

提出日 2026 年 04 月 27 日

2026 年度 電子制御工学科 3 年

電子制御工学実験 1 レポート

課題記号 A-1

実験テーマ名 計測器の使い方

提出者： 実験班 - 名列番号 15 氏名 柴田健琉

共同実験者： (1) 佐藤暖斗 (2) 森下轟弾

実験実施日： 1. 2026 年 04 月 14 日
2. 2026 年 04 月 21 日

1 実験目的

今回の実験では、今後電子・電気回路実験をするにあたって重要になる計測器などを使用した回路の測定方法を確認するために行った。

2 理論

2.1 直流と交流回路

直流回路とは電流・電圧・電力が時間変化しない回路のことである。逆に、交流回路とは電流・電圧・電力が時間変化する回路を指す。

現実で取り扱う回路はこの直流回路と交流回路の特徴を合成されたものが多く、それらは直流成分と交流成分に分けられる。

直流成分は電流・電圧などの電氣的要素の平均値としてあらわれ、交流成分はその平均値の差分の時間変化としてあらわれる。

2.2 インピーダンス

交流回路でのインピーダンスとは直流回路における抵抗に相当する電圧と電流の比である。回路計測の際には入力と出力でのインピーダンスが重要になる。

2.3 振幅と実効値

交流の大きさを表す指標は主にピークツピーク値と実効値がある。ピークツピーク値は最大値と最小値の振幅を示す。実効値は交流の時間に対する二乗平均値であり、以下の式で求まる：

$$V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt} \quad (2-1)$$

また、正弦波交流でのピークツピーク値と実効値には以下の関係がある：

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{pp}}}{2\sqrt{2}} \quad (2-2)$$

2.4 マルチメータ

マルチメータとは電流・電圧など複数の電氣的要素をこれ1つで計測できる機器である。この機器ではある瞬間の値を計測することができる。

マルチメータには数個の端子があるが、必ず1つはコモンであり、電流と電圧の計測で使用する端子を変える。マルチメータの中には大電流の計測にヒューズが入っていないものがあるのでメータの絶対最大定格を越えないよう注意する必要がある。

2.5 オシロスコープ

オシロスコープとは電圧の時間変化を一定時間計測・グラフ化することができる機器である。信号を全てアナログ回路で処理し、ブラウン管に波形を表示する物をアナログオシロスコープ、信号を A/D 変換しデジタルで波形を表示するデジタルオシロスコープがある。

オシロスコープの使用前にプローブの補正を確認する必要がある。補正にはプローブに付いているトリマを回転させる。

オシロスコープには波形を安定して観察できるようにするトリガを掛けることができる。さらに、交流信号ではトリガを掛ける電圧変化の向きを設定できる。立上がりでトリガレベルを低電位から高電位へ、立下がりではトリガレベルを高電位から低電位へ横切る時にトリガを掛けるようにできる。

デジタルオシロスコープには様々な機能を持つ物がある。波形に対して加算・減算などの演算を行なう機能、FFT を用いた波形の周波数特性の表示、周波数・振幅・周期などの計測、波形を画像として保存する機能など多彩である。

2.6 ファンクションジェネレータ (FG)

ファンクションジェネレータは特定の周波数・振幅・デューティ比・オフセット・波形を生成することができる機器である。

3 実験条件・手順

3.1 実験器具

今回の実験で使用した装置は以下の通りである：

- SANWA, PC700 マルチメータ
- Tektronix, TBS 1072B-EDU デジタルオシロスコープ
- TEXIO, FG-274 ファンクションジェネレータ
- Hong kong Texas, TEXAS250 プローブ x2

3.2 実験 1 - プローブの補正

1. オシロスコープと FG を用意する
2. パッシブプローブを接続し、トリマを回転させ波形を歪ませ、記録する。プローブはアッテネーション (x10) を有効にしておく。
3. 補正不足の状態ではプローブを FG の出力に接続し、100 Hz, 300 Hz, 1 kHz, 3kHz, 10kHz, 100kHz, 1MHz の正弦波の振幅をオシロスコープで測定・記録する。同時に FG の出力を交流電圧・周波数測定モード (\tilde{V}/Hz) にしたマルチメータに接続しそれぞれで振幅を測定・記録する。入力電圧振幅も記録しておく。
4. プローブを補正し、3 と同様に測定・記録を行なう。

3.3 実験 2 - ピークツピーク値と実効値

1. FG から 5 V のオフセット, 周波数 1 kHz, $2 V_{pp}$ の正弦波を出力し, オシロスコープで観察する.
2. マルチメータで直流電圧と交流電圧の実効値を測定・記録する. その後, 実効値をマルチメータ上で $0.15V_{rms}$ にする.
3. オシロスコープの測定機能を用いて正弦波のピークツピーク値を測定・記録する.

