

電子回路（中間試験）

鎌倉 友男 July 8 2008

[問 1] 図 1 の左のグラフは、ある FET の静特性である。この特性から、図中の回路のドレイン電流 I_D とドレイン-ソース電圧 V_{DS} を求めよ。

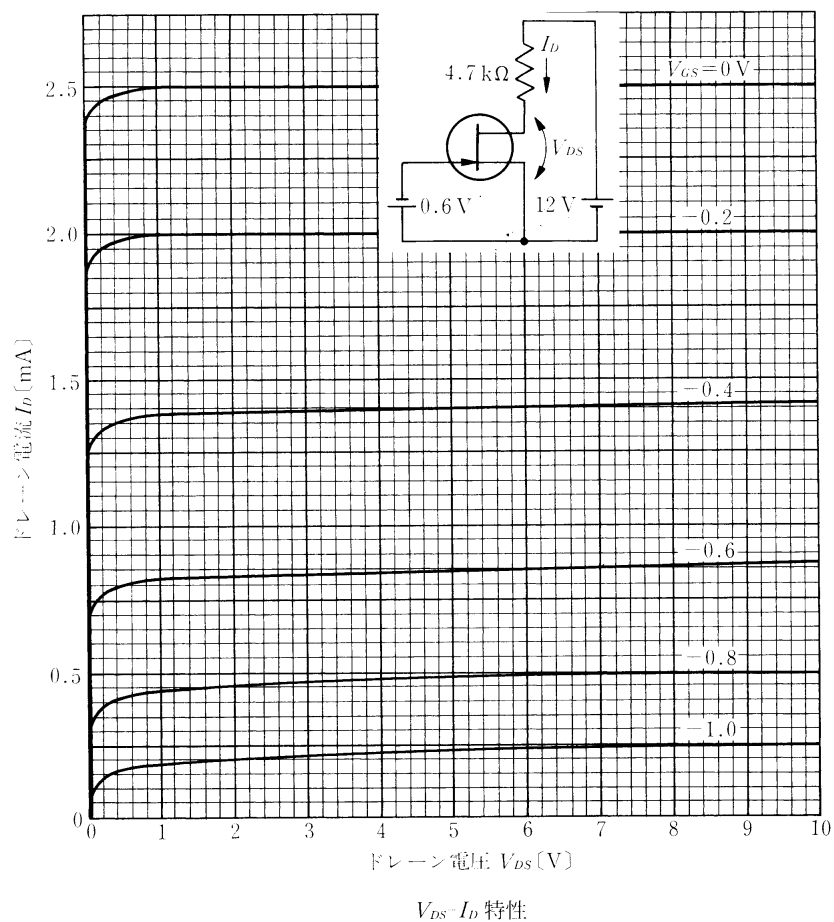


図 1: 問 1

[問 2] 図 2 の回路について、次の小問に答えよ。

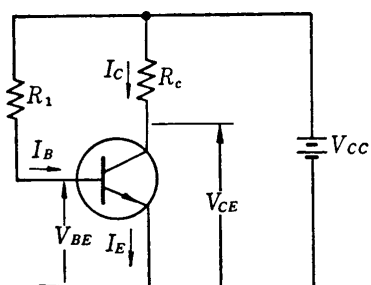


図 2: 問 2

ベース電流 I_B は

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_1} \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 I_B が I_C の値に無関係に、 V_{CC} と R_1 だけで定まるので、この回路は固定バイアス回路といわれる。

さて、コレクタ遮断電流を I_{CBO} としたとき

$$I_C = \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha} + \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B \quad (2)$$

の関係がある。 α はベース接地電流増幅率である。

- (i) 式 (1) の I_B を式 (2) に代入し、エミッタ接地電流増幅率 $\beta = \alpha/(1 - \alpha)$ (あるいは、書き直して $\alpha = \beta/(1 + \beta)$) の関係) を用いて、コレクタ電流 I_C を I_{CBO} , V_{BE} , そして β の関数、つまり $I_C(I_{CBO}, V_{BE}, \beta)$ として表せ。
- (ii) $S_1 = \partial I_C / \partial I_{CBO}$, $S_2 = \partial I_C / \partial V_{BE}$, $S_3 = \partial I_C / \partial \beta$ のから S_1 , S_2 , S_3 を求めよ。
- (iii) 一般に、 $I_{CBO} \ll V_{BE}/R_1 \ll V_{CC}/R_1$ である。 S_3 を簡略化せよ。
- (iv) $\beta = 50$, $V_{CC} = 12$ V であった。コレクタ電流 I_C を 2 mA にするためには、 R_1 はいくらか。また、このときの S_1 , S_2 , S_3 を求めよ。

