

ANALISIS AC PADA TRANSISTOR BJT

Oleh:

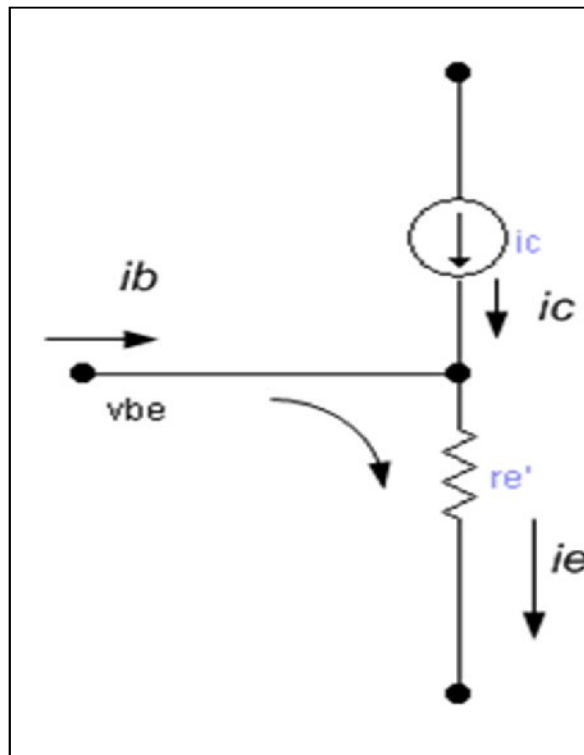
Sri Supatmi,S.Kom

MODEL ANALISIS AC PADA TRANSISTOR

- Terdapat beberapa model yang digunakan untuk melakukan analisis AC pada rangkaian transistor. Yang paling umum digunakan adalah:
 1. Model T (Model Ebers-Moll)
 2. Model π

1. Model T

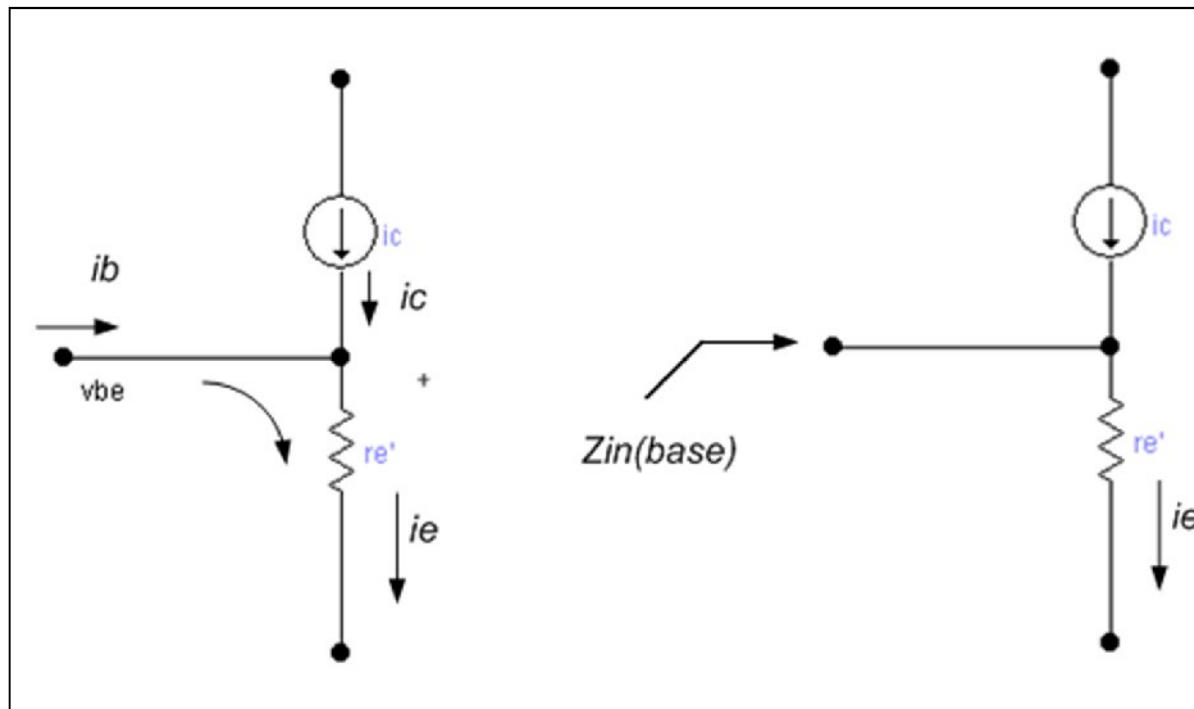
- Sering disebut model Ebers-Moll
- Sejauh sinyal AC kecil yang digunakan, dioda emiter masih berlaku sebagai resistansi r_e dan dioda kolektor sebagai sumber arus i_c .
- Tidak memperhitungkan impedansi dalam pada inpus basis.



Gambar 1. analisis AC model T

2. Model π

- Saat sinyal input AC dihubungkan dengan penguat transistor, terdapat tegangan basis –emiter AC v_{be} pada dioda emiter.
- Model π mendefinisikan dan memperhitungkan adanya impedansi input.



Gambar 2
analisis AC
model π

2. Model π

- Dari gambar 2 akan menghasilkan arus basis AC i_b
- Sumber tegangan AC harus mensuplai arus basis AC ini, sehingga penguat transistor akan bekerja dengan baik.
- Dapat dinyatakan bahwa sumber tegangan AC dibebani oleh impedansi input dari basis.
- Ditinjau dari basis transistor, sumber tegangan AC akan terlihat sebagai impedansi input $Z_{in}(base)$.
- Pada frekuensi rendah, impedansi ini murni bersifat resistif (menghambat) dan dapat didefinisikan sebagai:

$$Z_{in}(base) = \frac{v_{be}}{i_b} \quad \dots\dots\dots(1)$$

2. Model π

$$Z_{in}(base) = \frac{v_{be}}{i_b} \dots\dots\dots(1)$$

- Jika diterapkan Hukum Ohm, maka: $v_{be} = r_{e'} \cdot i_e$ sehingga

$$V_{in} = r_{e'} \cdot i_e \dots\dots\dots(2)$$

- Substitusikan persamaan (2) ke persamaan (1) sehingga didapat :

$$Z_{in}(base) = \frac{v_{be}}{i_b} = \frac{i_e \cdot r_{e'}}{i_b} \dots\dots\dots(3)$$

