

E1. 導入実習

E1 導入実習

E1.1 はじめに

E コースでは、アナログ電子回路やセンサ機器、アクチュエータ機器などのアイテムに関する講義・実習を進めていくことになる。その初回となる今回は、それらのアイテムに関する実習で必要となる工具や計測機器等について、その使用用途を理解すると共に実習を通して工具・機器の基本的な使用方法を習得することを目標にしよう。

本日の目標

1. 工具・計測機器等について、その使用用途を理解する
2. 簡単な機器や回路の特性測定を通し、機器の基本的な使用方法を習得する

E1.2 工具等の種類とその使用方法

E1.2.1 電子工作用ツールボックス

電子工作用ツールボックスには、以下の工具等があらかじめ用意されている。その特徴や用途をきちんと理解し、正しい使用方法が採れるように注意することが大切である。

- ラジオペンチ
電子工作用の小型ペンチで、先端が尖っている。電子工作用なので、大きな対象を扱う場合や、大きな負荷が掛かる作業には適さない。
- ニッパ
電線などを切断するための工具。ラジオペンチと同じく電子工作用なので、機械材料などの切断には使用しないこと。
- ワイヤストリッパ
被覆電線の被覆材を取り除くための工具。対象電線の規格に合った歯を使用すれば、内部の電線を傷つけることなく被覆材のみを取り除くことができる。ニッパなどの代わりに使用しないこと。
- ドライバセット
複数本ドライバのセットである。ねじの大きさに適したサイズを使用しないと、ねじ山を舐めてしまうことがあるので注意。
- ハンダこて・スタンド
電子回路をハンダ付けするための工具。使用時には高温になるので、周囲への注意を忘れないこと。

- ハンダ吸い取り器
誤ったハンダ付け箇所などのハンダを取り除くための工具。こてで対象部位を温めて半田を溶かし、吸い取り器で吸引する。
- 放熱クリップ
熱に弱い素子をハンダこての熱から守るために使用する。こてを当てる部位と対象素子の間に置き、熱を逃がす役割を賄う。

E1.2.2 電子回路テスト用ツールボックス

電子回路テスト用ツールボックスには、以下の機器等があらかじめ用意されている。こちらもその特徴や用途をきちんと理解し、正しい使用方法を採れるように注意することが大切である。

- ブレッドボード
各種電子部品やジャンパ線を差し込んでテスト用回路を組むことができる、はんだ付け不要の基板である。回路試作や動作確認用に適しているが、大電力な回路の構成には適さない。
- ジャンパ線
ブレッドボード上に回路を構成するために使用するリード線。
- アナログマルチメータ
直流・交流電圧、直流電流、抵抗等を測定するための機器。測定に際してはスイッチを切り換えて目的の測定レンジを選択し、テストリード先端を測定対象に当てて測定を行う。電圧・電流測定時のレンジの選択や、抵抗測定時の 0 調整には注意が必要である。
- IC クリップ、ワニ口クリップ
回路間や回路と機器間を接続するために先端がクリップになったリード線。IC クリップは先端が小さなクリップ状になっており、IC の足を掴むのに適している。
- 調整用ドライバ
電子回路調整用のドライバ。先端がデリケートなので、機械工作用のドライバとして使用しないこと。
- RC サーボ
ロボットのアームなどを駆動するためのアクチュエータ。マイコン等によってその回転角度を目標値に制御することができる。

実験 E1.1 ブレッドボードの結線構造を確認しよう

既に説明したように、ブレッドボードはジャンパ線や電子部品等の抜き差しによって試作回路を構成し、その動作テストを行うための基板である。

しかし、ボード上のどの端子同士が結線しているのかわからなければ、回路を構成することはできない。そこで、端子同士の接続を実験的に確認し、これからの実習でブレッドボードが使用できる環境を整えることにしよう。

1. 手順

- (a) ブレッドボード、ジャンパ線、アナログマルチメータを用意する
- (b) ジャンパ線を刺して2つの端子を取り出し、アナログマルチメータの抵抗測定レンジでその間の抵抗を測定する
- (c) 抵抗値が0であれば結線しており、抵抗値が ∞ であれば結線していないことが判断できる
- (d) (b),(c) を繰り返して結線している端子を発見し、その結線パターンを明確化する

