

電子回路（期末試験）

鎌倉 友男 August 5 2008

携帯電話の電源は OFF にしておくこと。

問の順番に解答すること。

単位をきちんと付けること。付いていない場合は、減点の対象とする。

○ 筆記用具、学生証以外は机上に置かないこと。

解答は、本日、<http://ew3.ee.uec.ac.jp> に掲載する。

[問 1] 図 1 のトランジスタ回路において、以下の小問に答えよ。ここで、2 つのコンデンサの静電容量は十分大きいとする。[(1) 6 点, (2), (3) 各 7 点で、小計 20 点]

(1) ベース直流電圧 V_B 、エミッタ直流電圧 V_E 、コレクタ直流電圧 V_C を求めよ。ただし、ベース・エミッタ間の直流電圧は 0.6 V とする。

(2) 微小交流信号に対する簡易等価回路を示せ。

(3) (2) の等価回路を用いて、電圧増幅度 $A_v = V_2/V_1$ を求めよ。また、dB 値で示せ。ただし、 $h_{fe}(=\beta) = 100$, $h_{ie} = \beta r$, $r [\Omega] = 26/I_E [\text{mA}]$ の関係を用いよ。

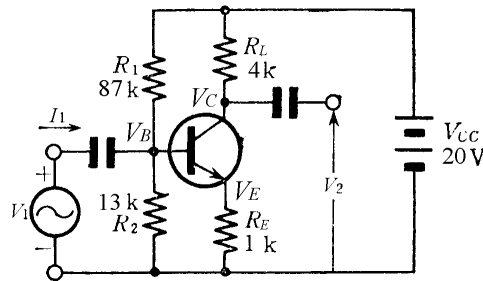


図 1: 問 1

[問 2] FET を用いた図 2 の回路において、カップリングコンデンサ C_1 , C_2 の静電容量は十分大きいとする。また、FET の内部抵抗（ドレイン抵抗）を r_d 、電圧増幅率を μ 、相互コンダクタンスを g_m とする。次の小問に答えよ。[(1) ~ (4) 7 点, (5) 12 点で、小計 40 点]

(1) 等価回路を示せ。

(2) 中域周波数では、バイパスコンデンサ C_s とソース抵抗 R_s との並列インピーダンス Z_s はほぼ 0 と見なすことができる。このときの電圧増幅度 $A_{v0} = V_o/V_i$ を求めよ。

(3) 中域周波数のとき、入力電圧 V_i の端子から回路をみた入力抵抗 R_i を求めよ。

(4) 中域周波数のとき、出力電圧 V_o の端子から回路をみた出力抵抗 R_o を求めよ。

(5) 低域周波数ではインピーダンス Z_s は 0 と見なされなくなり、電圧増幅度 $A_v (= V_o/V_i)$ は (2) で求めた値 A_{v0} よりも小さくなる。 A_v が A_{v0} よりも 3 dB 低下する低域遮断周波数 f_l を求めよ。特に、 $\mu \gg 1$, $(\mu + 1)R_s \gg r_d + R_L$ のときは、 f_l はどう表されるか。

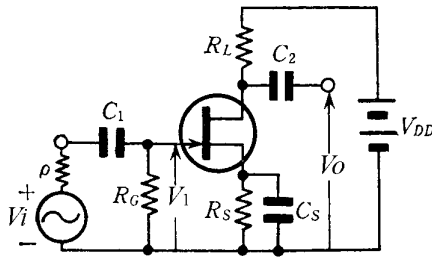


図 2: 問 2

[問 3] 図 3 の演算増幅器（オペアンプ）を用いた回路で、次の各小問に答えよ。[(1) ~ (4) 7 点, (5) 12 点で、小計 40 点]

- (1) V_- を V_i と V_1 をもって表せ。
- (2) V_+ を V_o と抵抗をもって表せ。
- (3) V_1 を V_o と抵抗をもって表せ。
- (4) 以上の関係から、負荷電流 $I_L (= V_o/R_L)$ と V_i の関係を求めよ。
- (5) (4) の結果を用いると、入力電圧 V_i が一定であるとき、負荷電流 I_L は負荷抵抗 R_L に無関係に一定となる、つまり定電流となる場合がある。定電流になるための抵抗間の条件を求めよ。また、このときの I_L を表せ。