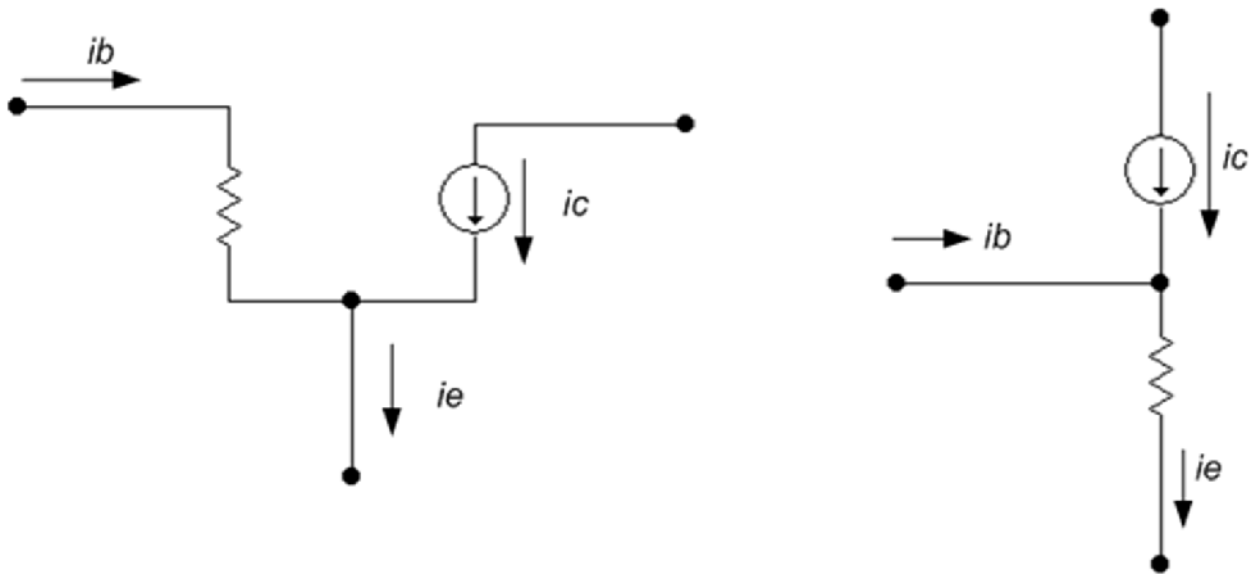
- Karena $i_e \approx i_c$ dan $i_e = \beta \cdot i_b$ maka:

$$Z_{in}(base) = \frac{v_{be}}{i_b} = \frac{i_e \cdot r_{e'}}{i_b} = \frac{\beta i_b \cdot r_{e'}}{i_b} = \beta \cdot r_{e'} \dots\dots\dots(4)$$

2. Model π

$$Z_{in}(base) = \frac{v_{be}}{i_b} = \frac{i_e \cdot r_e'}{i_b} = \frac{\beta i_b \cdot r_e'}{i_b} = \beta \cdot r_e' \quad \dots\dots\dots(4)$$

- Persamaan (4) menyatakan bahwa impedansi input basis sama dengan penguatan arus AC dikalikan resistansi AC dari kaki emiter.

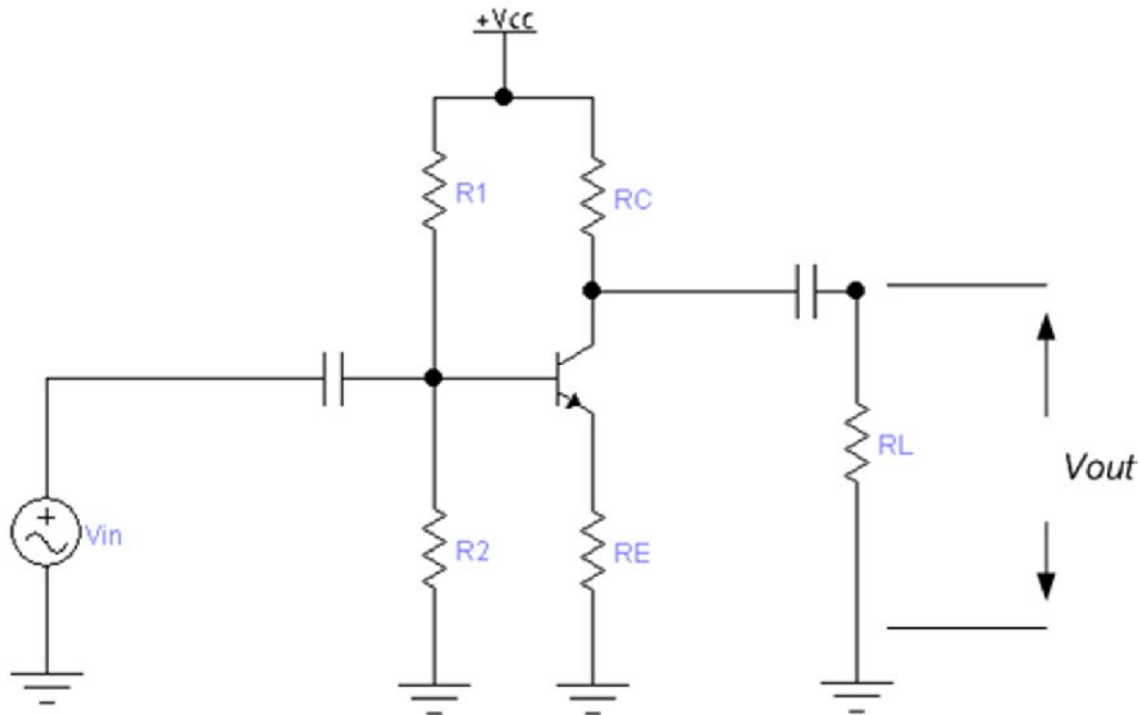


2. Model π

- Model π transistor lebih mudah jika dibandingkan dengan model T dikarenakan model T mempunyai impedansi input yang tidak jelas.
- Sedangkan Model π lebih jelas memperlihatkan bahwa impedansi input $\beta r_e'$ akan membebani sumber tegangan AC yang dihubungkan ke basis.

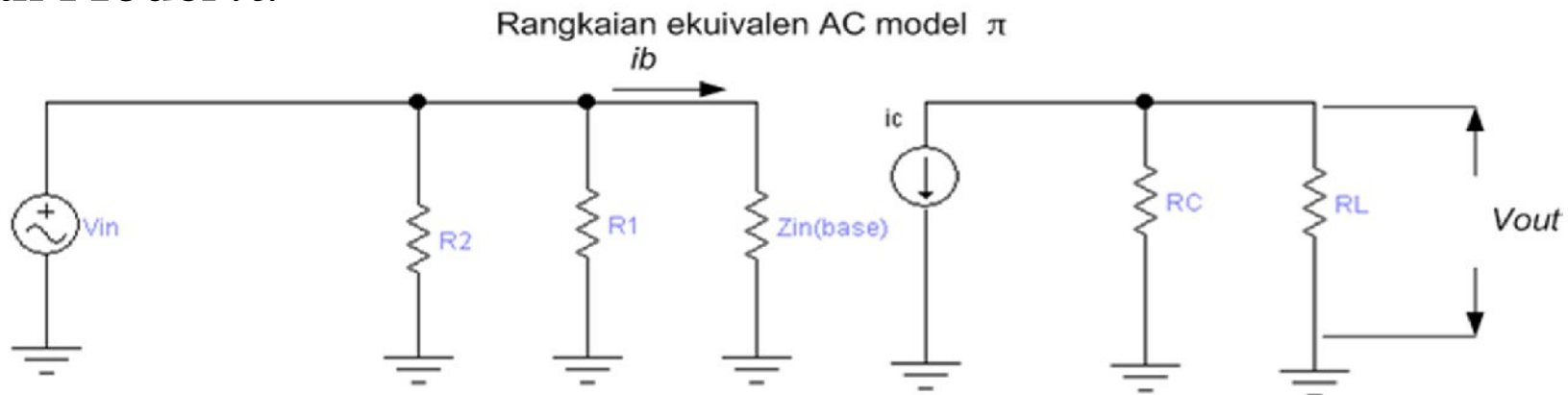
BATI TEGANGAN

- Bati tegangan adalah tegangan keluaran AC yang terbagi oleh tegangan input AC.
- Contoh rangkaian 1:



BATI TEGANGAN

- Dari contoh rangkaian 1 dapat dibuat rangkaian ekuivalen model T dan Model π .



$$V_{out} = i_c(R_c \parallel R_L) = \beta i_b(R_c \parallel R_L)$$

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\beta i_b(R_c \parallel R_L)}{\beta i_b r_e'}$$

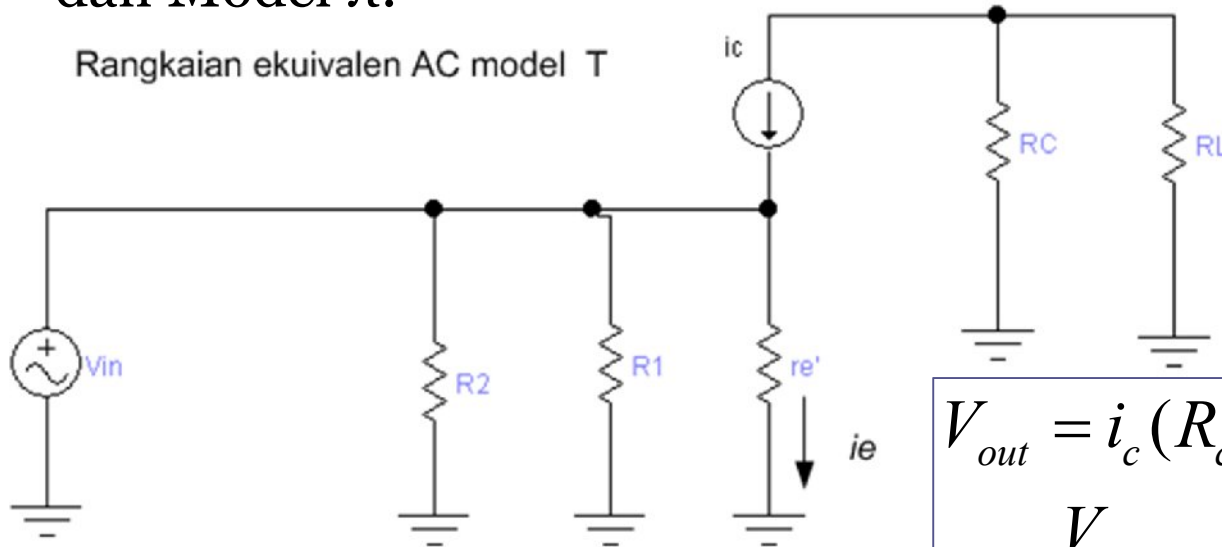
$$A = \frac{(R_c \parallel R_L)}{r_e'}; r_c = R_c \parallel R_L$$

$$A = \frac{r_c}{r_e'}$$

BATI TEGANGAN

- Dari contoh rangkaian 1 dapat dibuat rangkaian ekuivalen model T dan Model π .

Rangkaian ekuivalen AC model T



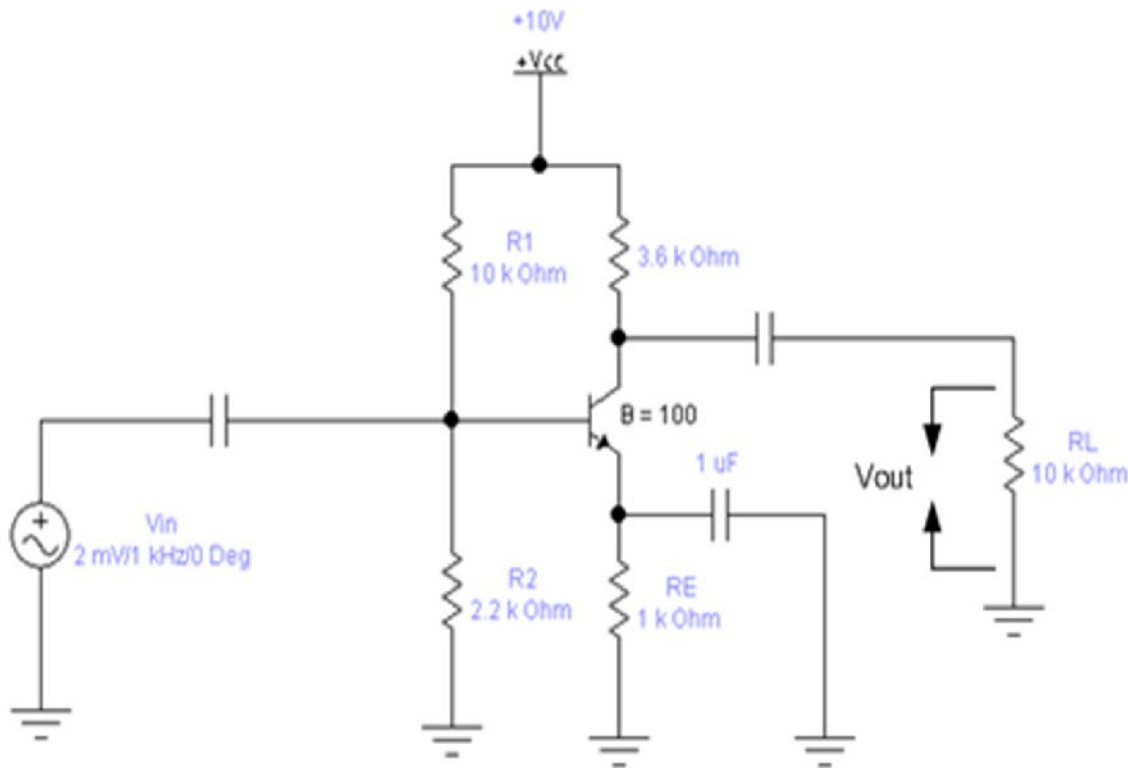
$$V_{out} = i_c (R_c \parallel R_L)$$

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{i_c (R_c \parallel R_L)}{i_e \cdot r_{e'}}$$

$$A = \frac{(R_c \parallel R_L)}{r_{e'}}; r_c = R_c \parallel R_L$$

$$A = \frac{r_c}{r_{e'}}$$

Contoh soal 1:



$$V_b = \frac{R1}{R1 + R2} \times V_{cc}$$

$$V_b = \frac{2.2K\Omega}{10K\Omega + 2.2K\Omega} \times 10V$$

$$V_b = \frac{2.2K\Omega}{12.2K\Omega} \times 10V = 1.8V$$

$$V_E = V_b - V_{be} = 1.8V - 0.7V = 1.1V$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.1V}{1K\Omega} = 1.1mA$$

$$r_{e'} = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{1.1mA} = 22.7\Omega$$