2. 考察項目

- 結線している端子間の規則性について整理しなさい
- 結線していることが判明した端子群に対し、試作回路構成時にその端子群にどのような役割を与えると使い勝手が向上するか考えなさい

3. 注意事項

- アナログマルチメータを使用後は、抵抗測定レンジ以外のレンジにスイッチを切り替えておくこと

E1.3 計測機器等の種類と使用方法

本講義で使用する計測機器等の使用用途やその使用方法について理解しよう。

- デジタルマルチメータ
測定値をモニタにデジタル数字で表示するマルチメータであり、直流・交流電圧、直流・交流電流、抵抗に加えてコンデンサの静電容量、周波数なども測定可能な多機能なものが多い。使用方法はアナログマルチメータと同様であり、使用に際してもほぼ同様の注意が必要である。
- オシロスコープ
電気信号を2次元グラフとして表示する計測器である。表示画面の水平方向が時間軸を、垂直方向が電圧軸を表し、時間軸・電圧軸の拡大・縮小やトリガ表示など様々な表示機能をもつ。また計測信号を解析する機能も併せ持ち、特にデジタル型オシロスコープは演算や周波数解析などさまざまな信号解析機能を有している。
- ファンクションジェネレータ
試作・検討等に必要とされる様々な信号波形を発生させることができる機

器である。正弦波，矩形波，三角波等の波形形状の種類に加え，波形の振幅・周波数・オフセット等も調整することが可能である。ただしあくまで信号を発生するための機器なので，多くの電力を必要とする回路やアクチュエータ等を直接駆動することはできない点に注意が必要である。

- ユニバーサル電源

回路やアクチュエータを駆動するための直流電圧（電力）を安定して供給するための機器である。出力電圧と許容電流値を設定してから電圧を出力するが，許容電流値設定を忘れて電圧が出力されないことが往々にして起こるので，注意をするように。

実験 E1.2 ファンクションジェネレータの出力信号をオシロスコープで計測してみよう

ファンクションジェネレータから出力することができる様々な電気信号をオシロスコープで観測してみよう。それぞれの機器の使用方法を理解するとともに，信号計測の際に注意すべき点についても学習しよう。

1. 手順

- ファンクションジェネレータの出力を抵抗に掛け，抵抗両端に掛かる電圧をオシロスコープで計測するための構成を準備する
- ファンクションジェネレータから正弦波を出力し，オシロスコープ上にその波形がきちんと静止して表示されるよう調整する
- 波形の周波数や振幅，オフセット等を操作し，その変化がオシロスコープ上で計測できることを確認する
- 波形の種類を変更して(c)を繰り返し，ファンクションジェネレータとオシロスコープの使用方法を理解する

2. 注意事項

- オシロスコープのプロブ先端は非常にデリケートなので，扱いに注意すること

E1.4 アナログ電子回路における基本的な受動素子

アナログ電子回路で使用される最も基本的な素子である抵抗器とコンデンサについて，その特性値を確認する方法を習得しよう。

知識 E1.1 抵抗器

一定の電気抵抗値を得るために使用する受動素子のひとつであり，電流制限，電圧の分圧，時定数回路など様々な用途で利用される。抵抗値の単位には（オーム）が使われる。機能面からは主に固定抵抗器，可変抵抗器などに分類され，また構造面からは主に炭素皮膜抵抗，金属皮膜抵抗などに分類される。

E1. 導入実習

E1.4. アナログ電子回路における基本的な受動素子

多くの固定抵抗器では E 系列と呼ばれる等比数列刻みの抵抗値を持つ素子が用意され、最も一般的に使用される E12 系列では $10 \cdot 12 \cdot 15 \cdot 18 \cdot 22 \cdot 27 \cdot 33 \cdot 39 \cdot 47 \cdot 56 \cdot 68 \cdot 82$ (公比が 1.2 である) を基数とした 10 の逡倍数値の抵抗値が揃えられている。

