

電子回路（期末試験）

鎌倉 友男 July 31 2007

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．

○ 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> に掲載する予定である．

[問 1] 図 1 のエミッタ接地回路において, 以下の小問に答えよ. [各小問 10 点, 小計 40 点]

- (1) ベース電圧 V_B , エミッタ電圧 V_E , エミッタ電流 I_E , コレクタ電圧 V_C , コレクタ電流 I_C の各直流バイアス値を求めよ. ただし, $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$ 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 $A_v = V_2/V_1$ と入力インピーダンス $Z_{in} = V_1/I_1$ を求めよ. ただし, $h_{fe}(=\beta) = 99$, $h_{ie} = \beta r$, $r = 26/I_E[\text{mA}]$ の値を用いよ.
- (4) エミッタ抵抗 R_E に並列に, 容量の十分大きなコンデンサを並列に接続した. このときの電圧増幅度はいくらになるか. また, dB 値で示せ.

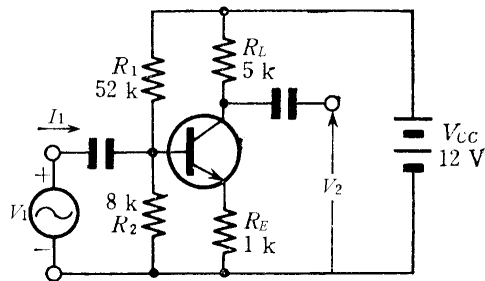


図 1: 問 1

[問 2] FET を用いた図 2 の回路において, $1-1'$ から見たインピーダンス $Z = V/I$ あるいはアドミッタンス $Y = 1/Z$ を求め, 誘導性の成分 (L 成分) が現れることを示せ. ただし, $\omega CR \gg 1$ とする. なお, FET の内部抵抗を r_d , 電圧増幅度を μ としたとき, 相互コンダクタンス $g_m = \mu/r_d$ の関係がある. [20 点]

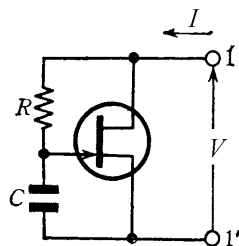


図 2: 問 2

[問 3] 図 3(a) は、性能が同じで互いに極性が反転した相補トランジスタを用いた SEPP 増幅回路である。
 $V_{CC} = 10 \text{ V}$, $R_L = 10 \Omega$ として、最大出力交流電力 P_m , 入力直流電力 P_{DC} および最大電力効率 η_m をそれぞれ求めよ。なお、図 3(b) はそのトランジスタの出力特性を示す。コンデンサ C の容量は十分大きく、図中の直線 AB は交流負荷直線である。[小計 15 点]

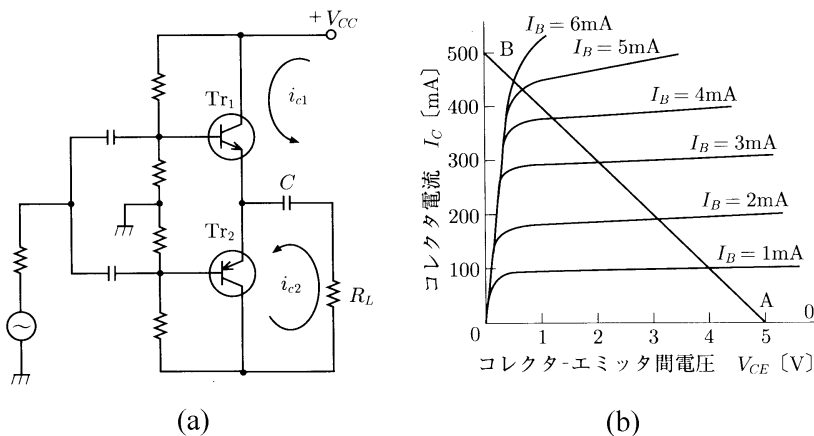


図 3: 問 3

[問 4] 演算増幅器（オペアンプ）について、次の各小問に答えよ。[各 10 点で、小計 40 点]

- (1) 理想の演算増幅器に対する重要な 3 つの条件を述べよ。
- (2) 仮想接地とはどういうことか。
- (3) 図 4 に示す回路で、入出力関係 $G(\omega) = V_o/V_i$ を求めよ。
- (4) $|G(\omega)|$ および $\angle G(\omega)$ の概略図を示せ。ここで、 ω を横軸に取ること。

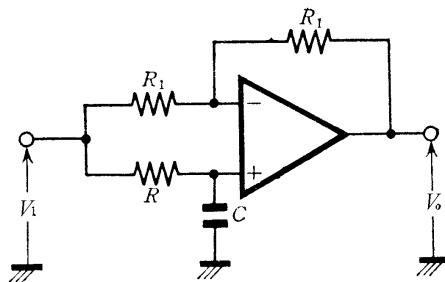


図 4: 問 4

平成 19 年度電子回路期末試験の解答

[1] (1) $V_B = 1.6 \text{ V}$, $V_E = 1 \text{ V}$, $I_E = 1 \text{ mA}$, $V_C = 7 \text{ V}$ (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, $A_v = -4.8$. 入力インピーダンスは $h_{ie} + (1 + h_{fe})R_E = 103 \text{ k}\Omega$ と R_1 , R_2 の 3 つの並列抵抗で, $Z_{in} = 6.5 \text{ k}\Omega$. (4) $A_v = -\frac{R_L h_{fe}}{h_{ie}} = -192$ (45.7 dB, 逆位相).

[2] R に流れる電流を I_1 , r_d に流れる電流を I_2 , C の端子電圧を V_i とすると, $(R + 1/j\omega C)I_1 = V$, $r_d I_2 - \mu V_i = V$, $V_i = I_1/j\omega C$ の関係がある. これら 3 つの式から I_1 , I_2 を V で表し, $I = I_1 + I_2$ であることを利用すると, アドミッタンス $Y = \frac{I}{V} = \frac{r_d + R + 1/j\omega C + \mu/j\omega C}{r_d(R + 1/j\omega C)} = \frac{1}{R + 1/j\omega C} + \frac{1}{r_d} + \frac{\mu/j\omega C}{r_d(R + 1/j\omega C)}$. ここで, $R \gg 1/j\omega C$ の関係を用いると, $Y = \frac{1}{R} + \frac{1}{r_d} + \frac{g_m}{j\omega C R}$ が得られる. これは, 等価的に, 抵抗 R , 抵抗 r_d , 誘導性リアクタンス $\omega C R/g_m$ の並列回路と見なせる.

[3] コレクタ電流の最大は $I_m = 450 \text{ mA}$ である. したがって, $10 \text{ }\Omega$ の負荷に供給できる最大電力は $P_m = 10\Omega \times (0.45)^2/2 = 1.01 \text{ W}$. 一方, 直流の供給電力 P_{DC} は $5 \times 2I_m/\pi = 1.43 \text{ W}$. 以上より, $\eta_m = 71 \text{ }\%$.

[4] (1) (2) 省略 (3) 反転入力端子の電圧 V_- は $(V_i + V_o)/2$ で与えられる. 一方, 非反転入力端子の電圧 $V_+ = \frac{V_i}{R + 1/j\omega C} \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{1 + j\omega C R}$ となる. $V_- = V_+$ なので, $G = \frac{1 - j\omega C R}{1 + j\omega C R} = e^{j\theta}$, $\theta = -2 \tan^{-1}(1/\omega C R)$. (4) $|G(\omega)| = 1$, $\angle G(\omega) = \theta$ の図を描けばよい.

以上.