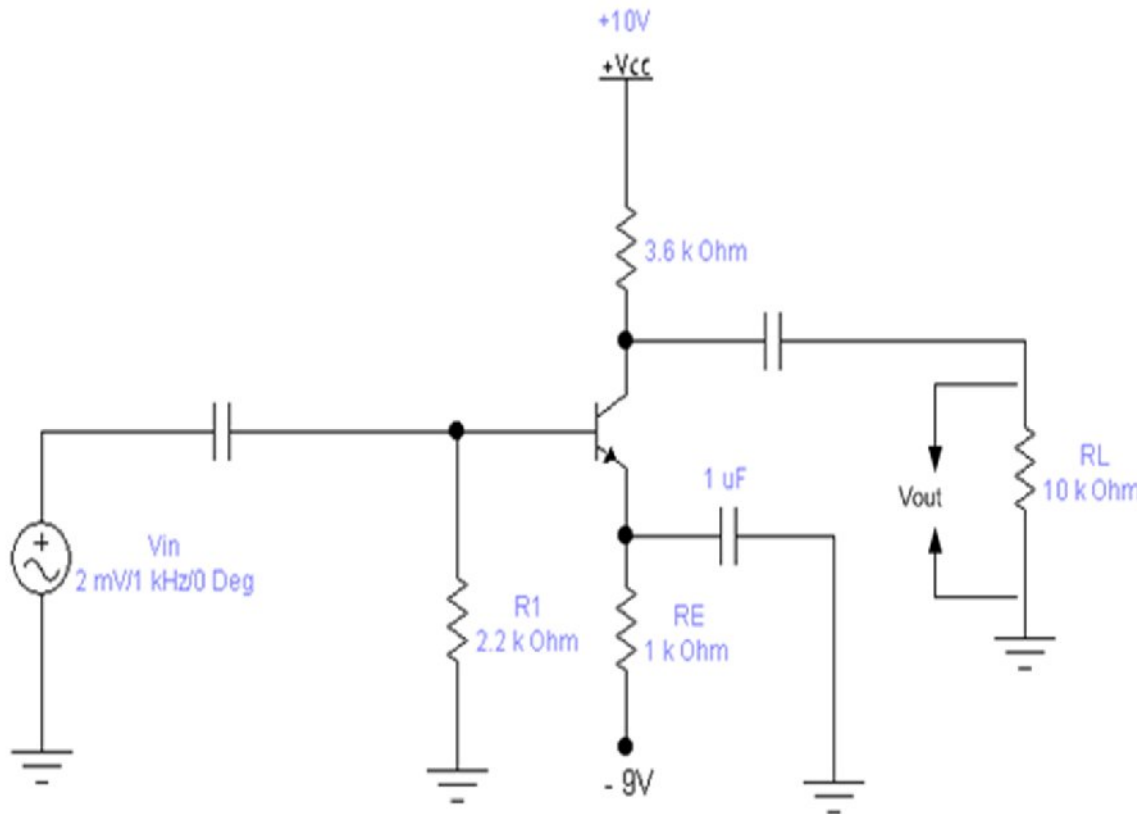
$$r_c = RC \parallel RL = 2.65K\Omega$$

|| menyatakan diparalel

$$A = \frac{r_c}{r_{e'}} = \frac{2.65K\Omega}{22.7\Omega} = 116.7 \approx 117$$

$$V_{out} = A \cdot V_{in} = 117 \cdot (2mV)$$

Contoh soal 2:



$$V_b = 0V - 0.7V = -0.7V$$

$$-V_{be} + V_E + I_E R_E = 0V$$

$$I_E R_E = V_{be} - V_E$$

$$I_E = \frac{V_{be} - V_E}{R_E} = \frac{-0.7V - (-9V)}{10K\Omega}$$

$$I_E = \frac{8.3V}{10K\Omega} = 0.83mA$$

$$r_{e'} = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{0.83mA} = 30\Omega$$

