

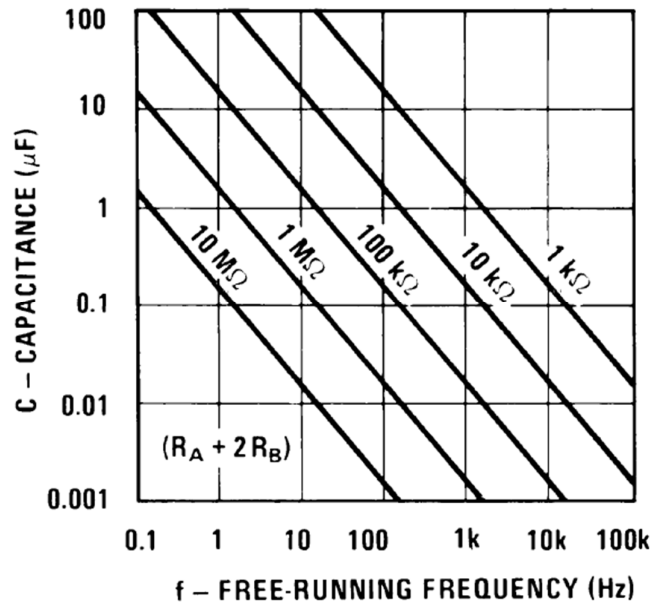


図4-1-5. タイマ IC の発振周波数と回路定数の関係
 (出典：日本テキサス・インスツルメンツ合同会社 LMC555 データシート)

設計が終わったら、ブレッドボードに回路を組み立てる。タイマ IC の 3 番ピンから出力される信号を、オシロスコープで測定する。オシロスコープの MEASURE 機能や CURSOR 機能を用いて発振周波数とデューティ比を測定して記録する。

4. 実験結果

タイマ IC を矩形波で発振させる回路乗数を 2 通り設計し、その発振周波数とデューティ比をそれぞれオシロスコープで測定した。設計値、測定値、相対誤差を、表 4-1-3 および表 4-1-4 にまとめて比較した。また、オシロスコープの発振波形を、画像ファイルとして保存し、図 4-1-6 および図 4-1-7 に示す。

表 4-1-3. 第 1 の設計値と測定値

		設計値		測定値		
素子名	公称値	発振周波数 $f(\text{Hz})$	デューティ 比 $D(\%)$	DMM で測 定した値	発振周波数 $f(\text{Hz})$	デューティ 比 $D(\%)$
C						
R_A						
R_B						

表 4-1-4. 第 2 の設計値と測定値

素子名	設計値			測定値		
	公称値	発振周波数 $f(\text{Hz})$	デューティ 比 $D(\%)$	定数	発振周波数 $f(\text{Hz})$	デューティ 比 $D(\%)$
C						
R_A						
R_B						

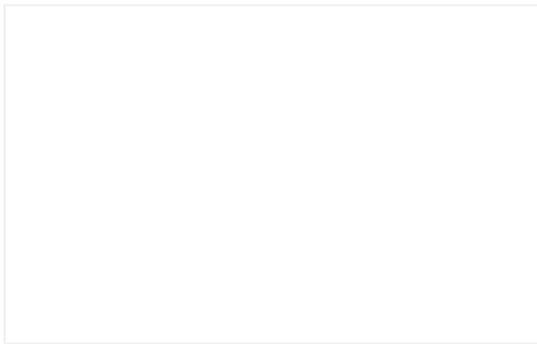


図 4-1-6. 第 1 の設計値の矩形波

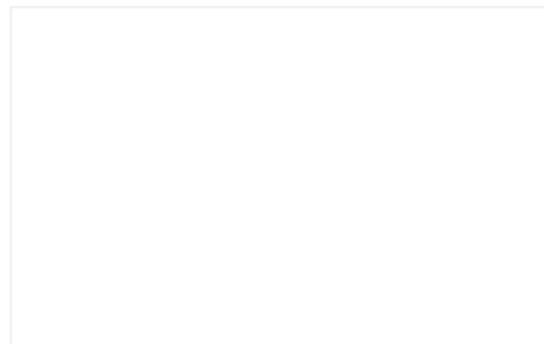


図 4-1-7. 第 2 の設計値の矩形波

5. 考察

技術者が設計したものは、評価を行って所定の誤差内で動作することを確認することが必要である。理論式に従って設計した値と、実験の評価作業において得られた測定値との間に誤差が生じた原因はどこにあるかを検討する。その理由によって誤差が妥当な範囲であるかを計算により確かめる。部品、IC、測定器、それぞれのデータシートを調べて検討し、実験で得たデータを用いて自分で考えたことを言葉で説明せよ。

実験が早く終わった場合の追加実験

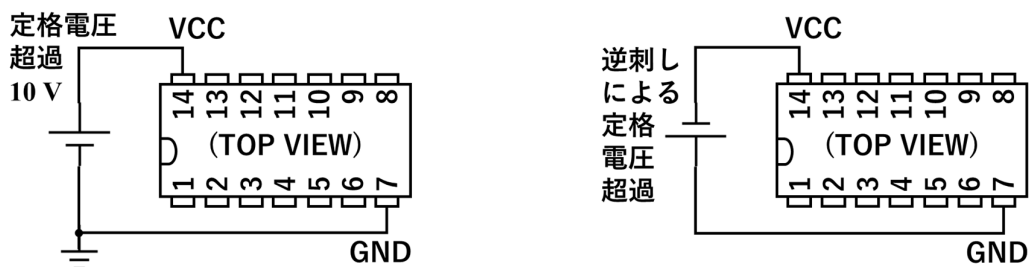
メロディ IC の 1 番ピンを、オシロスコープで観察してみよう。

第2日 ロジック IC (予習)

本実習において、集積回路(IC)を壊してしまう学生がいる。どのようなことをすると IC が壊れるかをここに説明するので、事前によく読みなさい。

IC には 3 種類の端子 (ピン) があるので、それらを順に説明する。

1 つめは、電源 (VCC) およびグランド (GND) である。電流は、電源装置 (電池など) から IC の VCC ピンへ供給され、負荷 (IC など) を通り、GND ピンに流れ込んで電源装置へと戻る。本実験に用いるロジック IC では、VCC ピンは 14 番、GND ピンは 7 番にある。VCC・GND ピンの間に、IC メーカーの定めた定格電圧の範囲外の電圧を印加すると、IC は壊れる (図 4-2-1 参照)。実験中に直流安定化電源のつまみを不用意に触らないように注意しなければならない。



(a) 電源電圧の設定間違い

(b) 電源との接続間違い

図 4-2-1. 電源ピンと GND ピンに定格外電圧を印加するケース

2 つめは、入力ピンである。ロジック IC の入力ピンにはデジタル信号が印加される。デジタル信号とは、2 進数の 0 または 1 を電圧で表現した信号である。閾値電圧 (V_{IL}) よりも小さい電圧をローレベルと呼んで 0 として扱い、閾値電圧 (V_{IH}) よりも大きい電圧をハイレベルと呼んで 1 として扱う。 V_{IL} より大きく V_{IH} より小さい範囲は不定となるので用いない。入力ピンに、GND ピンの電圧未満の電圧、VCC ピンの電圧を超える過電圧を印加すると、IC は壊れる (図 4-2-2 参照)。また、ロジック IC に限らない一般的な話として、下図に示すように VCC ピンに電源が繋がっていないとき (例えば電池をはずしているとき)、IC の入力ピンにだけ電圧を印加すると壊れる可能性がある。

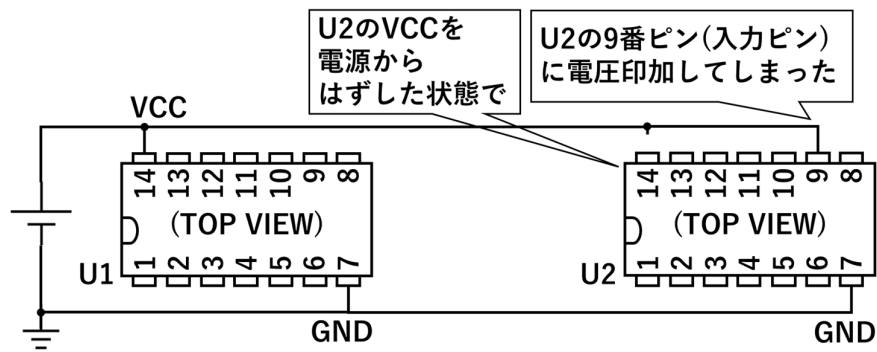


図4-2-2. 入力ピンにのみ電圧印加するケース

3つめは、出力ピンである。ロジック IC の出力ピンはデジタル信号を出力する。デジタル信号の 0 が出力されるときは GND ピンを同じ電圧（本実験では 0 V）、デジタル信号の 1 が出力されるときは電源ピンと同じ電圧（本実験では 5 V）の電圧が出力される。この出力ピンを不適切な場所へ接続した場合、例えば、負荷を経由することなく出力ピンを GND に直結した場合、IC から GND へ大きな電流が流れてしまうため、IC は壊れる（図 4-2-3 参照）。

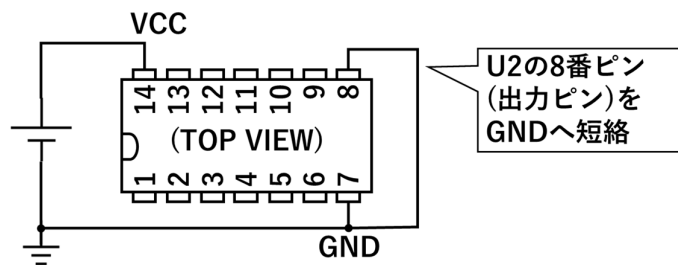


図4-2-3. 出力ピンの接続先が不適切なケース

IC を壊さないために、以下に列挙することを注意せよ。

- ・ 配線を変更する前に、電源装置を OFF する（電池をはずす）。
- ・ 配線に使用する線材の被覆色を、電源用と入出力用で分けておく。
- ・ 配線はよく整理して、見やすい配置にするよう心がける。
- ・ リード抵抗やコンデンサの足どうしがショート（短絡）していないか確認する。
- ・ 出力ピンが不適切な端子（特に GND）へショート（短絡）していないか確認する。
- ・ 二人一組で作業するとき、一人が配線したらもう一人が確認して役割を分担する。
- ・ 配線変更後に、電源装置を ON する前に、電源の逆刺しがないか声出し確認する。

第2日 ロジック IC

1. 目的

本実習の目的は、集積回路(IC)を用いて電子回路を組み立て、その動作を理解することである。

2. 動作原理

2-1. ロジック IC とは

ロジック IC は、0 を意味する Low レベルまたは 1 を意味する High レベルの 2 値のみを入出力として動作する 2 進数の演算回路である。ここでは、電源電圧 5 V で動作するロジック IC について説明する。入力する電圧は電源電圧以下でなければならないので、0 V から 5 V までの値である。入力電圧がある閾値 V_{IL} 以下になると入力を Low レベルと判定し、また別の閾値 V_{IH} 以上になると入力を High レベルと判定する。入力電圧がそれらの閾値 (Threshold) の間にあるときは、入力は不定と判定され Low または High のいずれになるかわからない。

