

- A. 解答スペースが不足の場合は、答案用紙の天地を替えずに裏面に記載すること。
 B. 等価回路を描いたり、計算が必要と想定される問題に対して、最終的な答えだけを記載しても得点を与えません。つまり、単なる暗記は評価しません。
 C. 数式の簡略化を要請する設問において簡略化をしない場合、得点が減点されます。
 D. βi_b と書くべきところを βib のように記述すれば、それは誤りとみなします。
 E. (文字の濃淡が貧弱とか、文字が小さ過ぎるとか) 判読困難な答案は正当に評価できません。

1. 35点 図1(a)のエミッタ接地増幅回路について、以下の設問に答えなさい。

ただし、キャパシタ(コンデンサ)の容量は十分大きいものとする。

- (1) エミッタを示す矢印を記入し、トランジスタを正しく描きなさい。
- (2) 図1(b)のトランジスタの交流等価回路を用いて、図1(a)のエミッタ接地増幅回路の交流等価回路を描きなさい。ただし、 $r_c = \infty$ とする。
- (3) ベース電位を v_1 と書くとき、 $Z_i = \frac{v_1}{i_b}$ を求め、簡略化しなさい。
- (4) 電圧利得 $A_v = \frac{v_2}{v_1}$ を求め、簡略化しなさい。

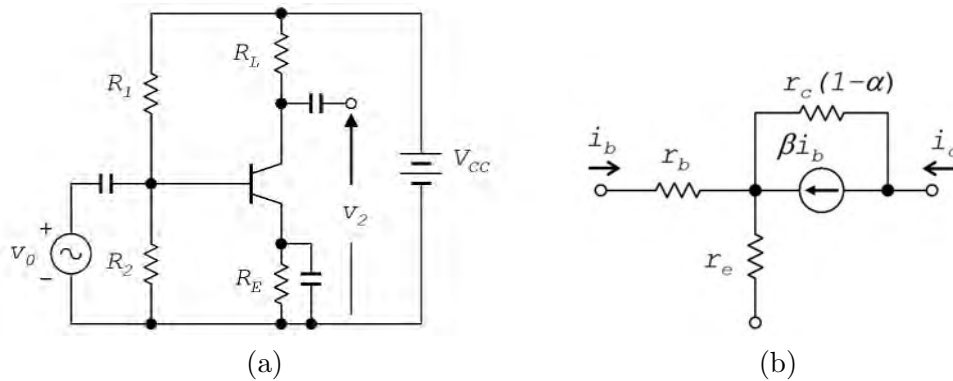


図 1: (a) エミッタ接地増幅回路, (b) トランジスタの交流等価回路.

答え:

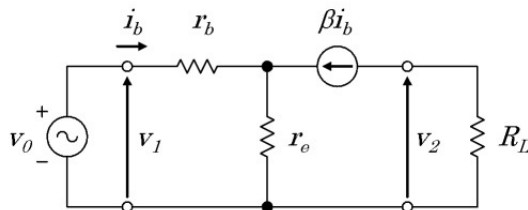


Fig. A1 エミッタ接地増幅の交流等価回路.

- (1) The emitter is connected with R_E and the dc bias current flows out of the emitter into R_E , because the dc current flows in the potential direction of high to low. The schematic drawing is omitted.
- (2) The ac equivalent circuit of the given CE (common-emitter) amplifier is drawn in Fig. A1, where $R_1 // R_2$ in parallel with a voltage source is removed away, because it is insignificant.