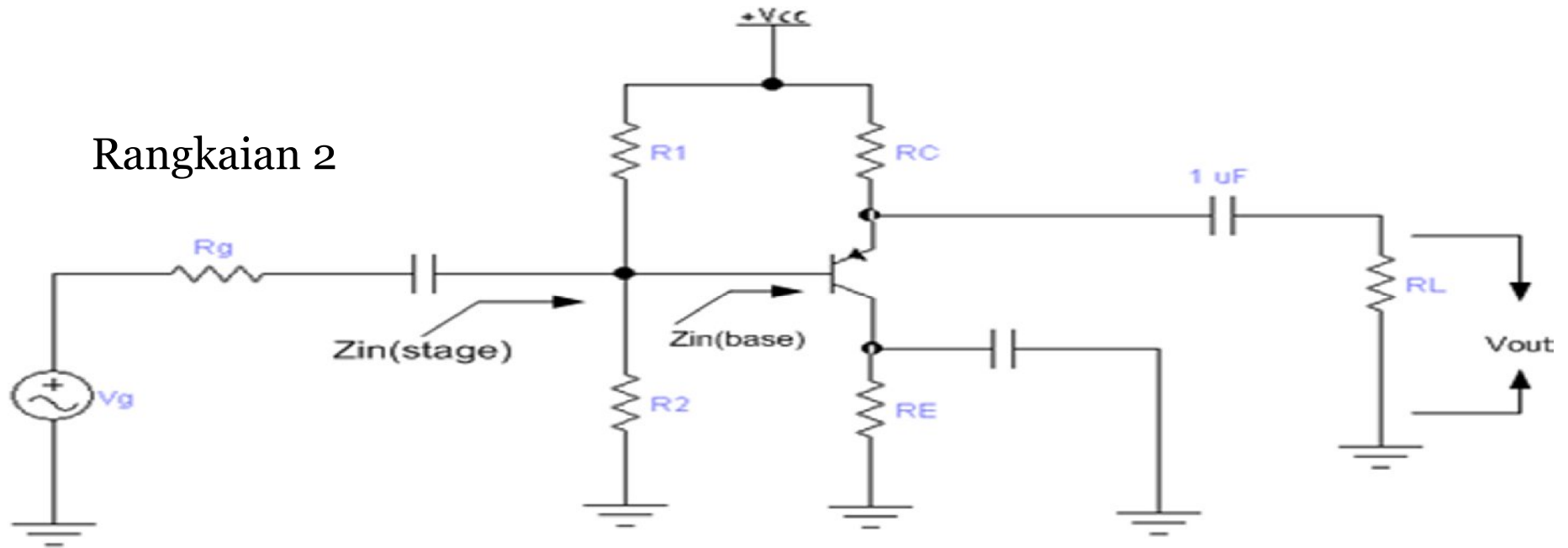
$$r_c = RC \parallel RL = 2.65K\Omega$$

|| menyatakan diparalel

$$A = \frac{r_c}{r_{e'}} = \frac{2.65K\Omega}{30\Omega} = 88.3 \approx 88$$

$$V_{out} = A.V_{in} = 88.(2mV) = 176mA$$

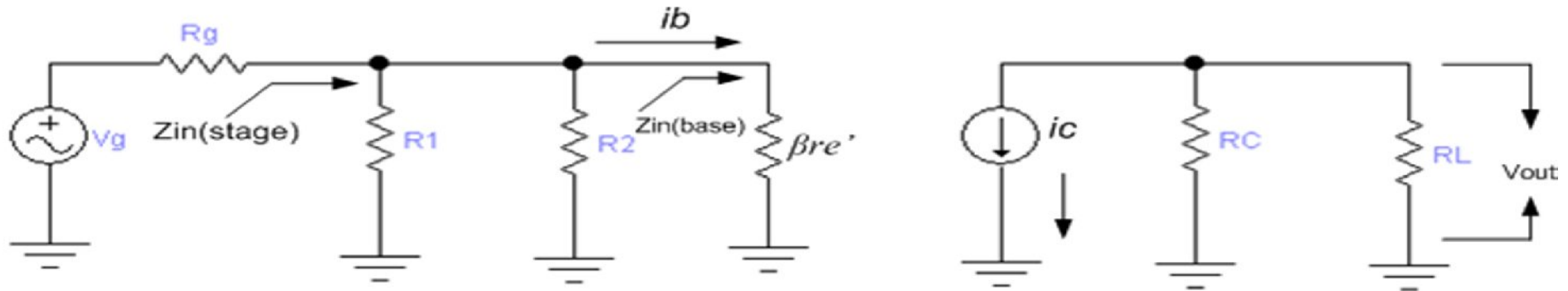
EFEK PEMUATAN DARI IMPEDANSI MASUKAN



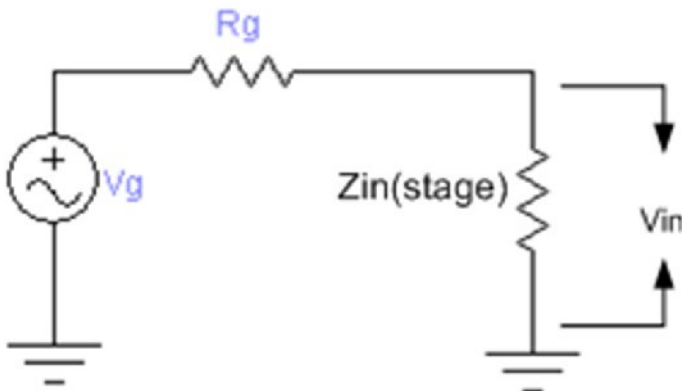
- sumber tegangan AC V_g memiliki gambaran dalam R_g
- jika sumber AC tidak kuat, tegangan sumber AC turun karena hambatan dalam ini.
- Akibatnya tegangan AC antara basis dan ground lebih kecil dari idealnya.

EFEK PEMUATAN DARI IMPEDANSI MASUKAN

- Rangkaian ekuivalen model π dari rangkaian 2 adalah:



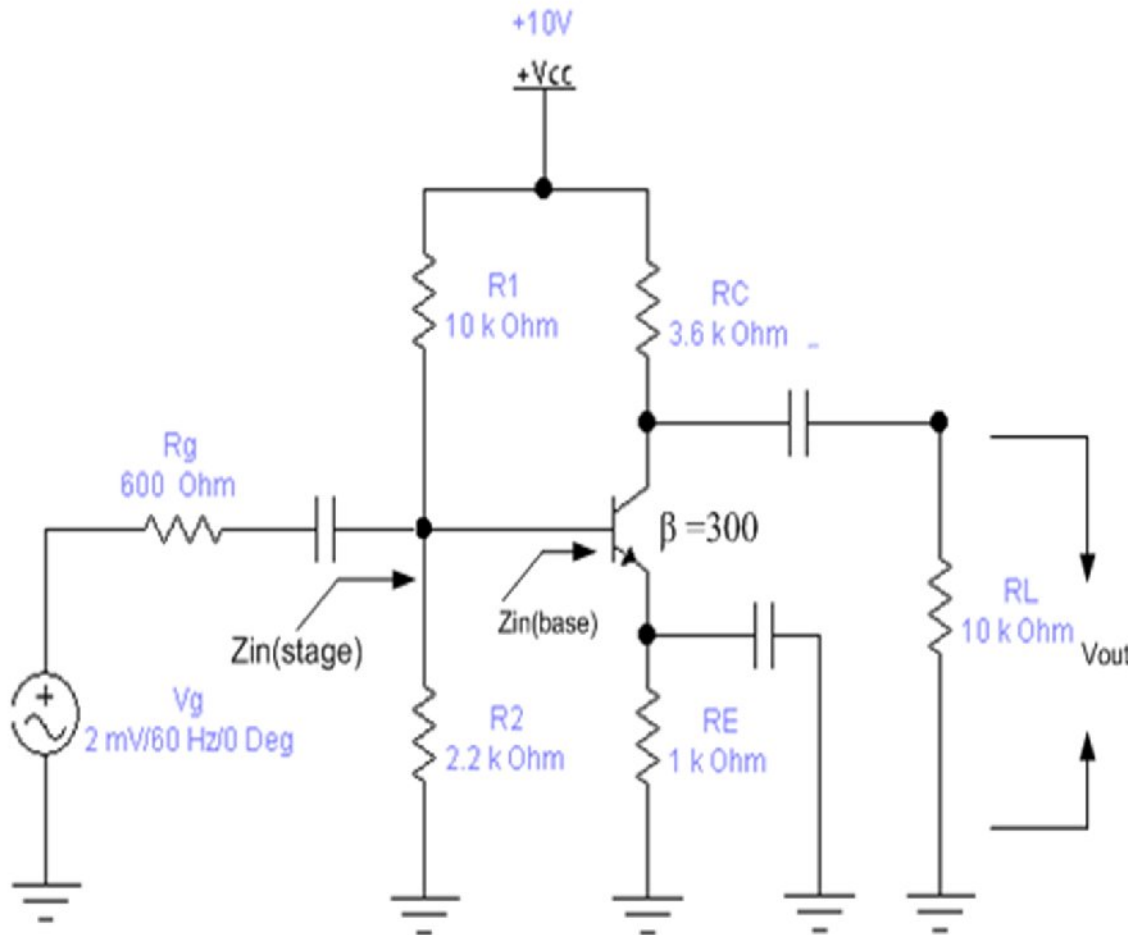
- Efek dari impedansi masukan :



$$Z_{in(stage)} = R1 \parallel R2 \parallel Z_{in(base)} = R1 \parallel R2 \parallel \beta re'$$

$$V_{in}' = \frac{Z_{in(stage)}}{R_g + Z_{in(stage)}} V_g$$

Contoh soal 3:



$$V_b = \frac{R1}{R1 + R2} \times V_{cc}$$

$$V_b = \frac{2.2K\Omega}{10K\Omega + 2.2K\Omega} \times 10V$$

$$V_b = \frac{2.2K\Omega}{12.2K\Omega} \times 10V = 1.8V$$

$$V_E = V_b - V_{be} = 1.8V - 0.7V = 1.1V$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.1V}{1K\Omega} = 1.1mA$$

$$r_{e'} = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{1.1mA} = 22.7\Omega$$