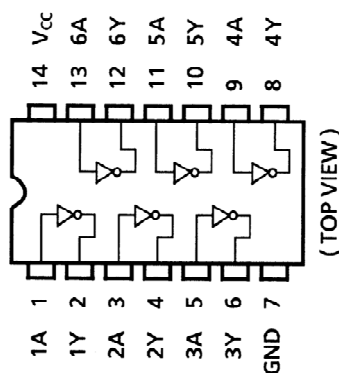
ロジック IC は大きく別けて、TTL と CMOS の 2 種類がある。それぞれの閾値を表 4-2-1 に例示する。数値は代表的なものであり、動作条件や IC メーカー等によって多少異なる。CMOS の出力を TTL に入力しても正しく動作するが、TTL の出力を CMOS に入力すると出力電圧が入力の閾値に届かないことがある。

表 4-2-1. ロジック IC の閾値例

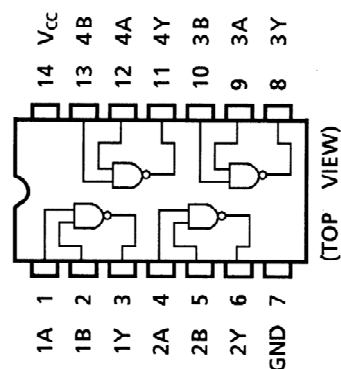
TTL (74LS)				CMOS (74HC)			
記号	入力電圧 (V)	記号	出力電圧 (V)	記号	入力電圧 (V)	記号	出力電圧 (V)
V_{IH}	最小 2.0	V_{OH}	最小 2.5	V_{IH}	最小 3.5	V_{OH}	最小 4.9
V_{IL}	最大 0.8	V_{OL}	最大 0.4	V_{IL}	最大 1.0	V_{OL}	最大 0.1

2-2. 代表的なロジック IC

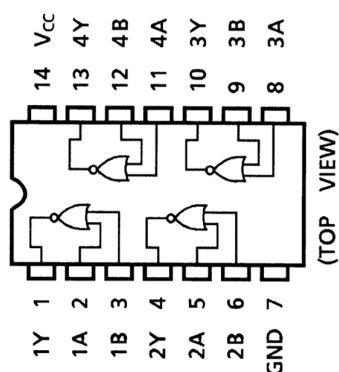
代表的なロジック IC には、NOT, NAND (NOT+AND), NOR (NOT+OR), XOR がある。IC のピン配置を図 4-2-4 に示す。



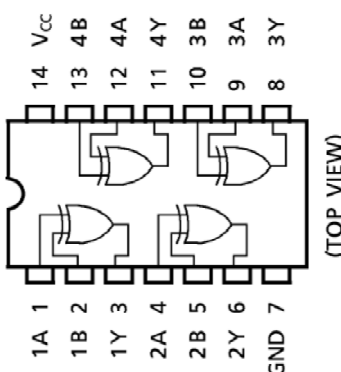
(a) 否定 NOT ゲート (型番 7404)



(b) 否定論理積 NAND ゲート (型番 7400)



(c) 否定論理和 NOR ゲート (型番 7402)



(d) 排他的論理和 XOR ゲート (型番 7486)

図 4-2-4. ロジック IC のピン配置

(出典：東芝デバイス&ストレージ株式会社 TC74HC データシートより)

NOT は入力を反転する否定回路であり、入力 0 が出力 1 に、入力 1 が出力 0 になる。
 NAND は論理積(AND)を反転する回路であり、2つの入力とともに 1 のとき積は 1 なので出力が 0 になる。NOR は論理和(OR)を反転する回路で、2つの入力とともに 0 のとき和は 0 なので出力が 1 になり、いずれか一方の入力が 1 であれば和は 1 なので出力が 0 になる。
 XOR は排他的論理和といい、2つの入力の和をとるときに、桁上りを考慮するため 2つの入力とともに 1 のときに和は 0 になる。

3. 実験方法 (班で協力して実施)

3-1. 使用機器

注. 実験を再現できるような回路図を示せ。

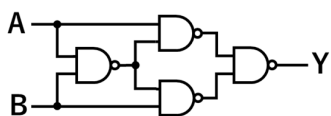
表 4-2-2 の機器を使用する。

表 4-2-2. 使用機器

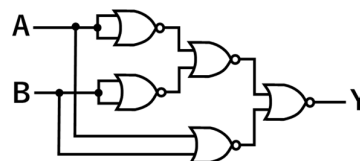
名称	メーカー名	型名	シリアル番号	数量
ブレッドボード				1 式/班
ロジック IC NAND				1 個/班
ロジック IC NOR				1 個/班
ロジック IC NOT				1 個/班
直流安定化電源				1 台/班
直流電圧計	横河電機			2 台/班

3-2. ロジック IC の真理値表作成

ブレッドボード上でロジック IC に配線し、NOT, NAND (NOT+AND), NOR (NOT+OR), XOR 回路の動作を評価する。ただし、XOR は NAND ゲート 4 個で構成する (図 4-2-5 参照)。直流電源の電圧は 5 V に設定し、ロジック IC の 14 番ピン (V_{CC}) を電源の+側に、7 番ピン (GND) を電源の-側に接続する。ロジック IC の入力ピンを High レベルにしたいときは電源の+側に接続し、Low レベルにしたいときは電源の-側に接続し、入力電圧を変えながら出力電圧を測定する (参考資料 4、図 1-10 参照)。出力電圧は、出力ピンを直流電圧計に接続して測定する。



(a) NAND ゲートで構成した XOR



(b) NOR ゲートで構成した XOR

図 4-2-5. XOR 回路の作り方

3-3. 半加算回路

図 4-2-6 に示す半加算回路 (ハーフアダダー) をロジック IC の NOT, NAND, NOR を用いて組み立て、入力電圧を変えながら出力電圧を測定する。

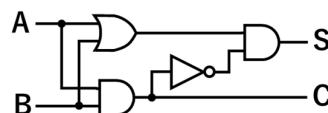


図 4-2-6. 半加算回路

注. 書き直す必要がある。

4. 実験結果

4-1. ロジック IC の真理値表

NOT, NAND, NOR, XOR の真理値表と、IC の入出力電圧を表 4-2-3 に示す。

表 4-2-3. ロジック IC の真理値表と入出力電圧

(a) 否定 NOT

入力 A		出力 Y	
論理	電圧	論理	電圧
0	V		V
1	V		V

(b) 否定論理積 NAND

入力 A		入力 B		出力 Y	
論理	電圧	論理	電圧	論理	電圧
0	V	0	V		V
0	V	1	V		V
1	V	0	V		V
1	V	1	V		V

(c) 否定論理和 NOR

入力 A		入力 B		出力 Y	
論理	電圧	論理	電圧	論理	電圧
0	V	0	V		V
0	V	1	V		V
1	V	0	V		V
1	V	1	V		V

(d) 排他的論理和 XOR

入力 A		入力 B		出力 Y	
論理	電圧	論理	電圧	論理	電圧
0	V	0	V		V
0	V	1	V		V
1	V	0	V		V
1	V	1	V		V

半加算回路の真理値表と、IC の入出力電圧を表 4-2-4 に示す。

表 4-2-4. 半加算回路の真理値表と入出力電圧

入力 A		入力 B		出力 S		出力 C	
論理	電圧	論理	電圧	論理	電圧	論理	電圧
0	V	0	V		V		V
0	V	1	V		V		V
1	V	0	V		V		V
1	V	1	V		V		V

5. 考察

複数のゲートで XOR 回路を構成するときゲートの出力電圧レベルは次段の入力を正しく動作させる関係か、複数のゲートで半加算回路を構成するときゲートの出力電圧レベルは次段の入力を正しく動作させる関係か、など実験で得たデータを用いて考えられることを言葉で説明せよ（注. CMOS から TTL へ、あるいは、TTL から CMOS への接続は正しく動作する組み合わせなのかを表 4-2-1 を用いて考えよ）。

出力電圧が電源電圧よりも低下した場合、その理由を考えよ（注. CMOS または TTL の内部構造を簡単な図で示しながら理由を説明し、その根拠となる参考文献を示すことが望ましい）。

また、なぜコンピュータは 10 進数ではなく 2 進数の論理演算で計算するのか、論理和 OR がある他に排他的論理和 XOR が必要なのはなぜか、XOR を構成する回路は他にないか、半加算回路の出力 S, C はそれぞれどのような役割か、使用した IC の種類（TTL と CMOS）とそれらの違いはなにか、74 シリーズは他にどのようなものがあるか、1 つの出力に次段の入力は何個まで接続できるか、などについても実験結果に結びつけて説明せよ（注. 調べたことをただ書くだけでは考察にはならない）。

ヒント

実験方法にて、回路図をどのように示すとよいか考えよう。図 4-2-7 に例を示す。

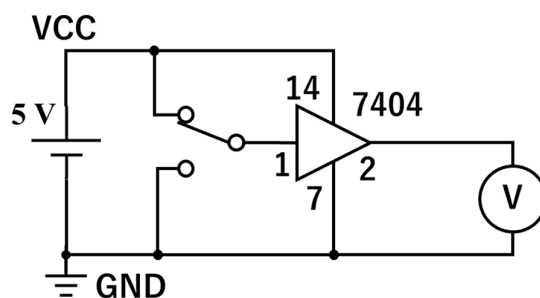


図 4-2-7. ロジック IC の実験に用いた回路図例

参考資料 8. IC の入力抵抗と出力抵抗

電源や測定器などの機器に内部抵抗が存在したのと同様に、IC にも内部抵抗が存在する。図 4-2-8 において、入力ピンから IC を見たときの内部抵抗 R_{in} を入力抵抗、出力ピンから IC を見たときの内部抵抗 R_{out} を出力抵抗という（交流の場合は、入力インピーダンス、出力インピーダンスという）。

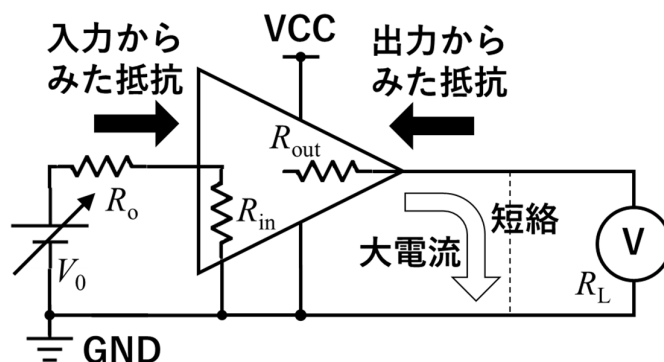


図 4-2-8. IC の内部抵抗

参考資料 6 に示したように $R_o \ll R_{in}$ であることが必要なので、入力抵抗 R_{in} は大きい。同様に、 $R_{out} \ll R_L$ であることが必要なので、出力抵抗 R_{out} は小さい。

出力ピンと負荷の間で、破線に示すように短絡（ショート）が生じると、短絡部分の抵抗は非常に小さいため、大電流が出力ピンから GND へと流れる。大電流によって回路にジュール熱が生じ、IC の出力抵抗 R_{out} が焼損するなどして壊れる。よって、IC の出力ピンは決して短絡してはならない。

テーマ5 AMラジオの製作

1. 目的

本実習の目的は、AMラジオを製作し、はんだごて作業に慣れるとともに、屋外でラジオの受信を試みながら動作原理と性能の関係について考えることである。

2. 動作原理

人間の発する音声(周波数~1 kHz)は空气中で減衰していってしまうため、遠くへ届かない。AMラジオは音声を遠くまで届けるために、振幅変調(Amplitude Modulation)という技術を使って『音波』よりも高い周波数の『電波』で送信する。例えば、埼玉県におけるNHKラジオ第1放送の周波数は594 kHzである。この高い周波数をキャリア周波数といい、そのピーク強度をつないだ包絡線が音声信号になっている。図5-1の受信回路は、アンテナ部、同調部、検波部(ダイオード+ローパスフィルタ)の構成になっている。