[問 3] 図 3 の回路について

- (i) 微小交流信号に対する簡易型等価回路を示せ。
- (ii) 電圧増幅度 $A_v = v_2/v_1$ を求めよ。
- (iii) $R_c = 20$ k Ω , $R_e = 1$ k Ω , $R_1 = 60$ k Ω , $R_2 = 5$ k Ω , $\alpha = 0.98$, $h_{ie} = 1$ k Ω であった。(ii) の結果を用いて A_v を求めよ。また、この A_v をデシベルで表せ。
- (iv) 端子 a-b から回路を見た入力抵抗 R_i を求めよ。

なお、バイパスコンデンサ C_e の容量は十分大きいとする。また、ミラー効果 (通常は、高周波におけるベース接地出力容量に対する用語) を利用した等価回路を用いると誤差が大きくなるので注意。

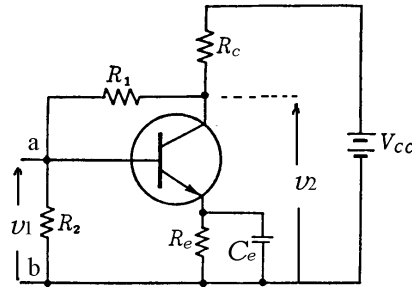


図 3: 問 3

平成 20 年度電子回路中間試験の解答

電圧, 電流等の単位が不足している場合は減点.

[問 1] $I_D = 0.85 \text{ mA}$, $D_{DS} = 8 \text{ V}$.

[問 2] (i) $I_C = (1 + \beta)I_{CBO} + \beta \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_1}$ (ii) $S_1 = 1 + \beta$, $S_2 = -\beta/R_1$, $S_3 = I_{CBO} + (V_{CC} - V_{BE})/R_1$
(iii) $S_3 = V_{CC}/R_1$ (iv) $I_B = I_C/50 = 40 \text{ } \mu\text{A}$, また $I_B = (12 - 0.6)/R_1$ であるので, $R_1 = 285 \text{ k}\Omega$. これより, $S_1 = 51$, $S_2 = -50/285000 = -1.75 \times 10^{-4} \text{ S}$, $S_3 = 40 \text{ } \mu\text{A}$.

[問 3] (i) 省略 (ii) h_{ie} の上から下に流れる電流を i_b , R_1 の右から左に流れる電流を i とすると, $i_b = v_1/h_{ie}$, $i = (v_2 - v_1)/R_1$, $v_2 = -(\beta i_b + i)R_C$. 以上から i_b と i を消すと, $A_v = \frac{v_2}{v_1} = -\frac{R_C(\beta R_1 - h_{ie})}{h_{ie}(R_1 + R_C)}$. $\beta = \alpha/(1 - \alpha) = 49$ なので, $A_v = -734.75 \simeq -735$. デシベルで表すと, 57.3 dB (逆位相). (iv) $1/R_i = 1/R_2 + (i_b - i)/v_1$ を計算すればよい. $v_2 = -R_C(\beta i_b + i) = R_1 i + v_1$ から $i = -(\beta R_C i_b + v_1)/(R_1 + R_C)$, よって $i_b - i = \left(1 + \frac{\beta R_C}{R_1 + R_C}\right) i_b + \frac{1}{R_1 + R_C} v_1 = \left[\left(1 + \frac{\beta R_C}{R_1 + R_C}\right) \frac{1}{h_{ie}} + \frac{1}{R_1 + R_C}\right] v_1$ となる. 以上から, $\frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_2} + \left(1 + \frac{\beta R_C}{R_1 + R_C}\right) \frac{1}{h_{ie}}$ 抵抗値等を代入して, $R_i \simeq 74.3 \text{ } \Omega$.