$$r_c = RC \parallel RL = 2.65K\Omega$$

|| menyatakan diparalel

$$A = \frac{r_c}{r_{e'}} = \frac{2.65K\Omega}{22.7\Omega} = 116.7 \approx 117$$

Lanjutan penyelesaian contoh soal 3:

$$Z_{in(base)} = \beta r_{e'} = 300 \cdot 22.7\Omega = 6.8K\Omega$$

$$Z_{in(stage)} = R1 \parallel R2 \parallel Z_{in(base)} = R1 \parallel R2 \parallel \beta r_{e'}$$

$$Z_{in(stage)} = 10K\Omega \parallel 2.2K\Omega \parallel 6.8K\Omega = 1.43K\Omega$$

$$V_{in}' = \frac{Z_{in(stage)}}{R_g + Z_{in(stage)}} V_g = \frac{1.43K\Omega}{600\Omega + 1.43K\Omega} 2mV = 1.4mV$$

$$A = \frac{r_c}{r_{e'}} = \frac{2.65K\Omega}{22.7\Omega} = 116.7 \approx 117$$

$$V_{out} = A \cdot V_{in} = 117 \cdot (1.4mV) = 163.8mV$$

Lanjutan penyelesaian contoh soal 3 jika $\beta = 50$:

$$V_b = \frac{R1}{R1 + R2} \times V_{cc}$$

$$V_b = \frac{2.2K\Omega}{10K\Omega + 2.2K\Omega} \times 10V$$

$$V_b = \frac{2.2K\Omega}{12.2K\Omega} \times 10V = 1.8V$$

$$V_E = V_b - V_{be} = 1.8V - 0.7V = 1.1V$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.1V}{1K\Omega} = 1.1mA$$

$$r_{e'} = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{1.1mA} = 22.7\Omega$$

$$r_c = RC \parallel RL = 2.65K\Omega$$

|| menyatakan diparalel

$$A = \frac{r_c}{r_{e'}} = \frac{2.65K\Omega}{22.7\Omega} = 116.7 \approx 117$$

$$Z_{in(base)} = \beta r_{e'} = 50 \cdot 22.7\Omega = 1.14K\Omega$$

$$Z_{in(stage)} = R1 \parallel R2 \parallel Z_{in(base)} = R1 \parallel R2 \parallel \beta r_{e'}$$

$$Z_{in(stage)} = 10K\Omega \parallel 2.2K\Omega \parallel 1.14K\Omega = 698\Omega$$

$$V_{in}' = \frac{Z_{in(stage)}}{R_g + Z_{in(stage)}} V_g = \frac{698\Omega}{600\Omega + 698\Omega} 2mV = 1.08mV$$

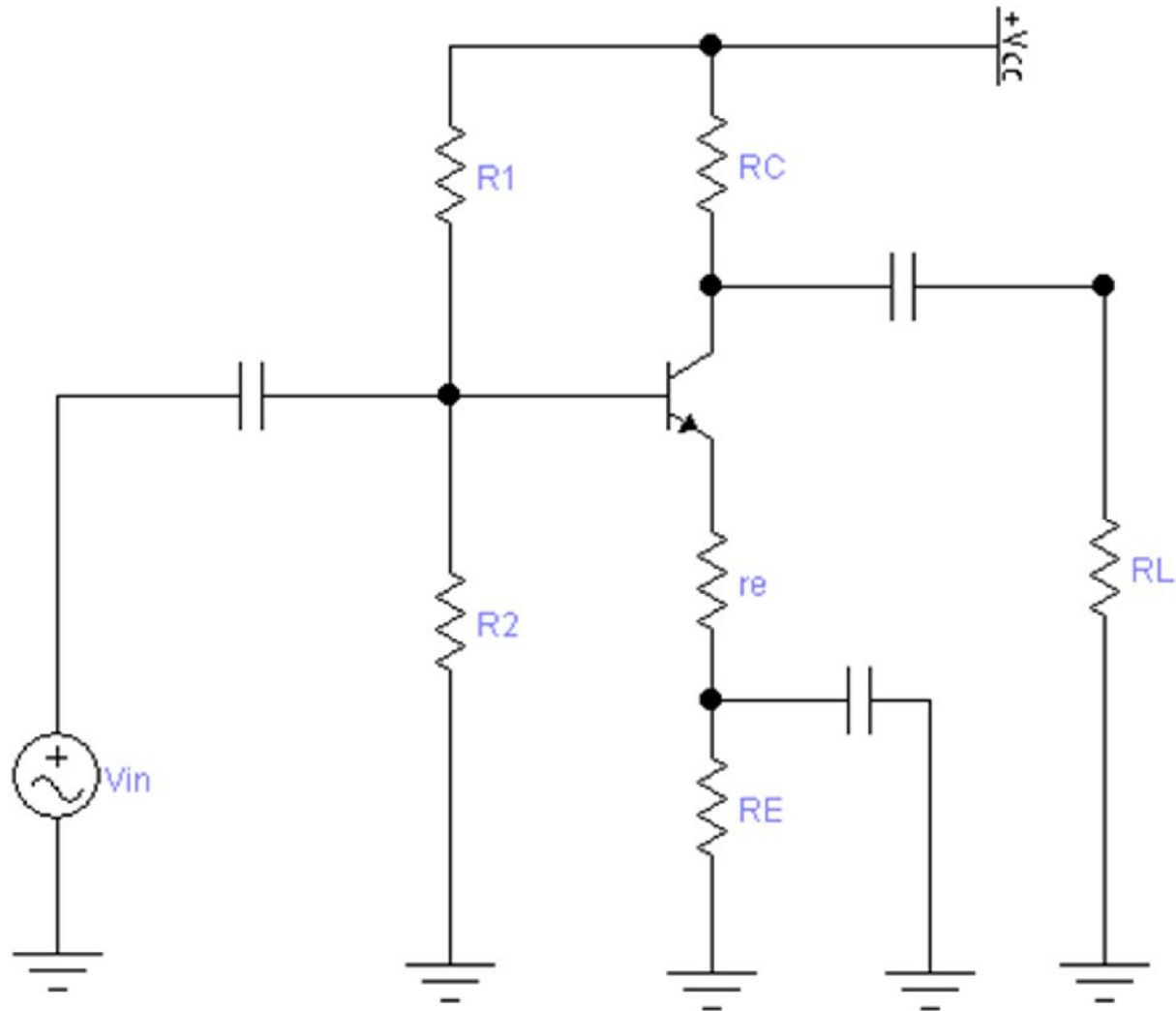
$$A = \frac{r_c}{r_{e'}} = \frac{2.65K\Omega}{22.7\Omega} = 116.7 \approx 117$$