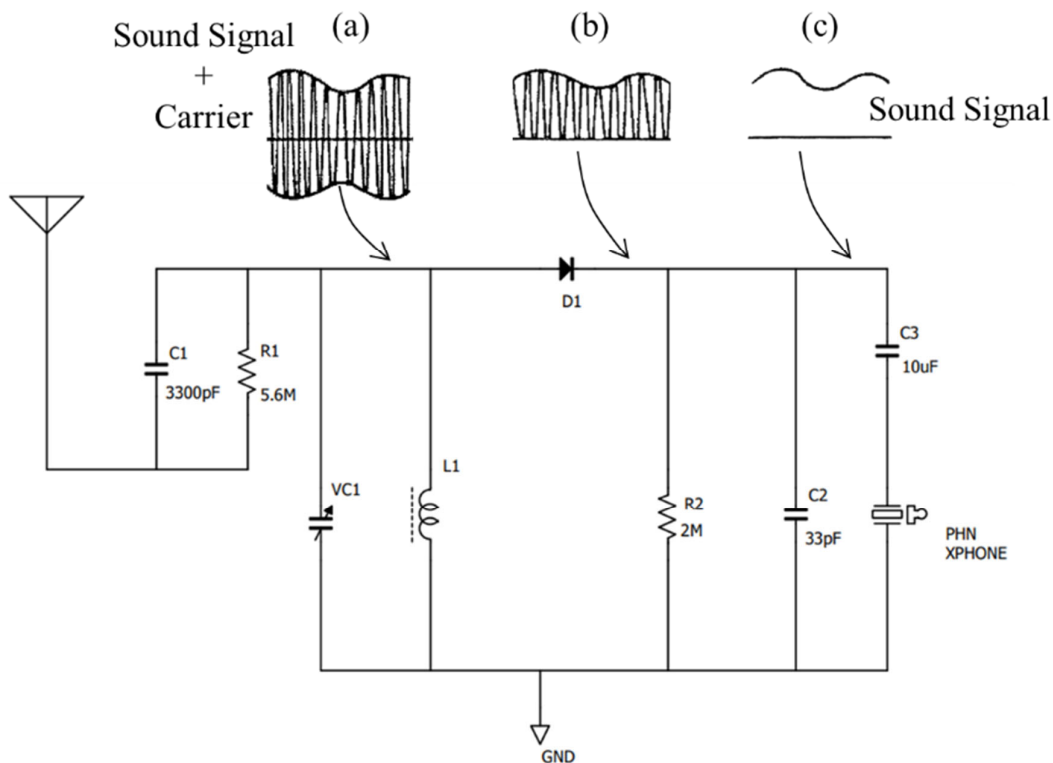


図5-1. AMラジオの受信回路
(出典：マルツエレクト (株) M2PK2300 組立説明書)

同調部は、可変コンデンサとコイルの並列回路で、受信周波数を選局する。アンテナが受信した電波の周波数と、並列回路の共振周波数が一致するときに信号がダイオード側へ伝わる。検波部は、ダイオードとローパスフィルタで構成され、音声信号を復調する。ダイオードが同調した信号の正側だけを抽出し、ローパスフィルタが低い周波数の包絡線成分だけを選択することにより、音声が出力される。

3. 実験 (各自実施)

3-1. 使用機器

表5-1の機器を使用する。

表5-1. 使用機器

名称	メーカー名	型名	シリアル番号	数量
AM ラジオ部品キット	マルツ	M2PK2300		1 式/人
ブレッドボード				1 式/人
電池ボックス				1 個/人
単 3 形電池				2 個/人
はんだごて	太洋電機産業			1 式/人

(注. 組み立てたラジオ基板は、実験後、持ち帰り可。)

3-2. AM ラジオ基板の製作

はんだごての使用時に火傷する危険性がある。まず、安全に関する注意事項を読む。

はんだごて (半田鑊)、こて台の安全について

- ・ **ヤケドしたときは、はんだごてをこて台に置き、ヤケド箇所を流水で冷やさない。**
- ・ はんだごては高温 (最高 480°C) になるので、触れてヤケドするおそれがある。自分だけでなく**周囲にいる人にも十分注意**しなさい。
- ・ はんだごてをこて台に長時間のせていると、こて台が熱くなり、触れてヤケドするおそれがある。しばらく**使用しないときは、はんだごての電源を OFF** しなさい。
- ・ はんだごてをこて台に置くときは、メーカー推奨の正しい置き方にしなさい。

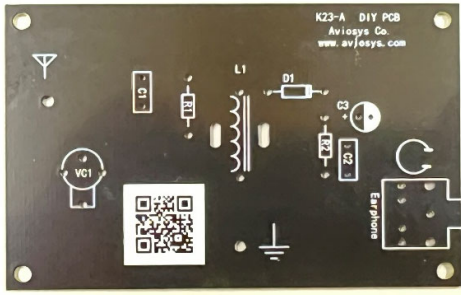
表 5 - 2 の材料がそろっていることを確認してから、AM ラジオ基板を製作する。

表 5 - 2. 部品表

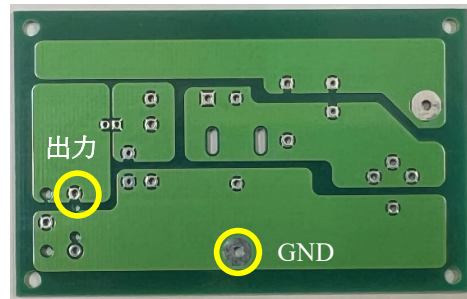
部品番号	名称、仕様	数量	説明	形状 (例)
R1	抵抗、5.6 M Ω	1	色 (緑青緑金)	
R2	抵抗、2 M Ω	1	色 (赤黒緑金)	
C1	コンデンサ、3300 pF	1	表示 (332)	
C2	コンデンサ、33 pF	1	表示 (33)	
C3	電解コンデンサ、10 μ F	1	側面にマイナス記号	
D1	ダイオード	1	検波用 カソード側にマーク	
L1	コイル	1	バーアンテナ 線材両端を磨く	
VC1	可変容量コンデンサ	1	セラミックトリマ	
なし	プリント基板	1	片面実装	
なし	ビニール電線	1	アンテナ用	
なし	イヤホンジャック	1	イヤホンの差込口 使用しない	
なし	クリスタルイヤホン	1	片側プラグ付き 使用しない	
なし	結束バンド	1	バーアンテナ固定用	

(写真出典：マルツエレクト (株) M2PK2300 組立説明書)

部品のはんだ付け作業については、テキスト『テーマ7 LED回路製作』の説明を参照する。コンデンサ C3 とダイオード D1 には極性があるので、正しい方向に取り付ける。図 5 - 2 (a) の部品面シルク印刷では、C3 と D1 の負極側が白く塗られてマーキングされている。



(a) 部品面



(b) はんだ面

図 5-2. プリント基板

3-3. 小信号アンプの組み立て

図 5-3 の回路をブレッドボードに組み立てる。

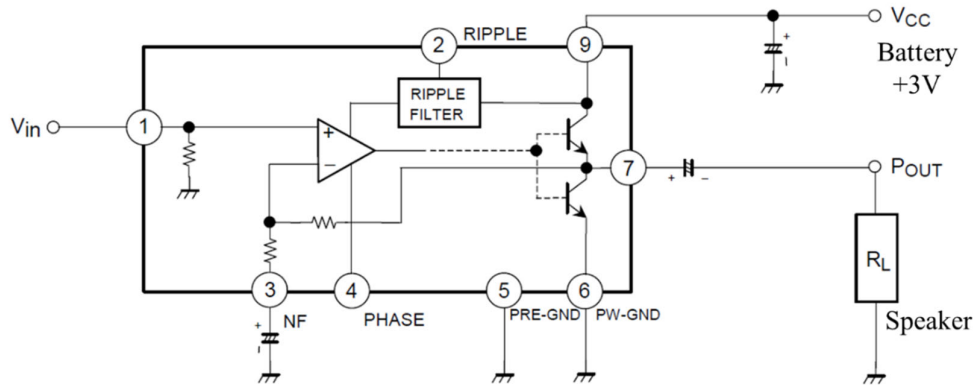


図 5-3. オーディオアンプの回路図 (出典: 東芝 TA7368PG データシート)

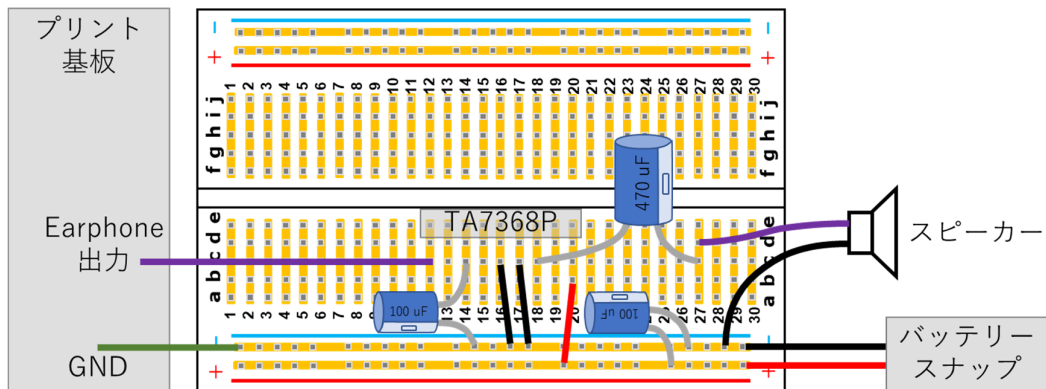


図 5-4. ブレッドボード配線例

3-4. ラジオ放送受信

AM ラジオ基板のイヤホン出力と GND を、ブレッドボード側の小信号アンプの Input と GND 端子にそれぞれ接続する。プリント基板側 (イヤホン出力と GND) は、配線をはんだ付けする。

4. 実験結果

受信したラジオ番組について、聞き取った内容とラジオ番組表を照らし合わせたところ、___時___分に___放送局の_____という番組と、___時___分に___放送局の_____という番組を受信したことがわかった。(注. 本実習のキットでは少なくとも2局以上受信することができる。) 受信した場所の周囲状況は、_____であった。(注. 屋内か屋外か、建物から何メートル離れているかなどを記録する。受信感度のよい場所のマップを作成してもよい。)

6. 考察

プリント基板のはんだ付けするランドはなぜ十字形になっているのか、はんだ付けしない場所はなぜ緑色のレジスト膜で覆われているのか、ラジオの音声が良く聞こえた場所はどういう場所であったか (良く聞こえた理由を動作原理から説明する)、アンテナの向きや高さを変えることで何か変化はあったか (その理由は何か)、建物の影響があるとすればなぜか、複数のラジオ番組が同時に聞こえることを何とというか (それはなぜ起きるのか)、受信した音声信号を増幅 (アンプ) IC で増幅する必要があるのはなぜか、など実験で得たデータを用いて考えられることを言葉で説明せよ。

6. 電子ブロック

※ [A]と[mA]や[μ A]の違い、[V]と[mV]の違いに注意すること。

[準備] 電子ブロック添付回路集P4～P8までをよく読み、装置の取り扱いを間違えないように注意すること。

(1) 『No.1 電気回路と電流』(同回路集P9)

- ① ブロックを並べ、回路を完成させる。
 - ② メインスイッチをONにし、豆電球の点灯の有無と**明るさ**を確認する。
 - ③ 豆電球両端の電圧V、+Aoutと-out間の電圧Eを測定する。
 - ④ 電圧VとEの値を比較する。
 - ⑤ メインスイッチをOFFにする。
 - ⑥ 他のブロック一つを抜く。
 - ⑦ メインスイッチを再びONにしたとき、豆電球の点灯を観察する。
 - ⑧ ⑦における電圧VとEを測定する。
 - ⑨ 更に、抜いたブロック間の電圧V'も測定する。
 - ⑩ ⑦における電圧V、E、V'の値を比較する。
 - ⑪ メインスイッチをOFFにする。
- ※ レポートとして、電子ブロック添付回路集の右上に描かれている回路図を描く。

表1-1 回路形成による測定結果

豆電球の点灯確認	
豆電球の電圧V	[V]
+Aoutと-out間の電圧E (Vとほぼ等しく得られたか)	[V]

表1-2 ブロック1つ抜いたときの測定結果

豆電球の点灯確認	
豆電球の電圧V	[mV]
+Aoutと-out間の電圧E	[V]
抜いたブロック間の電圧V'	[V]
Eとほぼ等しい電圧は?	