(3)

$$v_1 = r_b i_b + r_e (1 + \beta) i_b.$$

$$\therefore Z_i = r_b + r_e (1 + \beta) \simeq r_e (1 + \beta).$$

(4)

$$v_2 = -R_L \beta i_b.$$

$$\therefore A_v = \frac{-R_L \beta}{r_b + r_e (1 + \beta)} \simeq \frac{-R_L \beta}{r_e (1 + \beta)} \simeq \frac{-R_L}{r_e}.$$

2. 35点 図2の等価回路について以下の設問に答えなさい。ただし、 $r_c = \infty$ とする。

- (1) この電子回路の名称を答えなさい。
- (2) 電圧利得 $A_v = \frac{v_2}{v_1}$ を計算し、簡略化しなさい。
- (3) 出力インピーダンス $Z_o = \frac{v_2}{-i_e} \Big|_{v_0=0}$ を求めるための等価回路を描きなさい。
- (4) Z_o を計算し、簡略化しなさい。

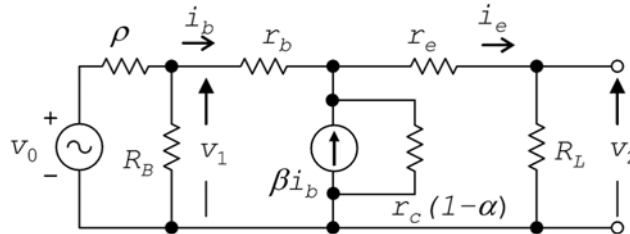


図 2: ある電子回路の交流等価回路.

答え:

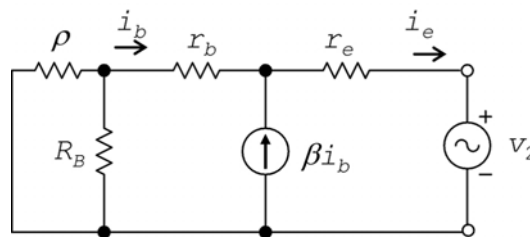


Fig. A2 Equivalent circuit for Z_o .

- (1) It is an emitter-follower. Also, it is a common-collector amplifier.
- (2) Since $r_c(1 - \alpha)$ is assumed to be very high, it is equivalent to an open-circuit. We find the following two equations.

$$\begin{aligned} v_1 &= r_b i_b + (r_e + R_L)(1 + \beta) i_b, \\ v_2 &= R_L(1 + \beta) i_b. \end{aligned}$$

$$\therefore A_v = \frac{R_L(1 + \beta)}{r_b + (r_e + R_L)(1 + \beta)} \simeq \frac{R_L(1 + \beta)}{(r_e + R_L)(1 + \beta)} \simeq 1.$$

- (3) To investigate the output impedance, $Z_o = \frac{v_2}{-i_e} \Big|_{v_0=0}$, of an amplifier, the output port has to be driven by an independent source: for example, by a voltage source v_2 . Since R_L in parallel with a voltage source is insignificant, it is removed away. On the other hand, the input signal source v_0 must be killed. Hence we obtain the equivalent circuit for calculating Z_o as illustrated in Fig. A2.

- (4) In the figure, we find that

$$\begin{aligned} v_2 &= r_e(-i_e) + (r_b + R_B // \rho)(-i_b), \\ i_e &= (1 + \beta) i_b. \end{aligned}$$

Therefore,

$$Z_o = r_e + \frac{r_b + R_B // \rho}{1 + \beta}.$$

The common senses in Electronic Circuits tell that $r_e \simeq 26$, r_b and ρ are of the order of 100, and $\beta \simeq 100$. In other words, the 2nd term in the above equation is very smaller than r_e .

$$\therefore Z_o \simeq r_e.$$

3. 10点 図3はエミッタ接地増幅回路の直流等価回路である。

- (1) エミッタ電流 I_E を計算しなさい。
- (2) コレクタ電位 V_C を計算しなさい。

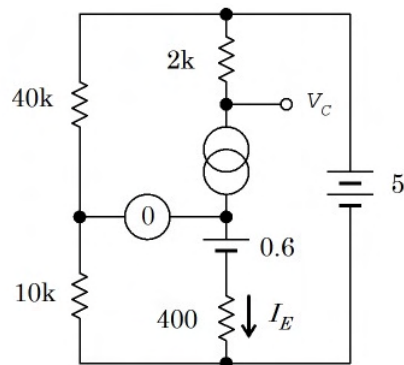


図 3: エミッタ接地増幅の直流等価回路.