$$V_{out} = A \cdot V_{in}' = 117 \cdot (1.08mV) = 126mV$$

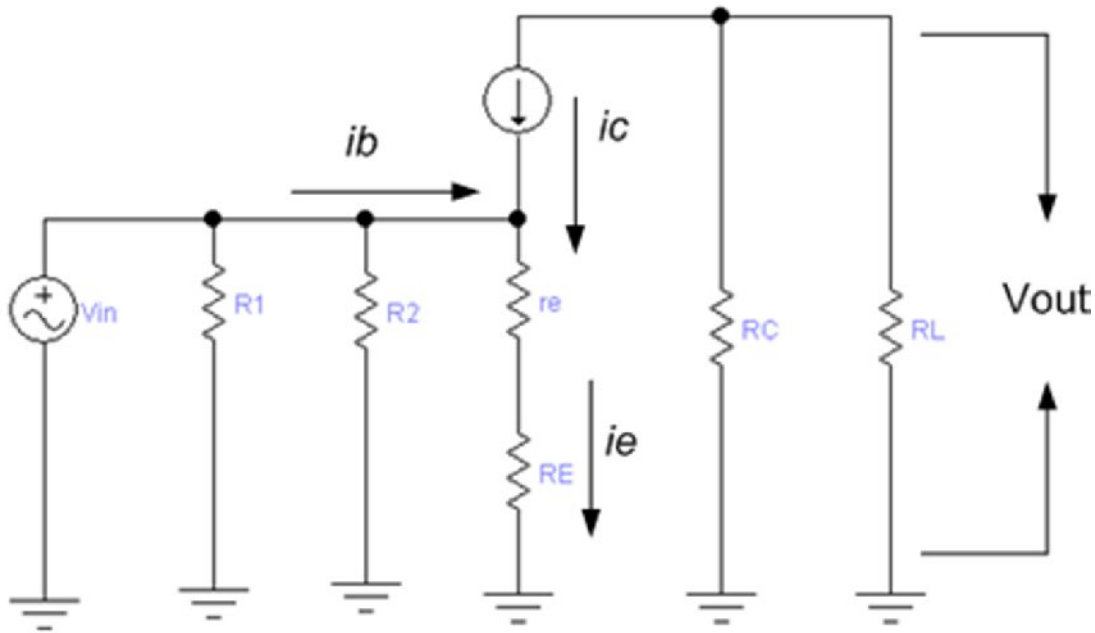
Swamped amplifier

- Bati tegangan dari penguat CE dapat berubah-ubah tergantung pada beberapa faktor, yaitu:
 1. Arus tak bergerak
 2. Variasi temperatur
 3. Penggantian transistor karena nilai r_e' dan β berubah.
- Cara untuk membuat stabil bati tegangan adalah dengan membiarkan hambatan emiter tidak dihubungkan langsung dengan kaki emiter.
- Ketika arus emiter AC mengalir melalui hambatan emiter r_e yang tidak dihubungkan langsung, tegangan AC muncul di r_e .
- Tegangan AC pada r_e melawan perubahan dalam bati tegangan.
- Hambatan tidak di bypass r_e disebut suatu resistor umpan balik (*feedback resistor*) karena memiliki tegangan AC yang melawan perubahan dalam bati tegangan.

Rangkaian 3. Swamped amplifier



Rangkaian ekuivalen model T pada rangkaian 3. swamped amplifier



$$V_{in} = i_e(re + r_e')$$

$$V_{out} = i_c r_c$$

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{i_c r_c}{i_e(re + r_e')}$$

karena $i_e \approx i_c$ maka:

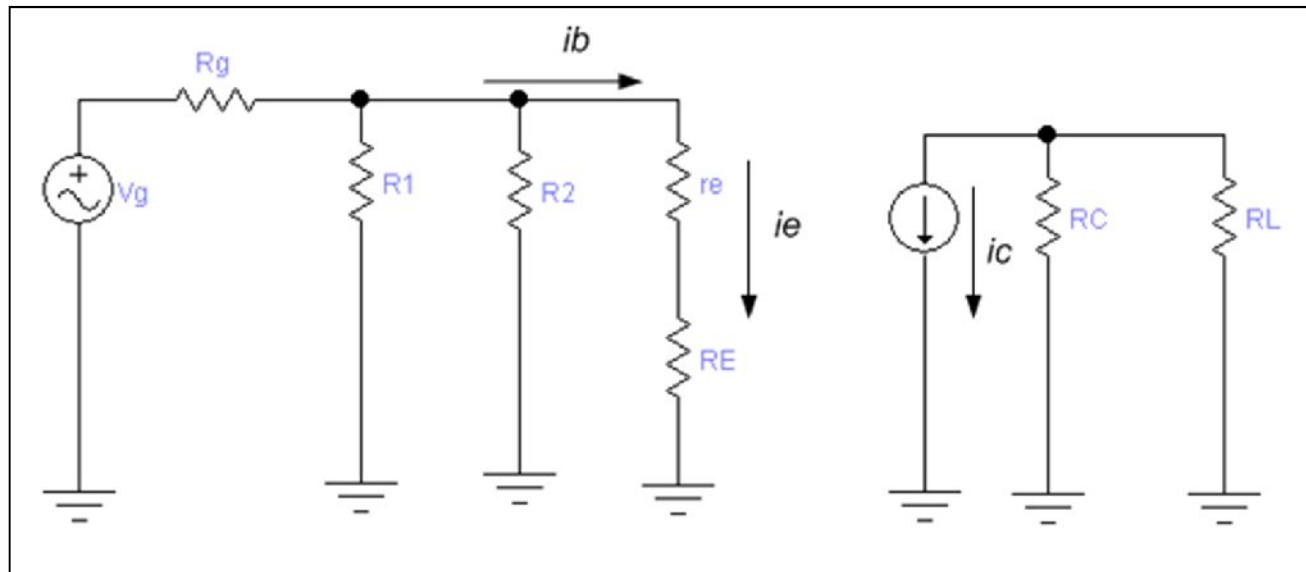
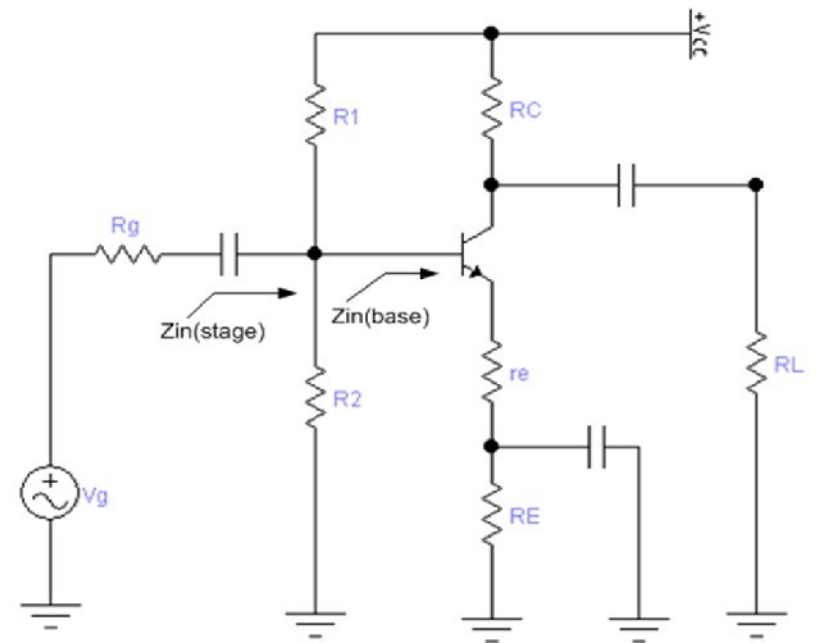
$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{r_c}{(re + r_e')}$$