(2) 『No.3 電流の向きと整流作用(2)』(同回路集P 1 1)

- ① ブロックを並べ、回路を完成させる。
- ② メインスイッチをONにし、豆電球の点灯の有無を確認する。
このとき、(1)での明るさと比較する。
- ③ 豆電球両端の電圧V、+Aoutと-out間の電圧Eを測定する。
- ④ 更に、+Aout側のダイオードをD₁、-out側のダイオードをD₂とし、各々の両端の電圧V_{D1}とV_{D2}も測定する。
- ⑤ 電圧V、V_{D1}、V_{D2}の和とEの値が、ほぼ等しく得られたかどうかを検討する。
- ⑥ メインスイッチをOFFにし、回路集P 1 1右側の説明文に従ってダイオードD₂の向きが逆方向となるようにダイオードブロックの向きを変える。
- ⑦ メインスイッチを再びONにしたとき、豆電球の点灯の有無を確認する。
- ⑧ ⑦における電圧V、V_{D1}、V_{D2}、Eを測定し、得られた値を⑤と同様に比較する。
- ⑨ メインスイッチをOFFにし、ダイオードD₂の向きが順方向となるように、ダイオードブロックの向きを戻す。
- ⑩ 回路集P 1 1右側の説明文に従って、ダイオードD₁の向きが逆方向となるように、ダイオードブロックの向きを変える。

『D₂とは異なり、D₁は180°反転ではないので、注意せよ!』

- ⑪ ⑦、⑧と同様に行う。
 - ⑫ メインスイッチをOFFにし、ダイオードD₂の向きも逆方向となるように、ダイオードブロックの向きを変える。
 - ⑬ ⑦、⑧と同様に行う。
 - ⑭ メインスイッチをOFFにする。
- ※ レポートとして、回路集の右上に描かれている回路図を描く。

(ダイオードD₁およびD₂は、順方向とする。)

表2 ダイオード2個の向きによる点灯と電圧

+Aout側ダイオードD ₁	順方向	順方向	逆方向	逆方向
-out側ダイオードD ₂	順方向	逆方向	順方向	逆方向
豆電球の点灯確認				
(1)と明るさの比較				
豆電球の電圧V	[V]	[mV]	[mV]	[mV]
+Aoutと-out間の電圧E	[V]	[V]	[V]	[V]
ダイオードD ₁ の電圧V _{D1}	[V]	[mV]	[V]	[V]
ダイオードD ₂ の電圧V _{D2}	[V]	[V]	[mV]	[V]
V+V _{D1} +V _{D2}	[V]	[V]	[V]	[V]
V+V _{D1} +V _{D2} とEの比較検討				

(3) 『No.146 ランプの直列回路』(同回路集P154)

- ① ブロックを並べ、回路を完成させる。このとき、+Aout側の豆電球を「豆電球①」、-out側の豆電球を「豆電球②」とする。
 - ② 全体の電流 I_s を測定するための電流計を接続する。
 - ③ メインスイッチをONにし、豆電球の点灯を確認する。
 - ④ +Aoutと-out間の電圧 E 、全体の電流 I_s 、各々の豆電球両端の電圧 V_1 および V_2 を測定する。
 - ⑤ 豆電球①と②の両方にかかる電圧 V_s も測定し、 $V_s = V_1 + V_2$ として得られたかを検討する。
 - ⑥ メインスイッチをOFFにする。
 - ⑦ 各々の豆電球ブロックにおける抵抗 R_1 および R_2 を計算する。
 - ⑧ 直列における合成抵抗 R_s も計算し、 $R_s = R_1 + R_2$ として得られたかを検討する。
- ※ レポートとして、回路集の右上に描かれている回路図を描く。

表3 豆電球の直列接続における測定結果

+Aoutと-out間の電圧 E	[V]
全体の電流 I_s	[mA]
豆電球①の電圧 V_1	[V]
豆電球②の電圧 V_2	[V]
豆電球①と②にかかる電圧 V_s	[V]
V_1, V_2, V_s の比較検討	
豆電球①の抵抗 R_1	[Ω]
豆電球②の抵抗 R_2	[Ω]
合成抵抗 R_s	[Ω]
R_1, R_2, R_s の比較検討	

※ 途中計算

$$R_1 = \quad = \quad = \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad [\Omega]$$

$$R_2 = \quad = \quad = \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad [\Omega]$$

$$R_s = \frac{V_s}{I_s} = \quad = \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad [\Omega]$$

(4) 『No.147 ランプの並列回路』(同回路集P155)

- ① ブロックを並べ、回路を完成させる。このとき、左側の豆電球を「豆電球①」、右側の豆電球を「豆電球②」とする。
 - ② 全体の電流 I_P 、各々の豆電球に流れる電流 I_1 および I_2 をそれぞれ測定するための電流計を接続する。
 - ③ メインスイッチをONにし、豆電球の点灯を確認する。
 - ④ +Aoutと-out間の電圧E、豆電球両端の電圧 V_P 、豆電球の電流 I_1 および I_2 を測定する。
 - ⑤ 全体の電流 I_P も測定し、 $I_P = I_1 + I_2$ として得られたかを検討する。
 - ⑥ メインスイッチをOFFにする。
 - ⑦ 各々の豆電球ブロックにおける抵抗 R_1 および R_2 を計算する。
 - ⑧ 並列における合成抵抗 R_P も計算し、 $R_P = R_1 // R_2$ として得られたかを検討する。
- ※ レポートとして、回路集の右上に描かれている回路図を描く。

表4 豆電球の並列接続における測定結果

+Aoutと-out間の電圧E	[V]
豆電球両端の電圧 V_P	[V]
豆電球①の電流 I_1	[mA]
豆電球②の電流 I_2	[mA]
全体の電流 I_P	[mA]
I_1, I_2, I_P の比較検討	
豆電球①の抵抗 R_1	[Ω]
豆電球②の抵抗 R_2	[Ω]
合成抵抗 R_P	[Ω]
R_1, R_2, R_P の比較検討	

※ 途中計算

$$R_1 = \quad = \quad = \underline{\hspace{2cm}} \quad [\Omega]$$

$$R_2 = \quad = \quad = \underline{\hspace{2cm}} \quad [\Omega]$$

$$R_P = \frac{V_P}{I_P} = \quad = \underline{\hspace{2cm}} \quad [\Omega]$$

$$R_P = R_1 // R_2 = \quad = \quad = \underline{\hspace{2cm}} \quad [\Omega]$$

(5) 『No.4 トランジスタと真空管』 『No.5 トランジスタの特性』 (同回路集P 1 2～P 1 3)

- ① 回路集P 1 2に従ってブロックを並べ、回路を完成させる。
 - ② 豆電球に流れる電流 I_C を測定するための電流計を接続する。
 - ③ メインスイッチをONにし、豆電球の点灯の有無および **明るさ** を確認する。
 - ④ 抵抗の両端に印加されている電圧 V_B を測定する。
 - ⑤ 豆電球両端の電圧 V_C 、豆電球に流れる電流 I_C を測定する。
 - ⑥ メインスイッチをOFFにする。
 - ⑦ 抵抗ブロックをはずし、その両端の抵抗 R_B を測定する。(正確な抵抗値を得るため)
 - ⑧ 抵抗に流れる電流 I_B をそれぞれ計算する。
 - ⑨ 抵抗ブロックを下記の値に取り替えて、③～⑧を同様に行う。
- ※ レポートとして、回路集P 1 2の右上に描かれている回路図 ($R_B = 4.7 [k\Omega]$ の方) を描く。

表5 トランジスタの測定結果その①

抵抗[k Ω]	抵抗の測定値 $R_B [k\Omega]$	豆電球の様子 [明るさも含む]	抵抗の電圧 $V_B [V]$	豆電球の電圧 $V_C [V]$	豆電球の電流 $I_C [mA]$	抵抗の電流 $I_B [\mu A]$
4.7						
10						
20						
28						
34						
約39.3						
約44.0						
80						
560						
1000						

※ I_B における途中計算 ($R_B = 4.7 [k\Omega]$ に限り、記載すること。)

$$I_B = \quad = \quad = \quad [A] = \quad [mA]$$

(6) 『No.15 ランプによる断線警報機』(同回路集P23)

- ① ブロックを並べ、回路を完成させる。このとき、黄色のアンテナ線でなく、赤や黒の60cmコード線でもよい。
 - ② メインスイッチをONにし、豆電球の点灯の有無を確認する。
 - ③ ベース・エミッタ間の電圧 V_{BE} 、+Aoutと-out間の電圧E、コレクタ・エミッタ間の電圧 V_{CE} 、豆電球両端の電圧 V_C を測定する。
 - ④ メインスイッチをOFFにする。
 - ⑤ アンテナ線を外して、②～④を同様に行う。
- ※ レポートとして、回路集の右上に描かれている回路図を描く。

表6 トランジスタの測定結果その②

コード線	豆電球の点灯確認	ベース・エミッタ間の電圧 V_{BE}	+Aoutと-out間の電圧E	コレクタ・エミッタ間の電圧 V_{CE}	豆電球の電圧 V_C
接続		[mV]	[V]	[V]	[mV]
開放		[V]	[V]	[mV]	[V]

※ 電子ブロックの片付け

- ① A4プリント(学研電子ブロックのひみつ)に従ってブロックを並べ、回路を完成させる。このとき、ブロックの向きに注意すること。
- ② メインスイッチをONにし、volumeをmaxにする。
- ③ tuning pointをまわして、ラジオ放送が受信できているかを確認する。
確認の際、窓際のほうが聞こえやすい。もし、確認できない場合は、教員に申し出る
こと。
- ④ メインスイッチをOFFにする。

※ レポートについて

各実施日の実習終了時に、詳細を指示するが、課題として、以下を与える。

- (1) ダイオードの構造・順方向・逆方向について説明せよ。
- (2) NPN型トランジスタの構造について説明せよ。

※ 課題の注意事項

- ・ 調べるなどして、それぞれ書いてくること。(調べた場合は、その文献も示すこと。)
- ・ 図や表 … 大いに結構!
- ・ それぞれ、有効文字数100字以上(目安: 150文字以上)とし、上限は定めない。

