

BAB XI PENGUAT BERTINGKAT

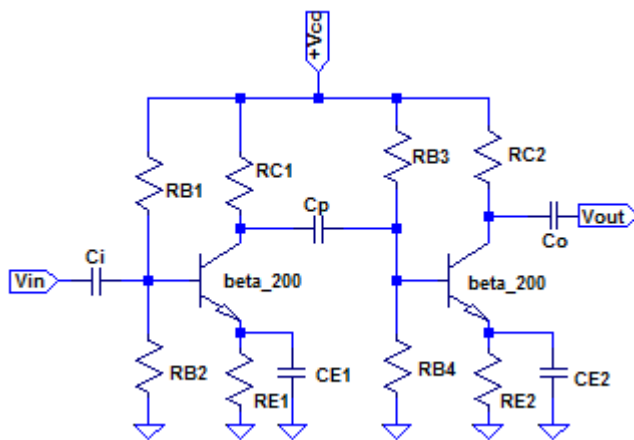
Sebuah penguat difungsikan untuk menguatkan sinyal input yang kecil menjadi sinyal output yang besar, tentunya sinyal output dijaga supaya tidak terjadi cacat (distorsi) sinyal baik bentuk maupun phasanya. Penguat tunggal mempunyai keterbatasan dalam hal penguatannya, tentunya untuk memperoleh penguatan yang lebih besar diperlukan penguat bertingkat. Penguat bertingkat dapat dilakukan dengan cara berderet seri (kaskade), berjajar paralel (kaskode), ataupun seri paralel (kaskade-kaskode).

Salah satu syarat untuk memperoleh penguatan yang besar dari sebuah penguat bertingkat adalah matching impedance (penyesuaian impedansi) antara penguat pertama dengan penguat kedua, penguat kedua dengan penguat ketiga, demikian seterusnya. Contohnya adalah impedansi output penguat pertama harus sama dengan impedansi input penguat kedua, dan selanjutnya.

Supaya terjadi matching impedance maka antar penguat dipasang kopling/penghubung seperti : kopling langsung, kopling RC, kopling RL, kopling trafo. Yang paling banyak digunakan adalah kopling RC karena praktis, ukuran kecil, lebih murah, dan dapat memblokir kerusakan pada penguat selanjutnya.

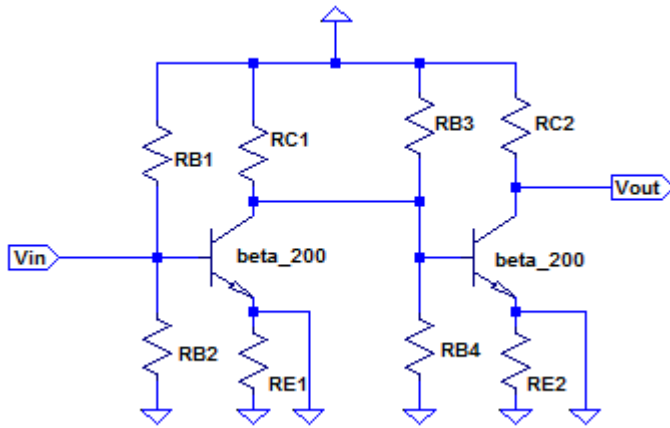
10.1 Penguat Kaskade

10.1.1 Penguat Kaskade dengan Transistor BJT

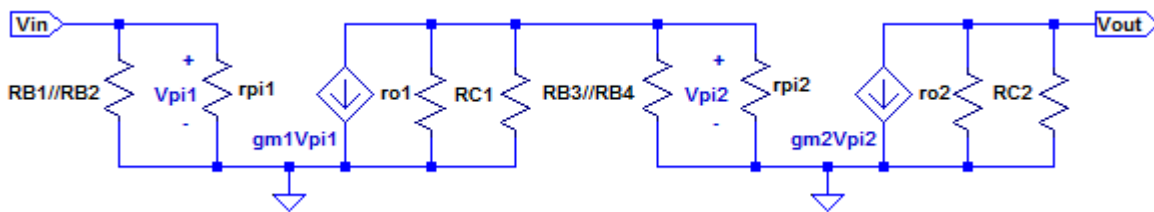


Rangkaian pengganti sinyal ac kecil BJT:

Semua kapasitor → hubungsingkat, sumber DC di non aktifkan → sumber tegangan (SC) dan sumber arus (OC)



Rangkaian pengganti sinyal ac kecil untuk BJT



$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_{out}}{V_{pi2}} \frac{V_{pi2}}{V_{pi1}} \frac{V_{pi1}}{V_{in}}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{pi2}} = -g_{m2}(r_{o2}R_{C2})$$

$$\frac{V_{pi2}}{V_{pi1}} = -g_{m1}(r_{pi2} || R_{B3} || R_{B4} || r_{o1} || R_{C1})$$