jika r_e' jauh lebih kecil dari re maka:

$$A = \frac{r_c}{re}$$

Rangkaian ekuivalen model π pada rangkaian 3.swamped amplifier

Rangkaian ekuivalen model π



Analisa AC model π pada rangkaian 3 swamped amplifier

- Dengan hukum Ohm

$$V_{in} = ie(re + re')$$

$$Z_{in(base)} = \frac{V_{in}}{ib}$$

$$Z_{in(base)} = \frac{ie(re + re')}{ib}$$

karena $ie \approx ic$ dan $ic = \beta \cdot ib$ maka:

$$Z_{in(base)} = \frac{\beta \cdot ib(re + re')}{ib}$$

$$Z_{in(base)} = \beta(re + re')$$

jika re' jauh lebih kecil dari re maka:

$$Z_{in(base)} = \beta \cdot re$$

1

$$Z_{in(stage)} = R1 \parallel R2 \parallel \beta \cdot re$$

$$V_{in} = \frac{Z_{in(stage)}}{R_g + Z_{in(stage)}} V_g$$

$$r_c = RC \parallel RL$$

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{ic \cdot r_c}{ie(re + re')}$$

karena $ie \approx ic$ maka:

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{r_c}{(re + re')}$$

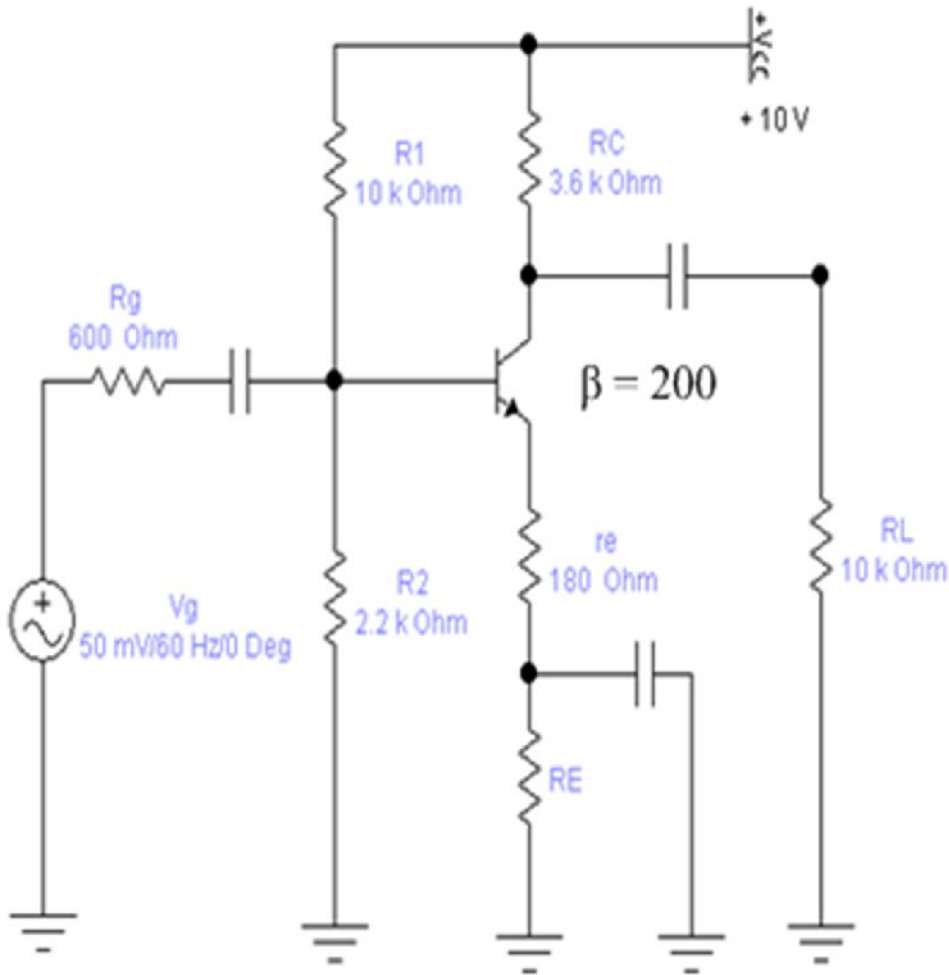
jika re' jauh lebih kecil dari re maka:

$$A = \frac{r_c}{re}$$

2

- Karena r_e' tidak tampak lagi, distorsi dari sinyal besar dapat dikurangi, jadi swamped amplifier memiliki tiga keuntungan:
 1. membuat stabil bati tegangan
 2. Meningkatkan impedansi masukan pada basis
 3. Mengurangi distorsi dari sinyal besar

Contoh soal 6:



$$Z_{in(base)} = \beta \cdot r_e = 200 \cdot (180) = 36K\Omega$$

$$Z_{in(stage)} = R1 \parallel R2 \parallel \beta \cdot r_e = 10K\Omega \parallel 2.2K\Omega \parallel 36K\Omega$$

$$Z_{in(stage)} = 1.71K\Omega$$

$$V_{in} = \frac{Z_{in(stage)}}{R_g + Z_{in(stage)}} V_g = \frac{1.71K\Omega}{600\Omega + 1.71K\Omega} 50mV$$

$$V_{in} = 37mV$$

$$r_c = RC \parallel RL = 3.6K\Omega \parallel 10K\Omega = 2.65K\Omega$$

$$A = \frac{r_c}{r_e} = \frac{2.65K\Omega}{180\Omega} = 14.7$$

$$V_{out} = A V_{in} = 14.7(37mV) = 544mV$$

Dari contoh soal 6, jika nilai re' dimasukkan dalam perhitungan:

$$V_b = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{cc} = \frac{22K\Omega}{22K\Omega + 10K\Omega} \times 10V = 1.8V$$

$$V_E = V_b - V_{be} = 1.8V - 0.7V = 1.1V$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.1V}{1K\Omega} = 1.1mA$$

$$re' = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{1.1mA} = 22.7\Omega$$

$$Z_{in(base)} = \beta(re + re') = 200.(180\Omega + 22.7\Omega)$$

$$Z_{in(base)} = 40.5K\Omega$$

$$Z_{in(stage)} = R_1 \parallel R_2 \parallel \beta.(re + re')$$

$$Z_{in(stage)} = 10K\Omega \parallel 2.2K\Omega \parallel 40.5K\Omega = 1.73K\Omega$$

$$V_{in} = \frac{Z_{in(stage)}}{R_g + Z_{in(stage)}} V_g = \frac{1.73K\Omega}{600\Omega + 1.73K\Omega} (50mV)$$

$$V_{in} = 37.1mV$$

$$rc = RC \parallel RL = 1.6K\Omega \parallel 10K\Omega = 2.65K\Omega$$

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{rc}{(re + re')} = \frac{2.65K\Omega}{(180\Omega + 22.7\Omega)}$$

$$A = 13.7$$

$$V_{out} = AV_{in} = 13.7(37.1mV) = 508.6mV$$

REFERENSI

- Buku Malvino, "Prinsip-Prinsip Elektronika" bab 10-11 analisis AC dan penguatan tegangan.