7. LED回路製作

2つのフルカラーLEDを交互に点滅させる回路の製作

(1) 製作物

図1および表1に示す回路(無安定マルチバイブレータ)を作成する。

ちなみに固定抵抗は、カラーコードから読み取る。カラーコードから読み取る際は、抵抗に描かれたコードが左に偏っている方から読み取る。線の色と数値の対応は、表2を参照すること。

※4色のほとんどは、金色が端にあるので、この金色を右側にし、他3色を表2に従って読み取る。

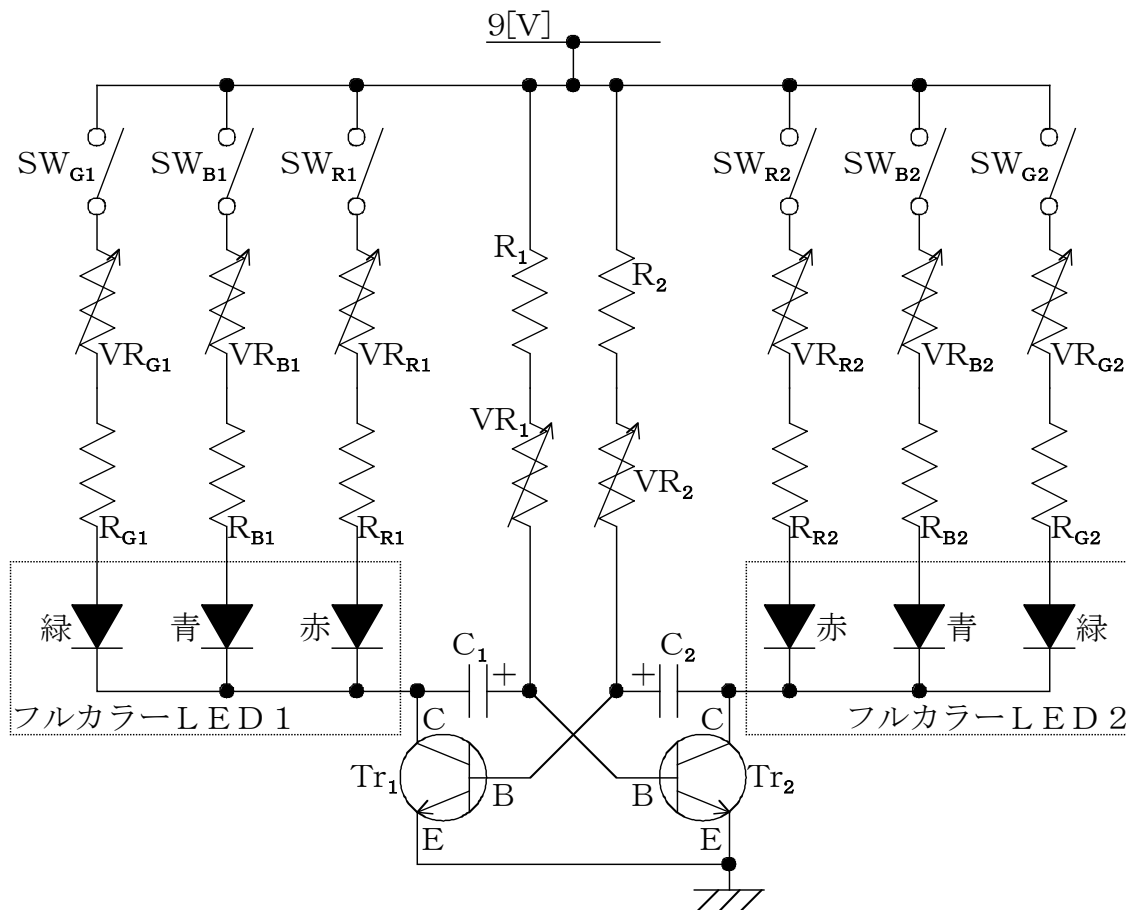


図1 2つのフルカラーLEDを交互に点滅させる回路の回路図

表1 2つのフルカラーLEDを交互に点滅させる回路の部品リスト

回路記号	品名	規格	数量
R_1, R_2	抵抗(炭素皮膜固定抵抗器)	5.6 k Ω (1/4W) [緑青赤金] 各々、 2個直列	4
$R_{G1}, R_{B1}, R_{B2}, R_{G2}$	抵抗(炭素皮膜固定抵抗器)	240 Ω (1/4W) [赤黄茶金]	4
R_{R1}, R_{R2}	抵抗(炭素皮膜固定抵抗器)	300 Ω (1/4W) [橙黒茶金]	2
VR_1, VR_2	可変抵抗(半固定抵抗)	20 k Ω [203]	2
$VR_{G1}, VR_{B1}, VR_{R1},$ $VR_{R2}, VR_{B2}, VR_{G2}$	可変抵抗(半固定抵抗)	1 k Ω [102]	6
C_1, C_2	電解コンデンサ	47 μ F、35V	2
LED_1, LED_2	フルカラーLED	OSTA-5131A	2
Tr_1, Tr_2	トランジスタ	2SC1815GR	2
$SW_{G1}, SW_{B1}, SW_{R1},$ $SW_{R2}, SW_{B2}, SW_{G2}$	スイッチ	DIPスイッチ5P	2
	電池スナップ	006P型	1
	ユニバーサル基板	95mm \times 72mm	1
	LED光拡散キャップ	5mm、白	2
	アルカリ乾電池	006P型(9Vタイプ)	1

表2 固定抵抗(4色)のカラーコード

色	第1数値	第2数値	乗数	許容差[%]
黒	0	0	10 ⁰	
茶	1	1	10 ¹	± 1
赤	2	2	10 ²	± 2
橙	3	3	10 ³	± 0.05
黄	4	4	10 ⁴	
緑	5	5	10 ⁵	± 0.5
青	6	6	10 ⁶	± 0.25
紫	7	7	10 ⁷	± 0.1
灰	8	8		
白	9	9		
金			10 ⁻¹	± 5
銀			10 ⁻²	± 10
無				± 20

(2) 作成について

別紙に、部品配置を図2のように描く。

※なぜ方眼紙等に描くのか？

回路図とピン配置は、一致していないことが多いので、

どの部品をどこに差込むのかを紙に描いてまとめる。

もちろん、**極性にも注意**が必要となる。

回路の複雑さが増すにつれて、頭だけでは困難が増す。

書いているときは解っている、はんだ作業に入ると混乱することがよくある。

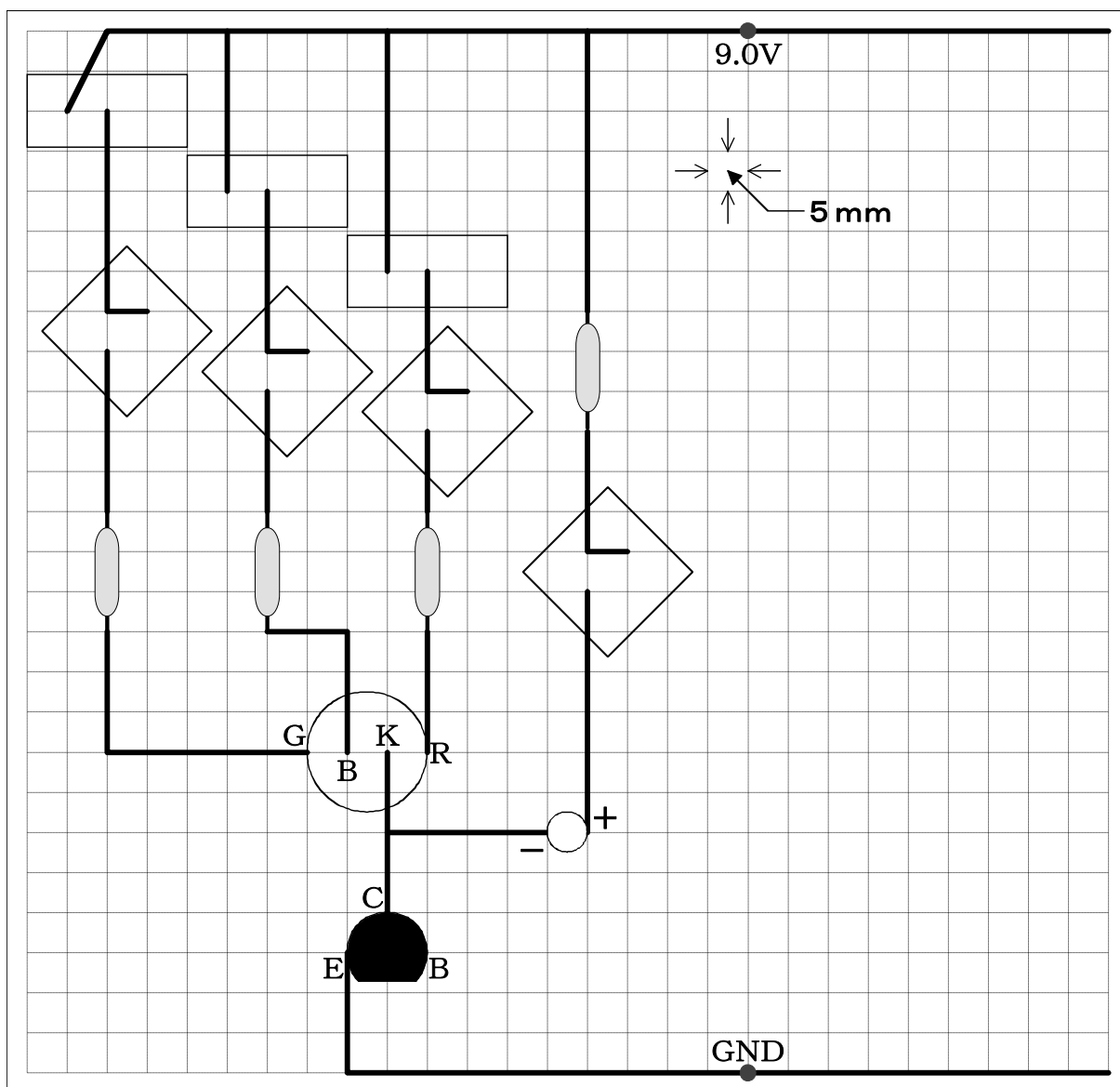


図2 部品配置例

★部品配置図に描く際の注意点

- ・基板の穴と穴の間隔を部品配置図の5mm幅に対応させる。
※穴と穴の間隔が、部品配置図では5mmとしているが、現物では2.54mm(0.1インチ)である。
よって寸法が異なっているので、現物と照らし合わせながら部品配置図に描く。
また、ピン配置や極性に注意して、描くこと。
- ・基板の穴に線は、1本しか通せない。

★固定抵抗について

- ・ラジオペンチで根元付近の線を、図3のように折り曲げてから、図4の寸法で差し込む。
※つまり、『×』のように隣や1個あけて差し込むのではなく、
『○』のように2個以上あけてから差し込む。

