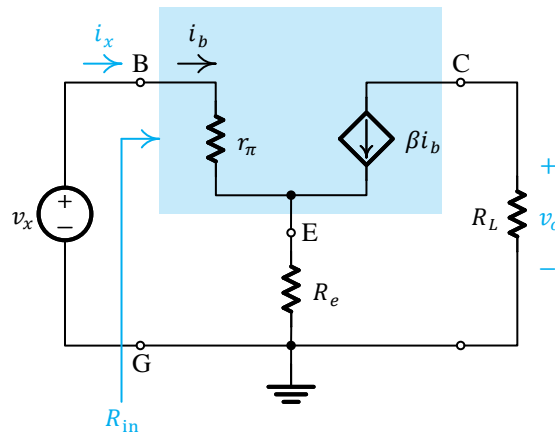


EL2005 Elektronika – PR#01

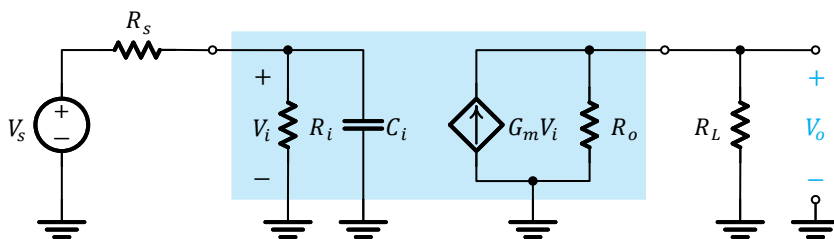
SOAL 1



- Buktikan bahwa $R_{in} = r_{\pi} + (\beta + 1)R_e$.
- Turunkan persamaan untuk $A_{vs} = v_o/v_x$.
- Hitung nilai R_{in} dan $A_{vs} = v_o/v_x$ jika diberikan $r_{\pi} = 100 \text{ k}\Omega$, $R_e = 100 \Omega$, $R_L = 1 \text{ k}\Omega$, dan $\beta = 100$.
- Ulangi soal (c) jika diberikan $R_e = 0$. Berikan komentar Anda tentang keuntungan dan kerugian menggunakan $R_e \neq 0$ (R_e tidak sama dengan nol).

SOAL 2

Untuk soal ini, gunakan acuan dari buku Microelectronic Circuit, 6th Edition oleh Sedra dan Smith, Example 1.5 di halaman 36.



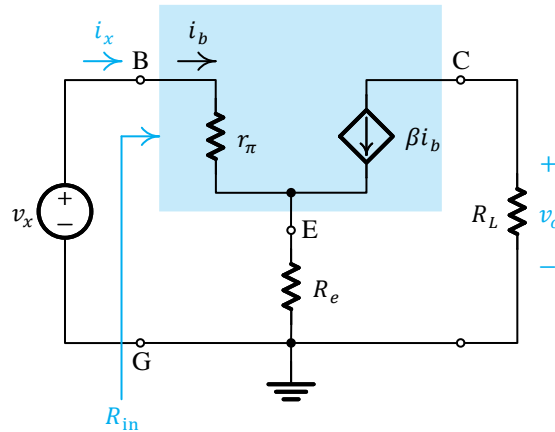
- Jika efek kapasitansi C_i diabaikan ($C_i = 0$), turunkan persamaan penguatan tegangan $A_{vs} = V_o/V_s$.
- Hitung nilai $A_{vs} = V_o/V_s$ jika diberikan $R_s = 20 \text{ k}\Omega$, $R_i = 100 \text{ k}\Omega$, $C_i = 0$, $G_m = 1 \text{ mA/V}$, $R_o = 10 \text{ k}\Omega$, dan $R_L = 1 \text{ k}\Omega$.
- Jika efek kapasitansi C_i diperhitungkan, turunkan fungsi transfer Laplace $A_{vs}(s) = V_o(s)/V_s(s)$.
- Dari fungsi transfer di soal (c), hitung nilai frekuensi *cutoff* ω_0 .

EL2005 Elektronika – PR#01 Solusi

CATATAN

Bagian yang **di-highlight biru** dapat dihilangkan karena "belum waktunya".

SOAL 1



- a. Buktikan bahwa $R_{in} = r_\pi + (\beta + 1)R_e$.

Jawab:

Untuk mencari R_{in} , gunakan $R_{in} = v_x/i_x$.