3.4 実験 3 - 入出力インピーダンス

1. FG の出力を周波数 1 kHz, $1 V_{pp}$ の正弦波に設定する.
2. Fig. 3-1 の様に FG の出力に 47Ω と $10k\Omega$ の 2 個の抵抗をそれぞれ接続し, 各条件における抵抗の端子間の電圧 (V_{pp}) をオシロスコープで測定・記録する.

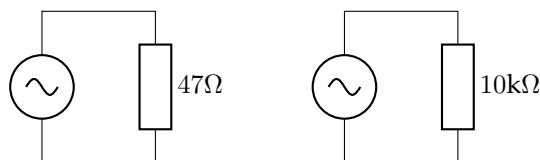


Fig. 3-1: Circuit Diagrams for Experiment #3

3.5 実験 4 - 複数信号の測定

1. Fig. 3-2 の様に $100k\Omega$ と $10k\Omega$ の抵抗を直列接続した回路において節点 C を基準電位とした時の節点 A・節点 B の電圧波形をオシロスコープで同時計測して記録する.
2. 節点 B を基準電位とした時の節点 A・節点 B の電圧波形をオシロスコープで同時計測して記録する.
3. 2. において, オシロスコープの演算機能を用いて節点 A の波形から節点 C の波形を減算した波形が節点 C を基準電位とした節点 A の波形が得られることを確認し, その波形を記録する.

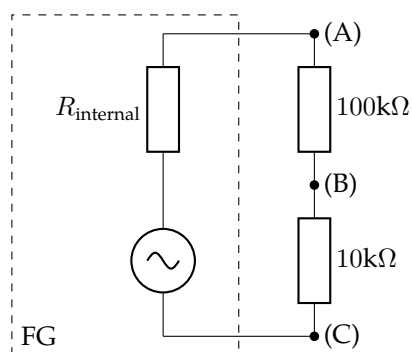


Fig. 3-2: Circuit Diagram for Experiment #4

4 実験結果

4.1 実験 1

計測前にプローブのトリマを回転させ、補正不足の状態にした。その時のオシロスコープの基準信号の波形は Fig. 4-1 に示した様に上下にひげが生えた波形となった。

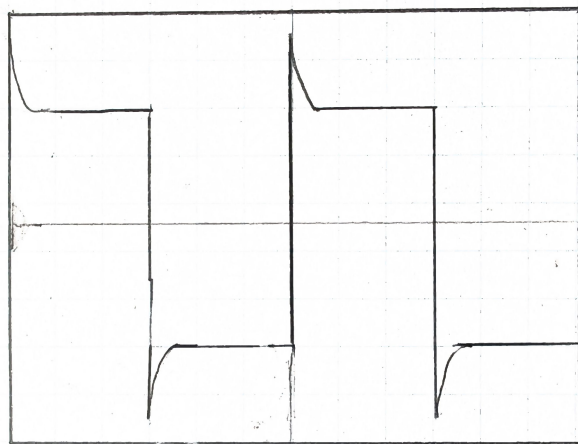


Fig. 4-1: A Sketch of Observed Distorted Signal

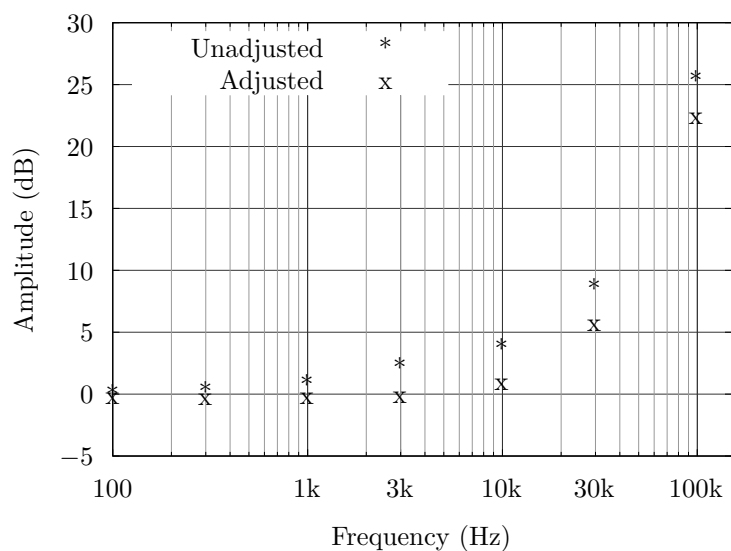


Fig. 4-2: Bode Plot

この実験で周波数が高くなるにつれ、未補正での振幅が変化することを確認した。また、マルチテスタで測定した入力電圧振幅が周波数が高くなるにつれ小さくなり、最終的に測定不能となった。