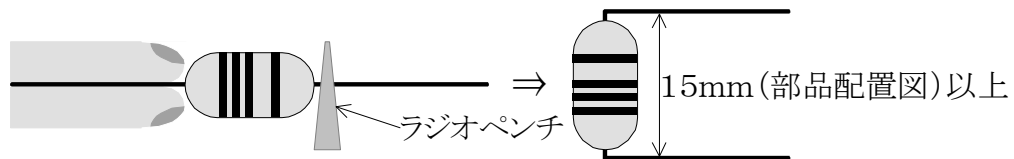


図3 抵抗の折り曲げ方

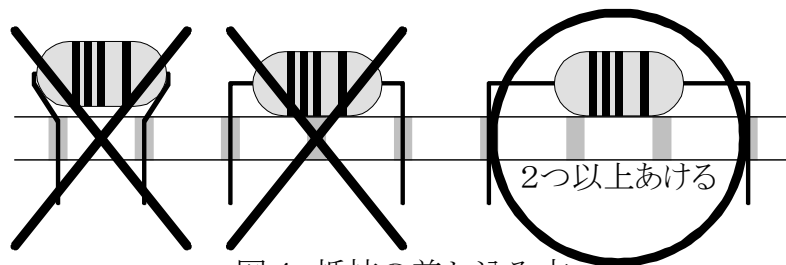


図4 抵抗の差し込み方

- ・抵抗値は、表2のカラーコード表を参照すること。

★電解コンデンサ・トランジスタ・LEDについて

- ・ホワイトボードをしっかりとみて、極性に注意すること。

★抵抗と他抵抗・抵抗とコンデンサなどの接続について

- ・ジャンパ線やリード線を用いる。また、抵抗やコンデンサで余った線を用いてもよい。
※ 図5のように抵抗の下(はんだ面で、『○』のところ)にジャンパ線やリード線を通してよい。

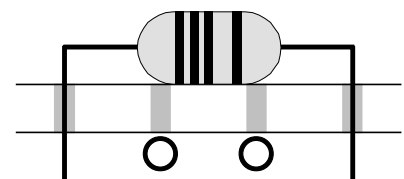


図5 真横から見た図

- ★描けたら、担当者やTAに確認してもらうこと。

(3) はんだ作業について

- ① はんだごて(以下、『こて』と略す)で基板の銅を **およそ1秒** 温める。
- ② はんだを流し込む。ここで、はんだの量は、図6のような量を流し込む。
- ③ はんだを放す。 **こてを先に放さない!**
- ④ こてを放す。

※①～④の作業を **およそ2秒** で行う。

※抵抗, コンデンサ, トランジスタ, LEDの脚は、はんだを付けたら、その都度、図6のように切り落とす。

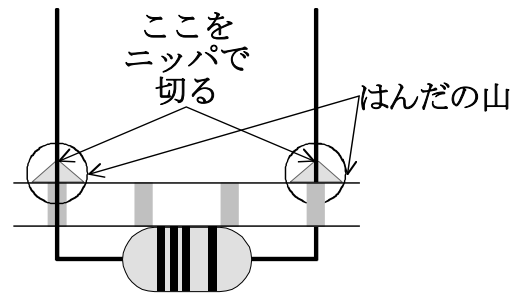


図6 脚の処理方法

※はんだをつけ間違えたとき

その部分をこてで温めてから、はんだ吸い取り器で吸い取る。
または、間違えた部分をこてで温めてから、はんだ吸い取り線にはんだを吸わせる。

以下の手順で、はんだ付けするとよい。

- ① 描いた部品配置図に従って、**背丈の低い順**に、部品をはんだ付けする。
ただし、**半導体は、後**からはんだ付けすること。
 - ・ 抵抗(炭素皮膜固定抵抗器)
 - ・ DIPスイッチ
 - ・ 可変抵抗(半固定抵抗)
 - ・ コンデンサ
 - ・ フルカラーLED
 - ・ トランジスタの順にはんだ付けする。
- ② 描いた部品配置図に従って、ジャンパ線(抵抗やコンデンサなどの余った線も使用可)で接続する。
- ③ 電池スナップをはんだ付けする。
※『赤』⇒『+』、『黒』⇒『-』

★はんだ作業が終わったら、担当教員やTAに動作チェックしてもらうこと。

★完成後、部品が入っていた袋を、必ず、返却すること 『袋の持ち帰り厳禁!!』

※ レポートについて

第2回目実施日の実習終了時に、詳細を指示するが、課題として、以下を与える。

(1) LEDは、どのようなところに応用されているか。

※ 応用例を挙げるだけでなく、挙げたものに対して述べてもよい。

- 図や表 … 大いに結構！
- 有効文字数100字以上(目安：150文字以上)とし、上限は定めない。

(2) 感想。

- 調べてもよい。(調べた場合は、その文献も示すこと。)
- 批判的なことは避けること。
- 図や表 … 大いに結構！
- 有効文字数100字以上(目安：150文字以上)とし、上限は定めない。

8. 電圧・電流計の取り扱い方

1. 目的

通常よく使われる可動コイル（Moving Coil：MC）形電圧計・電流計の動作原理を学び、誤差の少ない測定法を身につける。

2. 動作原理

可動コイル（MC）形計器の動作原理を図2-1に示す。

この図において、直流磁界に直交するコイルに電流 I [A] が流れたとき、コイルの回転力 τ [Nm] は、フレミング左手の法則により

$$\tau = BN I W L \dots (2-1)$$

となる。ただし、

B：磁束密度 [Wb/m²]

N：コイル巻数

F：コイル幅 [m]

L：コイル長 [m]

である。

コイルを保護するため、図2-2に示すように電圧計の場合には倍率器、電流計の場合には分流器と称してそれぞれ抵抗を直列または並列に接続し、電流を制限している。

このため、電圧計の場合には高電圧になるほど倍率器の抵抗（従って電圧計全体の内部抵抗）は大きく、電流計の場合には高電流になるほど分流器の抵抗（従って電流計全体の内部抵抗）は小さい。

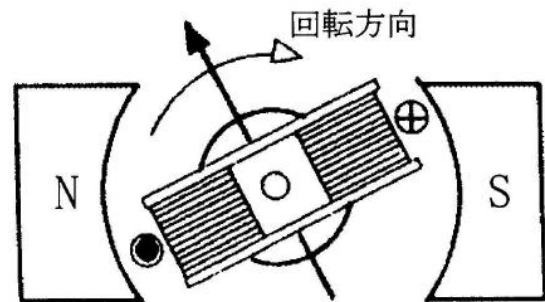


図2-1 MC形計器動作原理

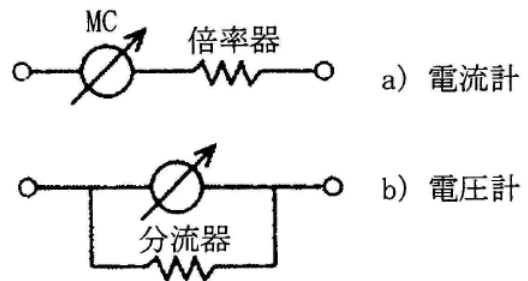


図2-2 電圧計・電流計の内部構成

3. 使用機器

- 1) 電圧計（1.0級、可動コイル型、水平置き、2051-05型、横河電機） … 1台
- 2) 電流計（1.0級、可動コイル型、水平置き、20510型、横河電機） … 1台
- 3) 直流安定化電源（30V可変、7324型、菊水電気） … 1台
- 4) ブレッドボード … 1枚
- 5) デジタルマルチメータ … 1枚

4. 実験

4.1 電流計の使い方

図4-1の回路において、各抵抗に流れる電流を以下の手順で測定せよ。

※ 実験を始める前に、各抵抗に流れる電流の値を予め計算しておくこと。実測値との比較もできるし、電流計のレンジを設定するとき必要となる。

- 1) 図4-1の回路をブレッドボに組む
(電源はOFFにしておく)。
- 2) 電流計(30mA端子)を電源と抵抗 R_1 の間に挿入する。
- 3) 定電圧電源に電圧計(10V端子)を接続し、電源の電圧を10Vに設定する。
- 4) このときの電流計の値を記録する。
- 5) 電源を一旦OFFにし、電流計を外し、電源と R_1 を接続する。
- 6) 電流計を分岐点と抵抗 R_2 の間に挿入し、電源をON(10V)にして電流計の値を記録する。
- 7) 同様に電流計を分岐点と抵抗 R_3 の間に挿入して電流計の値を記録する。

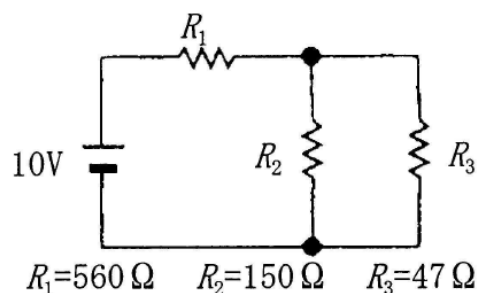


図4-1 電流の測定回路

4.2 電圧計の使い方

図4-2の回路において、各抵抗の電圧を以下の手順で測定せよ。

※ 実験を始める前、各抵抗にかかる電圧の値を予め計算しておくこと。実測値との比較もできるし、電圧計のレンジを設定するとき必要となる。

- 1) 図4-2の回路をブレッドボードに組む
(電源はOFFにしておく)。
- 2) 定電圧電源に電圧計(30V端子)を接続し、12Vに設定する。
- 3) 次に電圧計を R_1 と R_2 に順次接続し、各電圧を測定記録する。

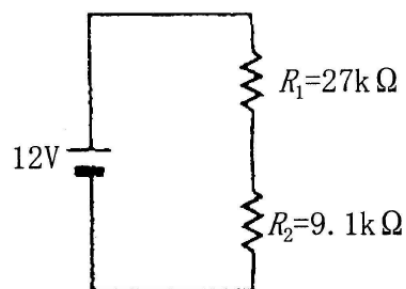


図4-2 電圧の測定回路

4.3 電圧電流計法による抵抗測定

図4-3に、電圧電流計法の原理図を示す。電圧計と電流計の内部抵抗を R_V 、 R_A とし、電圧計と電流計の指示を V 、 I とする。

図4-3 a) の場合は、

$$R = \frac{V}{I} - R_A \Rightarrow \frac{V}{I} = R + R_A \quad \dots (4-1)$$

であるから、 $R \gg R_A$ のとき、

指示値 V と I から、 $R = \frac{V}{I}$ として近似値を求められる。

また、図4-3 b) の場合は、

$$R = \frac{V}{I - \frac{V}{R_V}} \Rightarrow \frac{I}{V} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V} \quad \dots (4-2)$$

であるから、 $R \ll R_V$ ならば指示値 V と I から、やはり、 $R = \frac{V}{I}$ として近似値を求められる。

手順1) 公称値 100Ω 、 $1k\Omega$ 、 $10k\Omega$ 、 $100k\Omega$ の各抵抗について、

図4-3 a) と図4-3 b) の2つの方法で、電圧と電流をそれぞれ測定し、抵抗値を求めよ。

※ 電圧値と電流値を予め計算し、その値から電圧計および電流計のレンジを設定すること。

※ 定電圧電源は、以下のように設定する。

100Ω 時→ $3V$ 、 $1k\Omega$ 時→ $10V$ 、 $10k\Omega$ 時→ $10V$ 、 $100k\Omega$ 時→ $10V$