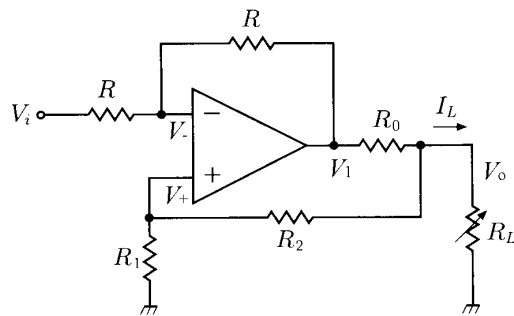


図 3: 問 3

平成 20 年度電子回路期末試験の模範解答

[1] (1) $V_B = 2.6 \text{ V}$, $V_E = 2 \text{ V}$, $V_C = 12 \text{ V}$ (2) 省略 (3) h_{ie} に流れる電流を I と置くと,
 $V_1 = h_{ie}I + (1 + h_{fe})R_E I$, $V_2 = -R_L h_{fe}I$ から $A_v = -\frac{R_L h_{fe}}{h_{ie} + (1 + h_{fe})R_E}$ となる. 各値を代入すると,
 $A_v = -3.91$, 11.8 dB(逆相).

(注) この問題については, ベース電流 I_B が R_1 に流れ, しかも I_B は概算で R_2 を流れる電流 I_1 の 1/10
 程度なので, 無視すると誤差が大きくなる. $I_E \simeq I_C = \beta I_B$, $R_1(I_B + I_1) + R_2 I_1 = 20$, $R_2 I_1 = 0.6 + R_E I_E$
 の 3 つの式から $I_1 = \frac{20\beta R_E + 0.6R_1}{R_1 R_2 + \beta R_E(R_1 + R_2)}$ を得る. 数値を代入すると, $I_1 = 1.84 \times 10^{-4} \text{ A}$ になり,
 $V_B = 2.4 \text{ V}$, $V_E = 1.8 \text{ V}$, $V_C = 12.8 \text{ V}$, $h_{ie} = 1.44 \text{ k}\Omega$, $A_v = -3.9$, 11.8 dB(逆相). 以上の解も正解とする.

[2] (1) 省略 (2) $V_1 = \frac{R_G}{\rho + R_G} V_i$, $V_o = -\frac{\mu V_1 R_L}{r_d + R_L}$ から, $A_{v0} = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{\mu R_L}{r_d + R_L} \frac{R_G}{\rho + R_G}$ (3) $R_i =$
 $\rho + R_G$ (4) $R_o = \frac{r_d R_L}{r_d + R_L}$ (5) $A_v = -\frac{\mu R_L}{r_d + R_L + (\mu + 1)Z_s} \frac{R_G}{\rho + R_G}$. (2) の結果と比較して,
 $\frac{A_v}{A_{v0}} = \frac{1}{1 + (\mu + 1)Z_s/(r_d + R_L)}$. ここで, $Z_s = \frac{R_s}{1 + j\omega C_s R_s}$ である. $|A_v/A_{v0}| = 1/\sqrt{2}$ になる周波数を求
 める ($B = (\mu + 1)R_s/(r_d + R_L)$ と置いて計算するとよい) と, $f_l = \frac{1}{2\pi R_s C_s} \sqrt{(1 + B)^2 - 2}$. また, $\mu \gg 1$,
 $B \gg 1$ の条件を入れると, $f_l = \frac{\mu}{2\pi(r_d + R_L)C_s}$.

[3] (1) $V_- = \frac{V_i + V_1}{2}$ (2) $V_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o$ (3) $R_1 + R_2$ と R_L との並列抵抗を $R' = \frac{(R_1 + R_2)R_L}{R_1 + R_2 + R_L}$
 と置くと, $V_o = \frac{R'}{R' + R_0} V_1$ である, あるいは $V_1 = \left(1 + \frac{R_0}{R'}\right) V_o$ (4) $V_- = V_+$ と V_1 の消去から,
 $V_i = \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_0}{R'}\right) V_o$. この式に R' を代入して整理すると, $V_o = \frac{(R_1 + R_2)R_L}{(R_1 - R_2)R_L - (R_1 + R_2 + R_L)R_0} V_i$.
 $I_L = V_o/R_L$ を求めると, $I_L = \frac{R_1 + R_2}{(R_1 - R_2 - R_0)R_L - (R_1 + R_2)R_0} V_i$ を得る. 結局, $R_1 = R_2 + R_0$ のとき
 に定電流となり, その値は $I_L = -V_i/R_0$.

以上.