答え:

- (1) Attention to the nullator. Since no current flows into a nullator, the base potential is given by $V_B = 5 \times \frac{10}{40 + 10} = 1$. This is identical to the potential at the right node of the nullator. I_E is hence given by $I_E = \frac{V_B - 0.6}{400} = \frac{1 - 0.6}{400} = 1\text{mA}$.
- (2) The collector potential is lower by the voltage drop across the resistor of $2\text{k}\Omega$ than the dc supply voltage. That is, $V_C = 5 - 2\text{k} \times I_E = 5 - 2\text{k} \times 1\text{m} = 3\text{V}$.

4. 10点 以下の命題について正誤を ×で答えなさい。

- (1) 電圧源の内部インピーダンスは0である。
- (2) 電流源の内部インピーダンスは ∞ である。
- (3) 電圧源と抵抗の並列接続で電源が構成されるとき、その抵抗の存在は無意味である。
- (4) 電流の流れ込む端子を高電位と定めるとき、インピーダンス Z に電流 I が流れて発生する電圧降下 V は $V = ZI$ である。
- (5) 電圧源とインピーダンスの直列接続による電源と電流源とインピーダンスの並列接続による電源を考える。両インピーダンスが等しく、開放電圧または短絡電流が等しいとき、両電源は等価である。これをテブナンの等価電源という。
- (6) 周波数が十分に高い交流に対するキャパシタの応答は短絡に等価である。
- (7) 利得 A の理想増幅器の出力信号 y を帰還係数 H の帰還路を介して入力部に供給し、入力信号 x に加算する帰還増幅器を考える。すると、出力信号は $y = \frac{Ax}{1-AH}$ と表わされる。そして、 $|AH| \gg 1$ ならば、 $y \simeq -\frac{1}{H}x$ となる。驚くべきことに、 y は A に無関係となる。したがって、帰還路を受動回路で構成すれば、温度変化に対して安定な動作を保証できる。
- (8) 【on a series connection】信号源、増幅器の入力端子対、および帰還回路を直列接続して負帰還増幅を構成する。このとき、負帰還増幅器の入力インピーダンスは $(1+AH)$ 倍に増加する。ただし、 A, H はそれぞれ増幅器の電圧利得、帰還回路の電圧帰還係数である。
- (9) 【on a parallel connection】負荷抵抗、増幅器の出力端子対、および帰還回路を並列接続して負帰還増幅を構成する。このとき、負帰還増幅器の出力インピーダンスは $\frac{1}{1+AH}$ 倍に減少する。ただし、 A, H はそれぞれ増幅器の電圧利得、帰還回路の電圧帰還係数である。
- (10) 開放電圧がそれぞれ V_1, V_2, V_3 、内部アドミタンスがそれぞれ Y_1, Y_2, Y_3 であるような3つの2端子回路がある。これらを並列接続するとき、端子間電圧は $\frac{Y_1V_1 + Y_2V_2 + Y_3V_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3}$ となる。また、直列接続するとき、合成2端子回路の開放電圧は $V_1 + V_2 + V_3$ となる。

答え:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5. 10点 以下の命題について正誤を ×で答えなさい。

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> (1) 容量 C のキャパシタを電圧 V、周波数 f ヘルツで充放電するとき、平均消費電力 P は $P = \frac{1}{2}CV^2f$ である。したがって、小面積、低周波数が低電力集積回路への鍵である。 (2) 鉛筆の軸径の半分くらいの大きさの個別部品トランジスタでは、直流バイアスとして1mA程度のベース電流を流すことが多い。 (3) 常温では $r_e = \frac{0.026}{i_e}$ である。 | <ol style="list-style-type: none"> (4) α はとても大きい。 (5) $\beta \simeq 1$ (6) $r_b \simeq 200\Omega$ (7) $r_c \simeq 5M\Omega$ (8) $r_e \ll R_L \ll r_c$ (9) FET のゲート電流はほぼ0である。 (10) $g_m r_e \simeq 1$ |
|---|--|

答え:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

× × × × ×

注解 (1) 誤: 低周波数, (2) 誤: ベース電流, (3) i_e should be read as I_E .