手順2) 実験結果から、公称値に対する誤差(%)を求めよ。

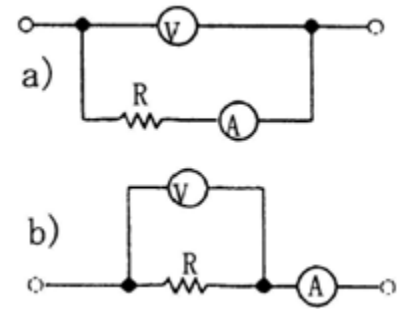


図4-3 電圧電流計法

5. データ整理

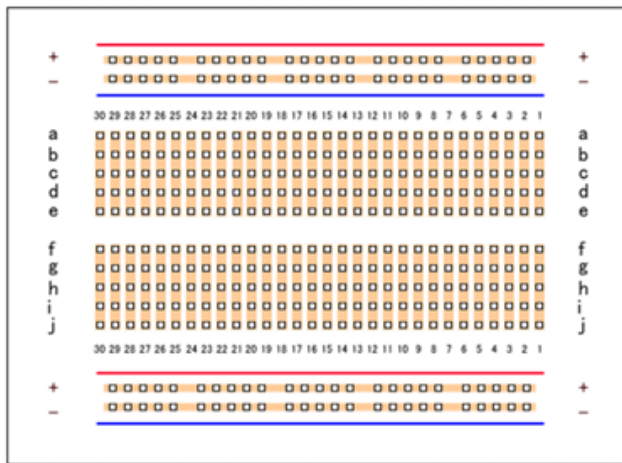
以上の実験結果を表にしてまとめ、考察とともにレポートを作成する。

6. 考察

- 1) 4.1の実験において、 R_2 と R_3 に流れる電流値の和が、 R_1 に流れる電流値と一致したか確かめよ。一致しない場合は、その原因を検討せよ。
- 2) 4.2の実験において、 R_1 と R_2 の電圧の和が、電源電圧と一致したか確かめよ。一致しない場合は、その原因を検討せよ。

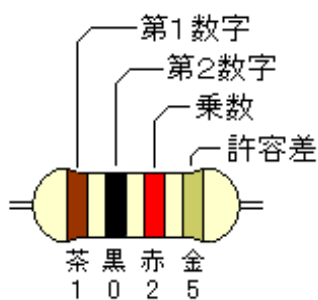
参考資料

- ・ブレッドボード内配線図



- ・抵抗値の読み方

カラーコードの読み方



上記の抵抗は
 $10 \times 10^2 \Omega$
 $= 10 \times 100 \Omega$
 $= 1000 \Omega$
 $= 1 \text{ k}\Omega$
 許容差 $\pm 5\%$

色	第1数字	第2数字	乗数	許容差
黒	0	0	$10^0 (\times 1 \Omega)$	
茶	1	1	$10^1 (\times 10 \Omega)$	$\pm 1\%$
赤	2	2	$10^2 (\times 100 \Omega)$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$10^3 (\times 1 \text{ k}\Omega)$	
黄	4	4	$10^4 (\times 10 \text{ k}\Omega)$	
緑	5	5	$10^5 (\times 100 \text{ k}\Omega)$	$\pm 0.5\%$
青	6	6	$10^6 (\times 1 \text{ M}\Omega)$	
紫	7	7		
灰	8	8		
白	9	9		
金			$10^{-1} (\times 0.1 \Omega)$	$\pm 5\%$
銀			$10^{-2} (\times 0.01 \Omega)$	$\pm 10\%$
無				$\pm 20\%$

9 電灯のスイッチ

1 目的

家庭やビルなどの電灯回路における屋内配線を理解し、電気工学や電子工学の基礎を学ぶことを目的とする。

2 理論

一般の電灯回路はAC 100Vがほとんどであるけれど、施工するにあたり第二種電気工事士という資格が必要となる。

そこで、屋内配線にとまなう決まり事のいくつかを紹介する。

表2-1には、配線用図記号の中で、本実習に関するものを示す。ちなみに、スイッチの複線図(接続図)では、これらの図記号で示さない。

図2-1には、コンセントを接続した複線図を示す。電力会社からの電源とコンセントの間には、保護のためブレーカを接続している。

図2-1の左下に示す図記号は、接地を示しており、下部全体の対地電圧が0Vであることを意味する。つまり、接触しても感電しない。

これに対して、図中の上部全体は、大地の電位に対して、電源電圧の100Vだけ電位が高いため、対地電圧が100Vになる。すなわち、接触すると感電する。

このような区別をするため、

対地電圧が0Vの接地側に白線、

対地電圧が100Vの非接地側に黒線








を用いている。また、非接地側に赤線も認められている。

一方、コンセントにおいては、

AC 100Vで運転する電化製品から、プラグを差し込んで用いる。

従って、この端子間は、常に電源電圧を印加しなければならない。

表2-1 配線用図記号

図記号	名称
	コンセント
	配電用遮断器 (ブレーカ)
 又は 	蛍光灯
	点滅器 (片切スイッチ)
	点滅器 (3路スイッチ)
	点滅器 (4路スイッチ)

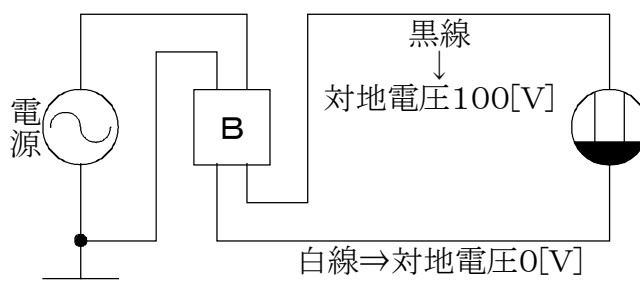


図2-1 コンセントの接続図

図2-2(a)のように、コンセントに代わって蛍光灯(負荷)を接続し、かつ、点滅させたいときは、図2-2(b)のように、非接地側にスイッチ(片切スイッチ)を設ける。

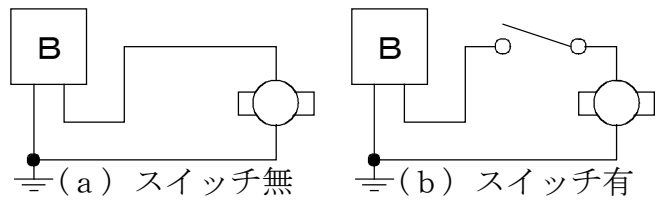


図2-2 負荷の接続図

非接地側に設けることにより、OFF時においては、図2-3(a)のように、負荷全体の対地電圧が0Vになる。

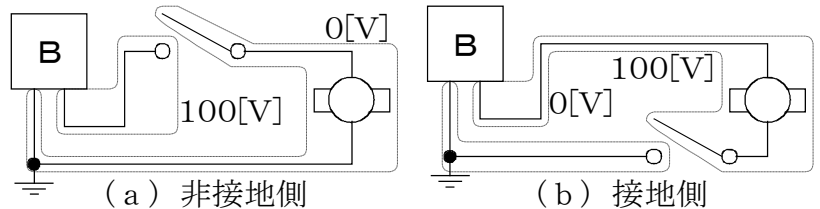


図2-3 スwitchの位置

もし、接地側にスイッチを設けたら、OFF時においても

図2-3(b)のように、負荷全体の対地電圧が100Vになってしまう。このときの蛍光灯は、両端が共に100Vであるため、電位の差が0Vとなり、点灯しない。

2箇所の負荷を1つの電源から設ける際、直列に接続すると、図2-4(a)のように、

$$E = V_1 + V_2$$

となり、 $V_1 = E$ 、 $V_2 = E$ にならない。

そこで、並列に接続すると、図2-4(b)のように、

$$V_1 = V_2 = E$$

になり、電源電圧Eで負荷が

使える。ちなみに、3箇所以上の負荷やコンセントでも同様である。

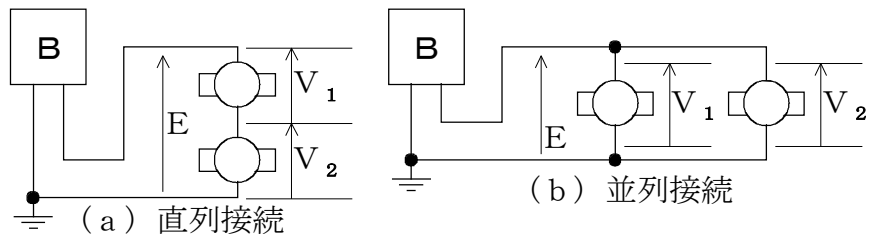


図2-4 2箇所の負荷の接続(スイッチ省略)

2つのスイッチで点滅させるときは、図3-5のように3路スイッチを非接地側に2ヶ所設ける。

まず、図2-6(a)のように、共に0-1側にすると蛍光灯が点灯する。

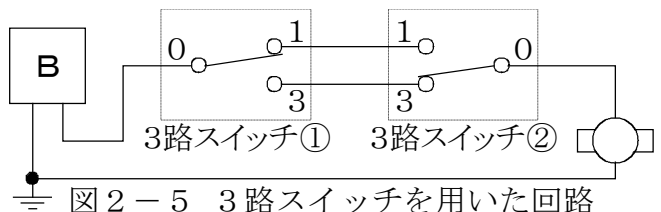
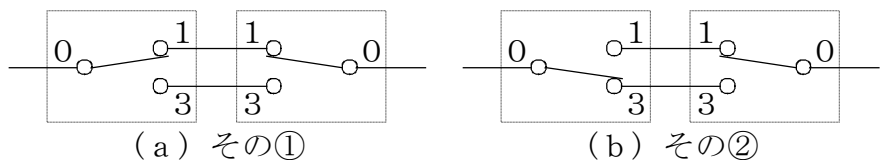
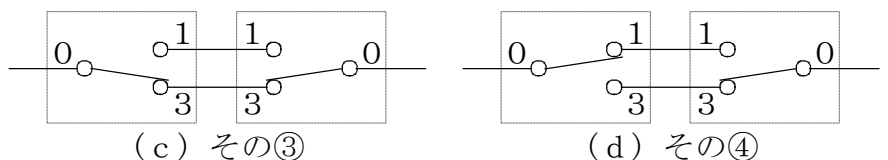