補正時では未補正時よりも振幅が最大約 2.3 dB 低下した。

4.2 実験 2

実効値はそれぞれ以下となった：

1. DC: 4.955 V
2. AC: 0.680 V

交流実効値を 0.15 V とした時，ピークツピーク値は 460 mV となった．

4.3 実験 3

抵抗の両端の電圧はそれぞれ以下となった：

Table 4-1: Voltage between Different Resistor

| Resistance (Ω) | Voltage (V_{pp}) |
|-------------------------|----------------------|
| 47 | 0.480 |
| 10k | 1.00 |

4.4 実験 4

5 考察

5.1 実験 1

5.1.1 トリマとアッテネーション

オシロスコープのプロープにはトリマとアッテネーションがある．それぞれ測定の精度を左右する重要なパラメータである．

トリマはプロープ内部で並列接続された可変コンデンサのキャパシタンスを変える効果がある．

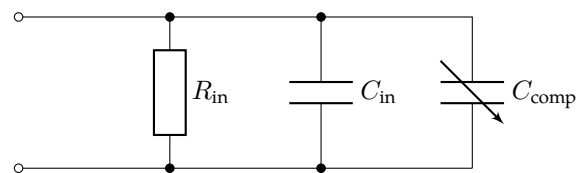


Fig. 5-1: Equivalent Circuit Diagram of Oscilloscope Probe

アッテネーションは測定範囲を変更できるもので，プロープの最低電圧レンジ：オシロスコープの最低電圧レンジの比で表示されている．例えば 10 : 1 のプロープを使いオシロスコープでの最低電圧レンジが 10 mV/div の場合，プロープの最低電圧レンジは 100 mV/div となる．この設定では 50 mV/div のような低電圧の測定に向かないので 1 : 1 での測定が必要となる．

5.1.2 マルチテスタの測定結果の変化

Fig. 4-2 より, 10 kHz を境に振幅が大きくなっていく様子が分かる. これはマルチメータの定格測定周波数レンジ (15 ~ 10 kHz) を超えたためと思われる.

5.1.3 トリガ

5.2 実験 2

5.3 実験 3

Table 4-1 では一見オームの法則に反しているように見える. しかし, 調査すると FG の内部抵抗による分圧回路の出力であると判明した.

FG のデータシートによると内部抵抗は 50Ω であると分かった. なので, 実験 3 の回路図は Fig. 5-2 となった.

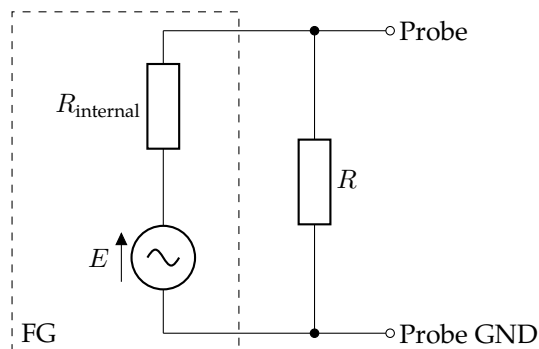


Fig. 5-2: Actual Circuit Diagram for Experiment #3

Fig. 5-2 の回路図より, 抵抗にかかる電圧 V_R は以下の式で表せる:

$$V_R = \frac{R}{R + R_{\text{internal}}} E \quad [\text{V}] \quad (5-1)$$

ここで R を被測定抵抗器の抵抗値 [Ω], R_{internal} を FG の内部抵抗の抵抗値 [Ω], E を FG の出力ピークツピーク電圧 [V] とする.

式 (5-1) の E に 1 を, R_{internal} に 50 を, そして R に 47 と 10k を代入して計算を行うとそれぞれ 0.485, 0.995 となり, 実験値と近い値となった.

5.4 実験 4