知識 E1.2 抵抗器の抵抗値の読み方

抵抗器に関する主要な定格値については、電気抵抗値や定格電力、定格電圧、抵抗許容誤差、抵抗温度係数などが挙げられるが、使用に際して特に重要なのは抵抗値と許容抵抗誤差である。

固定抵抗器では、抵抗器表面の色帯により抵抗値と抵抗許容誤差が記述されている。帯は 4 本から 6 本で構成され、抵抗器端に近い位置にある帯から順に読み取り、抵抗値と抵抗許容誤差を判別することができる。各色帯と数値の対応関係は、Table E1.1 に纏めた通りである。

Table E1.1: 抵抗器の色帯と数値の関係

色	数値	誤差 (%)
黒	0	
茶	1	
赤	2	
橙	3	
黄	4	
緑	5	
青	6	
紫	7	
灰	8	
白	9	
金	-1	± 5
銀	-2	± 10

例えば、赤・紫・橙・金で並んでいる場合、 $27 \times 10^3 \pm 5\% (\Omega)$ となり、 $27 \pm 5\% (\text{k}\Omega)$ と判別することができる。色帯の数が多い場合にも同様に判別することが可能である。

一方、可変抵抗器では $ABC = AB \times 10^C (\Omega)$ の数字形式で表記され、「104」と記された可変抵抗器は $10 \times 10^4 = 100,000\Omega = 100\text{k}\Omega$ と読み取ることができる。

知識 E1.3 コンデンサ

静電容量によって電荷を蓄えるために使用する受動素子であり、キャパシタと呼ばれることも多い。静電容量の単位は F (ファラド) が使われ、誘電体を 2 枚の電気伝導板でサンドイッチした構造であり、電圧を加えると電荷が蓄えられる。フィルタ回路や共振回路のほか、雑音低減のためなど多くの回路で使用

されている。

コンデンサの種類は多く、よく耳にするセラミックコンデンサや電界コンデンサなどでは、E3(10・22・47を基数とする10の通倍数値)あるいはE6(10・15・22・33・47・68を基数とする10の通倍数値)の静電容量が揃えられている。

知識 E1.4 コンデンサの容量の読み方

コンデンサに関する主要な定格値については、静電容量や定格電圧、耐圧などが挙げられるが、使用に際して重要なのは静電容量である。

セラミックコンデンサやフィルムコンデンサの場合、その静電容量は可変抵抗器などと同じく $ABC = AB \times 10^C$ (pF) という3桁の数字形式で表記されている。一方、電界コンデンサなどのように、容量や耐圧が直接数値で表面に記載されているものもある。

実験 E1.3 受動素子の特性値をデジタルマルチメータで確認してみよう

抵抗器の抵抗値およびコンデンサの静電容量を実際に測定し、記載された定格値と比較してみよう。

1. 手順

- (a) 固定抵抗器、セラミックコンデンサとデジタルマルチメータを用意する
- (b) デジタルマルチメータのレンジを抵抗値測定に切り替え、抵抗器の抵抗値を測定する
- (c) デジタルマルチメータのレンジを静電容量測定に切り替え、コンデンサの静電容量を測定する

2. 考察項目

- 各素子の特性値は表記どおりであるのかを確認しなさい
- 抵抗器の抵抗値誤差は表記内に収まっているのかを確認しなさい

3. 注意事項

- 測定に際しては適切なレンジを選択し、なるべく高精度に測定ができるように注意すること

E1.5 DC 機器の電圧-電流特性を確認

実験 E1.4 電球の電圧-電流特性を確認してみよう

DC 機器の代表として白熱電球の電圧-電流特性を測定し、次回以降の回路の設計に役立てよう。あわせてユニバーサル電源、デジタルマルチメータ等の計測機器・制御機器の使用方法を習得しよう。

1. 手順

E1. 導入実習

E1.6. RC 回路の周波数応答を確認

- (a) Fig.E1.1 に示すような回路を構成する
- (b) ユニバーサル電源から DC 電圧を電球に印加し，そのときの消費電流値をデジタルマルチメータを使用して計測する
- (c) DC 電圧値を変化させて消費電流値の計測を繰り返し，電球の電圧-電流特性グラフを作成する