図2-5 3路スイッチを用いた回路

次に、図2-6(b)のように、スイッチ①のみを0-3側にしたら消灯する。



続いて、図2-6(c)のように、スイッチ②も0-3側にすると点灯する。



この後、図2-6(d)のように、スイッチ①を0-1側にしたら消灯する。

図2-6 3路スイッチの状態

3つのスイッチで点滅させる
ときは、図2-7のように両端
に3路スイッチ、中間に4路
スイッチを非接地側に設ける。

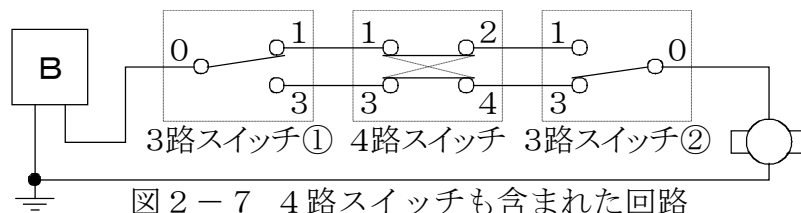


図2-7 4路スイッチも含まれた回路

まず、図2-8(a)のように、
3路スイッチを共に0-1側で

4路スイッチを1-2・3-4側にとすると点灯する。

次に、図2-8(b)のように、スイッチ①のみを0-3側にしたら消灯する。

続いて、図2-8(c)のように、4路スイッチを1-4・3-2側にとすると点灯する。

この後、図2-8(d)のように、スイッチ②を0-3側にしたら消灯する。

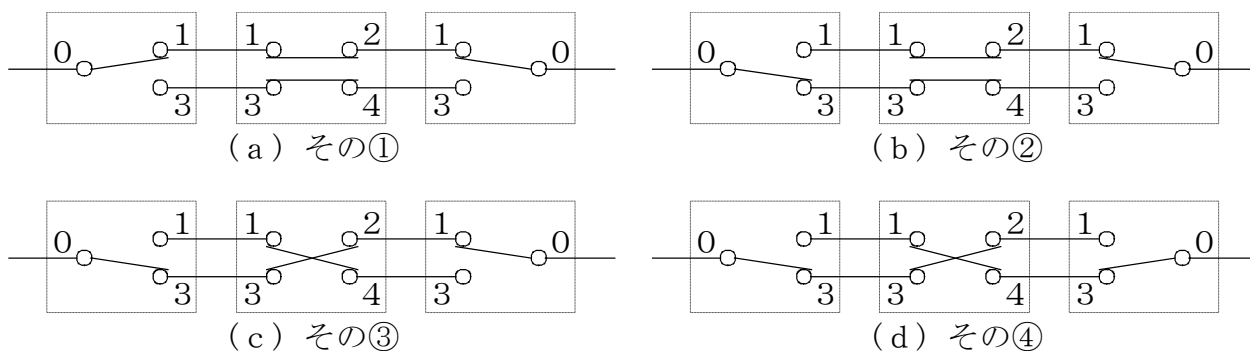


図2-8 3路スイッチおよび4路スイッチの状態

4つのスイッチでの点滅なら、
図2-9のように、両端に3路
スイッチ、中間に4路スイッチ
を2箇所、非接地側に設ける。

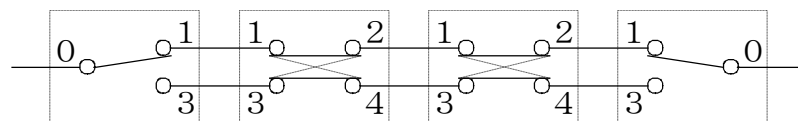


図2-9 4路スイッチも含まれた回路その②

また、 n 個においては、両端に3路スイッチ、中間に4路スイッチを $(n-2)$ 箇所、
非接地側に設ける。

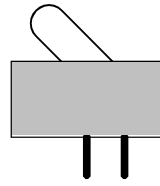
3 装置

ブレッドボード、豆電球、豆電球ソケット、片切スイッチ、3路スイッチ、電圧計、
電源一式、単三アルカリ乾電池6本、リード線

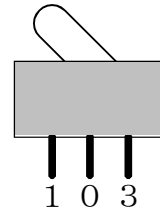
4 実習

理論のはじめに述べた通り、実際に屋内配線を施工するには資格が必要となるため、本実習では乾電池を電源として扱い、ブレッドボードに配線する。

また、今回扱う片切スイッチと3路スイッチのピン配置を図4-1に示す。



(a) 片切スイッチ

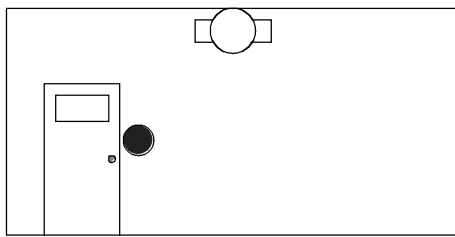


(b) 3路スイッチ

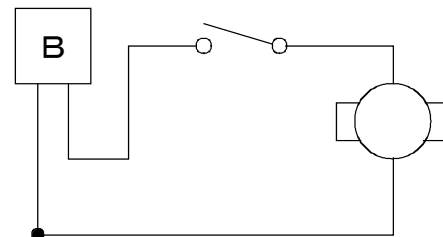
真中が0番
両側が1番と3番

図4-1 スwitchのピン配置

【例題】 最も簡単な電灯回路として、図4-2(o)のような部屋において、スイッチ1つで1つの負荷を点滅させる回路を図4-2(o)'に示す。



(o) 例題のイメージ図



(o)' 例題の接続図

図4-2 例題のイメージ図と接続図

【実習】 以下の①~④の問題について、ブレーカを乾電池、負荷を豆電球、コンセントを電圧計に置換えて、それぞれブレッドボードに作成せよ。また、作成した回路の接続図も描け。

ただし、

- ・ 1つの電源から、作成すること。
 - ・ 負荷の豆電球は、いかなる接続でも例題のとくと、ほぼ同じ明るさでなければならない。
 - ・ コンセントとして代用する電圧計は、いかなる接続でもほぼ電源電圧を指示しなければならない。
 - ・ スwitchは、非接地側(乾電池の+極と豆電球の黒線の間)に設けること。
 - ・ リード線は、非接地側(+側)に黒、接地側(-側)に白を用いること。
- ちなみに、+側の赤線は、認められている。

① 図4-3(a)のような階段および廊下において、1つの負荷を2ヶ所のスイッチで点滅させる回路。

② 図4-3(b)のような部屋において、[イ]のスイッチで[イ]の負荷を、[ロ]のスイッチで[ロ]の負荷を点滅させる回路。

③ 図4-3(c)のような部屋において、スイッチ1つで1つの負荷を点滅させ、壁にあるコンセントも接続した回路。

ただし、このコンセントは、スイッチに関係なく使用できるように接続すること。

④ 図4-3(d)のような部屋において、スイッチ1つで2つの負荷を同時に点滅させる回路。

※ 各々のイメージ図において、片切スイッチ、3路スイッチ、4路スイッチの区別をあえて行っていない。

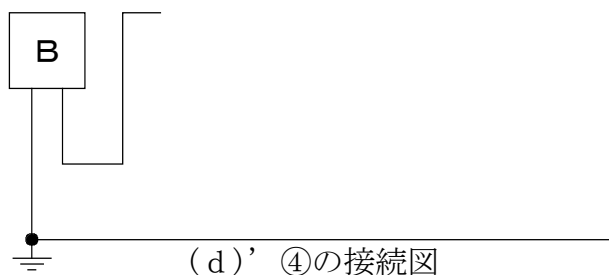
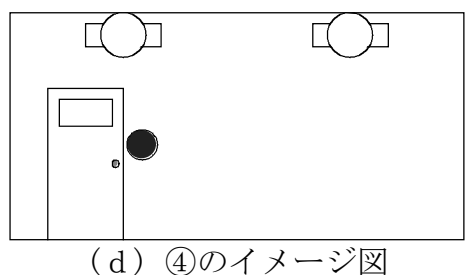
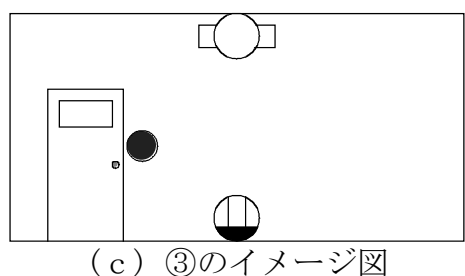
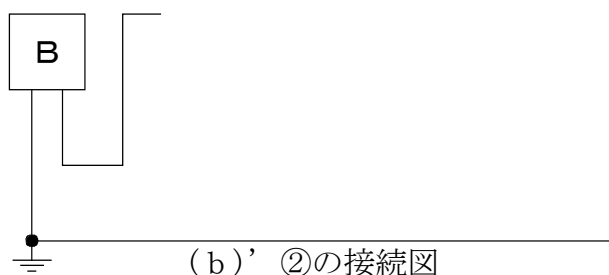
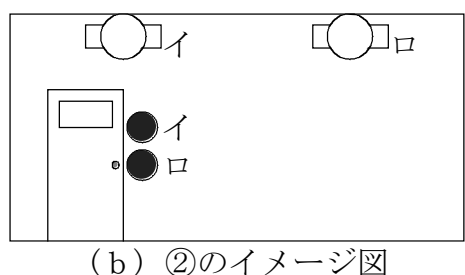
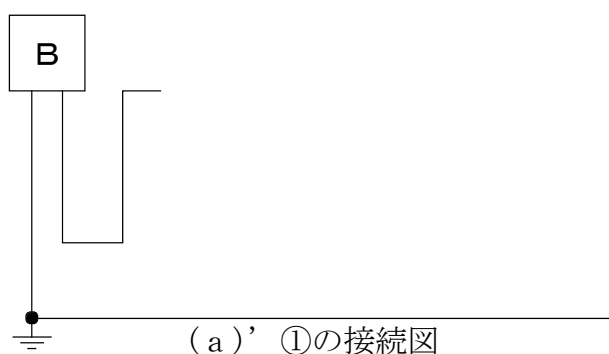
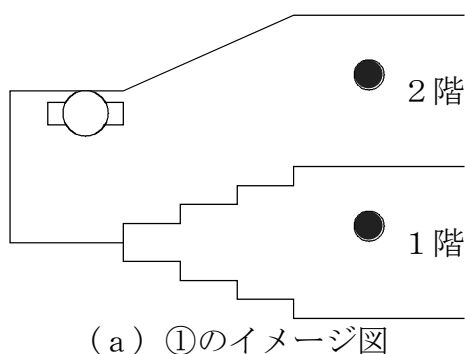
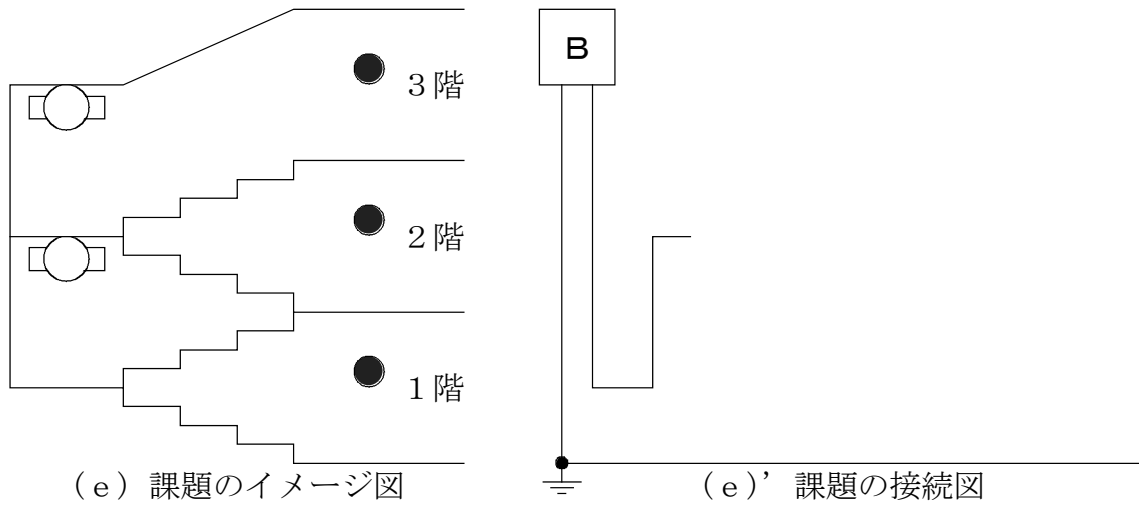


図4-3 本実習のイメージ図と接続図

5 課題

図5-1(e)のような階段および廊下において、2つの負荷を3ヶ所のスイッチで同時に点滅させる回路の接続図を描け。



(e) 課題のイメージ図

(e)' 課題の接続図

図5-1 課題のイメージ図と接続図

参考文献

「フルカラー実習 二種電気技能試験」 岡本裕生 著 オーム社 発行
他には 第二種電気工事士関連の参考書

情報システム実習(2) 実習進行・報告書提出状況表

第 _____ 班 学籍番号 _____ 氏名 _____

テーマ	実験日	報告書締切日	報告書提出日	報告書受付日
1				
2				
3				
4				
5				

情報システム実習(2) 実習進行・報告書提出状況表

第 一 班 学籍番号 _____ 氏名 _____

テーマ	実験日	報告書締切日	報告書提出日	報告書受付日
6				
7				
8				
9				
補講				

