

1 トランジスタとは？

- 増幅回路に使われる素子。
- 目的：実験では、トランジスタを用いた増幅回路の入出力特性と、周波数特性を測定する。
 - － 入力電圧と出力電圧の関係を測定
- pnダイオード (図 1)
- 三本足の形 (図 2a) E,C,B
 - － 回路記号 (b)
 - － npn 結合 (c) 電流ながれない
 - － npn 結合 (d) 電流ながれる
 - － 回路図 (e)

2 増幅とは？

図3のように小さな信号（波）を入れると、増幅された大きな信号（波）が出てくる。

- 電流増幅は、式 (2) $i_C = \beta i_B$
- 出力電圧は、式 (3) $e_o = -R_L i_C = -R_L \beta i_B$

3 等価回路

トランジスタを、簡単な電気回路で置き換えて設計を容易にする。

- 図 4 B-E の抵抗 r_i 、C-E の電流源 βi_B
- ベース電流は、オームの法則より式 (4) $i_B = \frac{e_i}{r_i}$
- 出力電圧は、式 (3)(4) から 式 (5) $e_o = -R_L \frac{\beta}{r_i} e_i$
- 電圧利得 G_v 入力電圧と出力電圧の比
- 式 (6) $G_v = \frac{e_o}{e_i} = -R_L \frac{\beta}{r_i}$
- 実験では、この入力電圧と、出力電圧の関係を測定してもらいます。

4 バイアス

図 5(a) のように、0.6V 以上でないと B-E 間に電流は流れない。

- B-E 間が常に 0.6V 以上になるようにする必要がある
- バイアスと呼ぶ
- 電源を増やす必要はなく、図 5(d) のように接続すれば、 R_B で調整可能

5 周波数特性

性能的に、増幅できる周波数には範囲がある。図 7(d)

- なぜこうなるのか？
- 低周波数側では、回路中のコンデンサーの影響
 - 図 (a) ではだめで、図 (b) コンデンサーを入れる必要がある。
 - しかし、コンデンサーは、交流に対して $1/(2\pi fC)$ という抵抗 (リアクタンス) にすぎないのに対し、直流 $f = 0$ は、通さない。
 - よって、 $f = 0$ で電圧利得 0
- 高周波数側では、図 7(c) のようにトランジスタの増幅機能が低下
- 図 7(d)
- $(1/\sqrt{2})G_{V_o}$ カットオフ周波数
- f_l と f_h の間を周波数帯域
- レポートでは、周波数を変化させて図 7(d) のグラフとカットオフ周波数を求めてもらいます。

6 実験回路

図 8 の形、交流なのでコンデンサーを無視すると図 9(a) で、計算しやすいように等価回路で表すと図 9(b) になる。

- R_1, R_2, R_E でバイアスを実現
- 図 9(b) の等価回路から計算すると理論電圧利得は、式 (8) になる。 $G_V = -\frac{\beta}{r_i} \frac{R_o R_L}{R_L + R_o}$
- 後で、各自自分で導くのを確認してください。
- ただし、この式は周波数帯域内のみで成り立つ!

7 デシベル

実験をやる上で重要な要素

- 扱う桁の範囲が大きいので dB という表示系を用いる
- $20\log_{10}|G_v|$
- 表 1: 10 倍 20dB, 2 倍 6dB, 1/10 倍 -20dB, 5 倍 14dB
- 図 10: $10 \times 2 \times 1 / 10 \times 5 = 10$
- 図 10: $20 + 6 - 20 + 14 = 20\text{dB}$
- かけ算わり算を足し算引き算で計算する。
- レポートで重要 !: 実験では、電圧利得を dB で測定してもらうので、周波数帯域は、 $1/\sqrt{2}$ ではなく 3dB 下を見る。
- 再レポート

8 対数グラフ

p.4 に書き方がでています。

- メモリが細かくなっていき、桁が繰り上がる。
- 両対数グラフと片対数グラフ
- 対数の方には、原点 0 がない。log だからね。
- 実験では、両対数グラフと片対数グラフの両方を使います。

9 実験

- 低周波発信器、
- 交流電圧計
- 直流電源 9V
- 抵抗減圧器 dB
- オシロスコープ

オシロスコープ のプローブ以外を、図 12 のとおり接続する。

- 入力電圧と出力電圧の関係を計ってもらいます。

1. $C_2 = 0.1\mu F$ マイクロファラド, $R_0 = 20K\Omega$ C_0 なし
2. 直流 9V, 発信器 1kHz, 交流電圧計 0.5V
3. 減衰器 60dB, オシロ A へ、波形観察, オシロ B へ、波形観察,
4. 減衰器 120dB-6dB の間で変化させて、 e_0 を測定、代表的なオシロの波形スケッチ (減衰率とオシロの電圧レンジをスケッチ)
5. 値のとり方 図 5(a) っぽい
6. 表を作る
7. 増幅回路への入力電圧の計算は、家でやって、グラフにしてくる。

- 周波数特性

1. ケース A $C_2 = 0.1\mu F$, $R_0 = 20K\Omega$ C_0 なし
2. 発信器 0.1V
3. 増幅回路の出力 0.1V になるように減衰器調整
4. 減衰器調整 xdB 増幅率も xdB
5. 周波数を 10Hz-1MHz 変化させて出力を 0.1V にして、電圧利得 (減衰率) を測定する。
6. 表を作ってください。片対数グラフは家で
7. ケース B $C_2 = 0.01\mu F$, $R_0 = 20K\Omega$ C_0 なし
8. ケース C $C_2 = 0.1\mu F$, $R_0 = 5K\Omega$ C_0 なし
9. ケース C $C_2 = 0.1\mu F$, $R_0 = 20K\Omega$ $C_0 = 0.01\mu F$
10. 値のとり方 図 7 っぽい

10 レポート

- C_2, R_0, C_0 および、トランジスタの r_i, β 、負荷抵抗 R_L の値は、グループ毎に違うので、上にある値を記録して下さい。レポート作成の時に必要になります。
- 結果の整理、
 1. 代表的な波形のスケッチ
 2. 発信器 0.5V と減衰率から入力電圧を計算
 3. 入出力特性の両対数グラフ、
 4. 各測定値から電圧利得を求める
 5. 式 (8) から求まる理論値と比較
 6. ケース A から D の周波数特性の片対数グラフ、同じ一枚のグラフ用紙で！
 7. 各条件のカットオフ周波数
 8. カットオフ周波数は、電圧利得の 3dB 下を見て求めてください。
- 対数グラフを書く練習でもあるので、グラフは手書きをお願いします。
- 考察は、問題にあげてある事項を答えていただくだけで結構です。