Lihat loop sebelah kiri dan aplikasikan Kirchoff's Voltage Law.

$$\begin{aligned}\Sigma v &= 0 \\ -v_x + r_\pi i_x + R_e(i_b + \beta i_b) &= 0\end{aligned}$$

Karena $i_b = i_x$, maka

$$\begin{aligned}-v_x + r_\pi i_x + R_e(i_x + \beta i_x) &= 0 \\ -v_x + (r_\pi + (\beta + 1)R_e)i_x &= 0 \\ v_x &= (r_\pi + (\beta + 1)R_e)i_x \\ R_{in} = v_x/i_x &= r_\pi + (\beta + 1)R_e\end{aligned}$$

- b. Turunkan persamaan untuk $A_{vs} = v_o/v_x$.

Jawab:

Untuk mencari $A_{vs} = v_o/v_x$, nyatakan v_o dalam v_x .

$$v_o = (-\beta i_b)R_L$$

Berdasarkan soal (a),

$$R_{in} = v_x/i_x = r_\pi + (\beta + 1)R_e$$

Sehingga,

$$i_b = i_x = v_x/R_{in}$$

Dengan demikian,

$$v_o = (-\beta i_b)R_L = -\beta \frac{R_L v_x}{R_{in}}$$
$$A_{vs} = \frac{v_o}{v_x} = -\beta \frac{R_L}{R_{in}}$$

Catatan tambahan:

Perhatikan bahwa soal ini merupakan model T analisis sinyal kecil dari Penguat *Common-Emitter* dengan R_e pada Bipolar Junction Transistor (BJT). Persamaan penguatan yang diturunkan merujuk pada persamaan umum Penguat *Common-Emitter*, yaitu

$$A_{vs} = \frac{v_o}{v_x} = -\beta \frac{R \text{ di collector}}{R \text{ di base}}$$

di mana R di *emitter*, yaitu R_e , dicerminkan ke *base* dengan faktor $(\beta + 1)$.

- c. Hitung nilai R_{in} dan $A_{vs} = v_o/v_x$ jika diberikan $r_\pi = 100 \text{ k}\Omega$, $R_e = 100 \text{ }\Omega$, $R_L = 1 \text{ k}\Omega$, dan $\beta = 100$.

Jawab:

$$R_{in} = r_\pi + (\beta + 1)R_e = 100 + (100 + 1)(0.1) = 110.1 \text{ k}\Omega$$
$$A_{vs} = \frac{v_o}{v_x} = -\beta \frac{R_L}{R_{in}} = -100 \left(\frac{1}{110.1} \right) \approx 0.908 \text{ V/V}$$

- d. Ulangi soal (c) jika diberikan $R_e = 0$. Berikan komentar Anda tentang keuntungan dan kerugian menggunakan $R_e \neq 0$ (R_e tidak sama dengan nol).

Jawab:

$$R_{in} = r_\pi + (\beta + 1)R_e = 100 + (100 + 1)(0) = 100 \text{ k}\Omega$$
$$A_{vs} = \frac{v_o}{v_x} = -\beta \frac{R_L}{R_{in}} = -100 \left(\frac{1}{100} \right) = 1 \text{ V/V}$$

Kelebihan menggunakan R_e tidak sama dengan nol:

- Meningkatkan nilai resistansi input penguat tegangan R_{in}
- Gain tegangan menjadi kurang sensitif terhadap β
- Penguat menjadi lebih tahan terhadap distorsi pada sinyal input yang lebih besar
- Respons frekuensi tinggi rangkaian meningkat secara signifikan

Kekurangan menggunakan R_e tidak sama dengan nol:

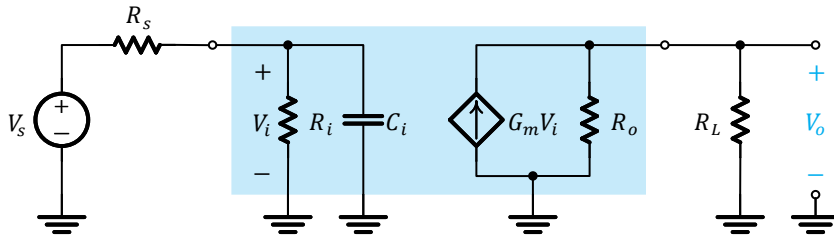
- Mengurangi gain tegangan A_{vs}

Catatan tambahan:

Resistansi di *emitter*, R_e , merupakan umpan balik negatif dari rangkaian Penguat *Common-Emitter*. Dengan demikian, R_e disebut juga dengan **resistansi degenerasi *emitter***.

SOAL 2

Untuk soal ini, gunakan acuan dari buku Microelectronic Circuit, 6th Edition oleh Sedra dan Smith, Example 1.5 di halaman 36.