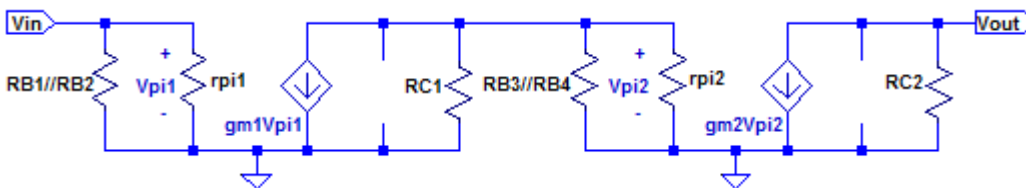
$$\frac{V_{pi1}}{V_{in}} = 1$$

Sehingga:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = g_{m2}(r_{o2}R_{C2})g_{m1}(r_{pi2} || R_{B3} || R_{B4} || r_{o1} || R_{C1})$$

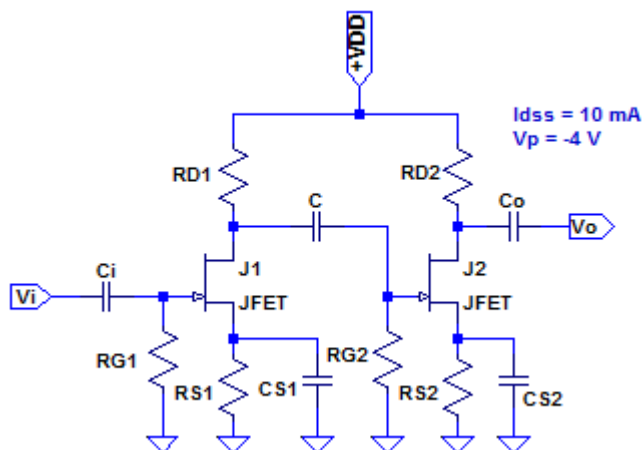
$$A_v = g_{m1}g_{m2}(r_{pi2} || R_{B3} || R_{B4} || r_{o1} || R_{C1})(r_{o2}R_{C2})$$

Jika $r_{o1} = r_{o2} = \infty$



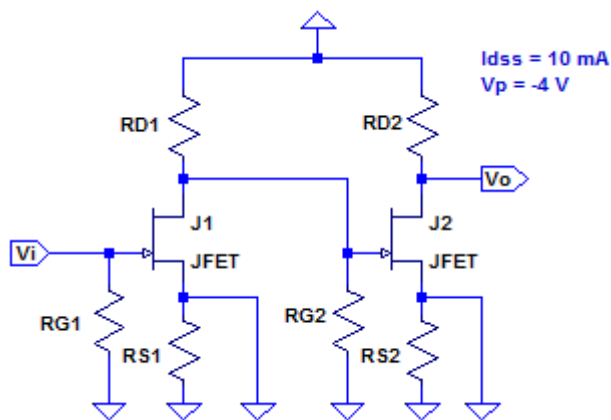
$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = g_{m1}g_{m2}(r_{pi2} || R_{B3} || R_{B4} || R_{C1})R_{C2}$$

10.1.2 Penguat Kaskade dengan Transistor FET

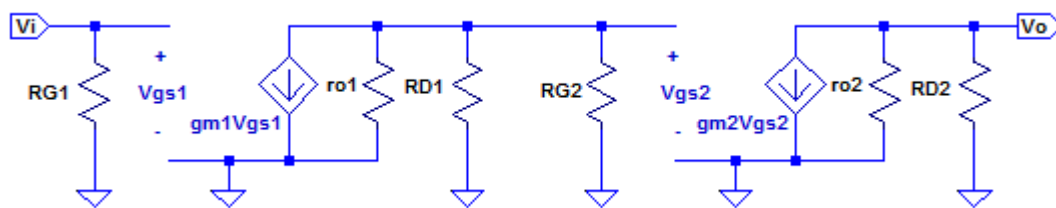


Rangkaian pengganti sinyal ac kecil untuk FET:

Semua kapasitor → hubungsingkat, sumber DC di non aktifkan → sumber tegangan (SC) dan sumber arus (OC)



Rangkaian pengganti sinyal ac kecil untuk FET



$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_{gs2}} \frac{V_{gs2}}{V_{gs1}} \frac{V_{gs1}}{V_i}$$