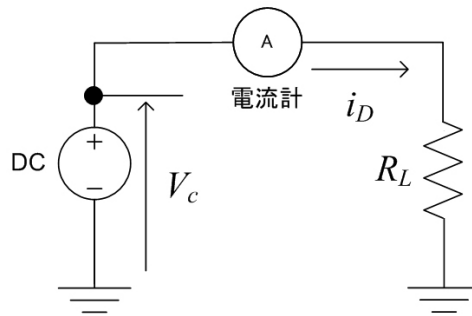


Fig.E1.1: DC 機器の電圧-電流特性測定回路

2. 考察項目

- 得られた電圧-電流特性は定格値どおりであったか？
- 電圧-電流特性に線形性は確認されたか？

3. 注意事項

- ユニバーサル電源の電流制限値の設定に注意．設定値が低いと十分な電流が流れず，正確な測定ができなくなる．
- デジタルマルチメータの電流測定レンジの設定に注意．なるべく高精度に測定するためには小レンジを使用したほうが良いが，電流を流しすぎるとヒューズが溶断してしまう．

E1.6 RC 回路の周波数応答を確認

知識 E1.5 RC 回路

抵抗器 (R)，コンデンサ (C) を利用した代表的な回路のひとつで，Fig.E1.2 に示すように R と C を直列に結合した回路構成である．

コンデンサのインピーダンスが周波数によって変化するので，このような回路に正弦波信号を入力すると，その周波数によって特性が変化することが容易に予測できる，回路方程式を解くと 1 次のローパスフィルタとなる伝達関数が導出され，その遮断周波数が R と C の値によって設計できる．

事前課題 E1.1 RC 回路の伝達関数を導出してみよう

RC 回路の回路方程式を導いて解き，1 次のローパスフィルタの伝達関数を導出しなさい．またその遮断周波数が，回路中のどの素子の値に依存して決まるのかを説明しなさい．

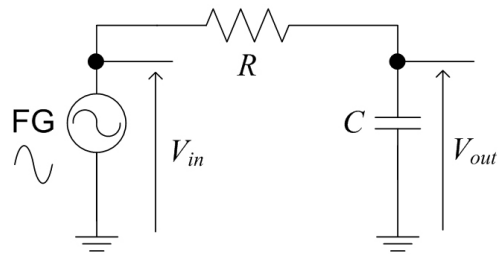


Fig.E1.2: RC回路の周波数応答測定回路

事前課題 E1.2 1kHzの遮断周波数をもつローパスフィルタを設計してみよう

課題事前課題 E1.1で導出された伝達関数を基に, 1kHzになるべく近い遮断周波数をもつローパスフィルタを設計しなさい. 設計に際しては, 抵抗器に関しては E12 系列, コンデンサに関しては E3 系列の中から素子を選択すること.

実験 E1.5 RC回路の周波数特性を確認してみよう

設計した RC ローパスフィルタ回路を実際にブレッドボード上に構成し, その周波数応答を測定してみよう.

1. 手順

- (a) 設計値にしたがった抵抗器, コンデンサを用意する
- (b) ブレッドボード上に, 設計された RC ローパスフィルタ回路を構成する
- (c) ファンクションジェネレータから RC ローパスフィルタに正弦波を入力する
- (d) 回路の入力信号と出力信号をオシロスコープで読み取り, その時のゲイン, 位相を算出する
- (e) 正弦波の周波数を変えて (c),(d) を繰り返し, RC ローパスフィルタ回路の周波数応答 (ボード線図) を作成する

2. 考察項目

- RC ローパスフィルタ回路の特性値 (特に遮断周波数) は設計どおりであったかを確認しなさい
- 観測した遮断周波数が設計値に対して誤差をもっていた場合, その理由を考察しなさい

3. 注意事項

- オシロスコープでは位相遅れを直接測定することはできないので, 入力正弦波と出力正弦波の遅れ時間を計測して位相遅れ量に換算する