- a. Jika efek kapasitansi C_i diabaikan ($C_i = 0$), turunkan persamaan penguatan tegangan $A_{vs} = V_o/V_s$.

Jawab:

Untuk mencari $A_{vs} = V_o/V_s$, nyatakan V_o dalam V_s . Perhatikan bahwa karena R_L paralel dengan R_o , maka tegangan di antara R_L sama dengan tegangan di antara R_o . Dengan demikian,

$$V_o = (G_m V_i)(R_o \parallel R_L)$$

Tegangan V_i dapat dinyatakan dengan prinsip pembagian tegangan sebagai

$$V_i = \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) V_s$$

Dengan demikian,

$$V_o = (G_m) \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) (V_s)(R_o \parallel R_L)$$

$$A_{vs} = \frac{V_o}{V_s} = \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) (G_m)(R_o \parallel R_L)$$

- b. Hitung nilai $A_{vs} = V_o/V_s$ jika diberikan $R_s = 20 \text{ k}\Omega$, $R_i = 100 \text{ k}\Omega$, $C_i = 0$, $G_m = 1 \text{ mA/V}$, $R_o = 10 \text{ k}\Omega$, dan $R_L = 1 \text{ k}\Omega$.

Jawab:

$$A_{vs} = \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) (G_m)(R_o \parallel R_L) = \left(\frac{100}{20 + 100} \right) (1)(10 \parallel 1) \approx 0.758 \text{ k}\Omega$$

- c. Jika efek kapasitansi C_i diperhitungkan, turunkan fungsi transfer Laplace $A_{vs}(s) = V_o(s)/V_s(s)$.

Jawab:

Untuk mencari $A_{vs}(s) = V_o(s)/V_s(s)$, nyatakan $V_o(s)$ dalam $V_s(s)$.

$$V_o(s) = (G_m V_i(s))(R_o \parallel R_L)$$

Tegangan $V_i(s)$ dapat dinyatakan dengan prinsip pembagian tegangan sebagai

$$V_i(s) = \frac{R_i \parallel \frac{1}{sC_i}}{R_s + \left(R_i \parallel \frac{1}{sC_i} \right)} V_s(s) = \left(\frac{1}{1 + sC_i(R_s \parallel R_i)} \right) \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) V_s(s)$$

Dengan demikian,

$$V_o(s) = (G_m) \left(\frac{1}{1 + sC_i(R_s \parallel R_i)} \right) \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) (V_s(s))(R_o \parallel R_L)$$
$$A_{vs}(s) = \frac{V_o(s)}{V_s(s)} = \left(\frac{1}{1 + sC_i(R_s \parallel R_i)} \right) \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) (G_m)(R_o \parallel R_L)$$

Catatan tambahan:

Perhatikan bahwa fungsi transfer $A_{vs}(s)$ ini mirip dengan gain tegangan A_{vs} di soal (a), namun di $A_{vs}(s)$ ini terdapat tambahan faktor

$$\frac{1}{1 + sC_i(R_s \parallel R_i)}$$

Faktor inilah yang menyebabkan rangkaian menjadi memiliki karakteristik *low-pass*.

- d. Dari fungsi transfer di soal (c), hitung nilai frekuensi *cutoff* ω_0 .

Jawab:

Dari fungsi transfer di soal (c), konstanta waktu rangkaian adalah

$$\tau = C_i(R_s \parallel R_i)$$

Dengan demikian, frekuensi *cutoff* rangkaian adalah

$$\omega_0 = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{C_i(R_s \parallel R_i)}$$

Catatan tambahan:

Frekuensi *cutoff* ω_0 dapat juga dicari *tanpa menghitung fungsi transfer terlebih dahulu* dengan metode **open-circuit time-constant (OCTC)**. Dengan metode ini, frekuensi *cutoff* ω_0 adalah invers multiplikatif dari total konstanta waktu rangkaian. Tiap konstanta waktu disebabkan oleh kapasitor, dan dapat dicari dengan mengalikan kapasitansi kapasitor dengan resistansi yang dilihat dari kapasitor tersebut.

Di kasus ini, terdapat satu buah kapasitor, yaitu C_i . Resistansi yang dilihat dari C_i adalah

$$R_{C_i} = R_s \parallel R_i$$

Dengan demikian, konstanta waktu yang disebabkan oleh C_i adalah

$$\tau_{C_i} = C_i R_{C_i} = C_i(R_s \parallel R_i)$$

dan frekuensi *cutoff* rangkaian adalah

$$\omega_0 = \frac{1}{\tau_{C_i}} = \frac{1}{C_i(R_s \parallel R_i)}$$