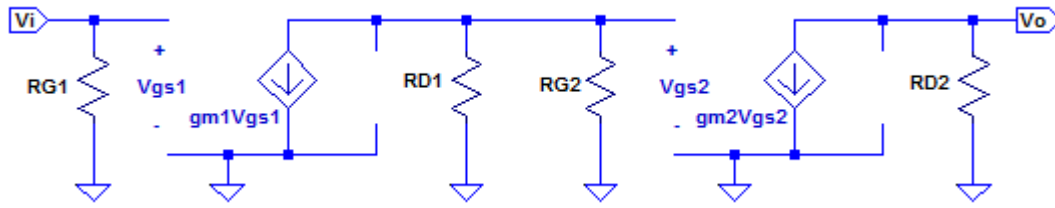
$$\frac{V_o}{V_{gs2}} = -g_{m2}(r_{o2} || R_{D2})$$

$$\frac{V_{gs2}}{V_{gs1}} = -g_{m1}(r_{o1} || R_{D1} || R_{G2})$$

$$\frac{V_{gs1}}{V_i} = 1$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = g_{m1}g_{m2}(r_{o1}||R_{D1}||R_{G2})(r_{o2}||R_{D2})$$

Jika $r_{o1} = r_{o2} = \infty$



$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_{gs2}} \frac{V_{gs2}}{V_{gs1}} \frac{V_{gs1}}{V_i}$$

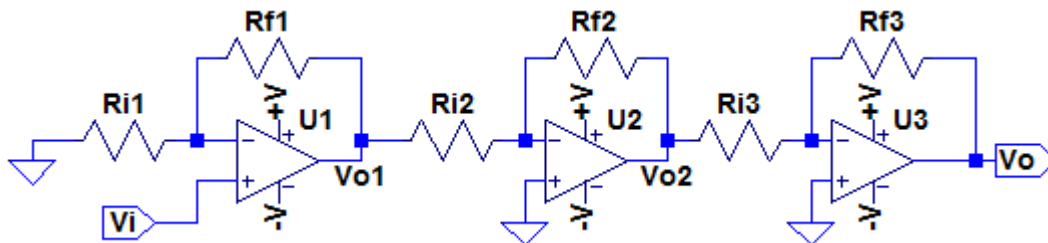
$$\frac{V_o}{V_{gs2}} = -g_{m2}R_{D2}$$

$$\frac{V_{gs2}}{V_{gs1}} = -g_{m1}(R_{D1}||R_{G2})$$

$$\frac{V_{gs1}}{V_i} = 1$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = g_{m1}g_{m2}(R_{D1}||R_{G2})R_{D2}$$

10.1.3 Penguat Kaskade dengan OpAmp



$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_{o2}} \frac{V_{o2}}{V_{o1}} \frac{V_{o1}}{V_i}$$

$$\frac{V_o}{V_{o2}} = -\frac{R_{f3}}{R_{i3}}$$

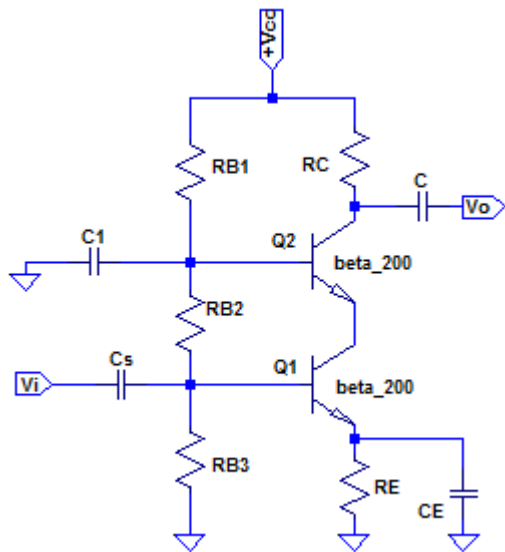
$$\frac{V_{o2}}{V_{o1}} = -\frac{R_{f2}}{R_{i2}}$$

$$\frac{V_{o1}}{V_i} = 1 + \frac{R_{f1}}{R_{i1}}$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_{f3}}{R_{i3}} \frac{R_{f2}}{R_{i2}} \left(1 + \frac{R_{f1}}{R_{i1}}\right)$$

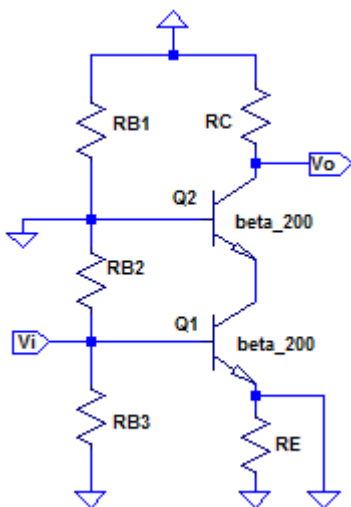
10.2 Penguat Kaskode

10.2.1 Penguat Kaskode dengan Transistor

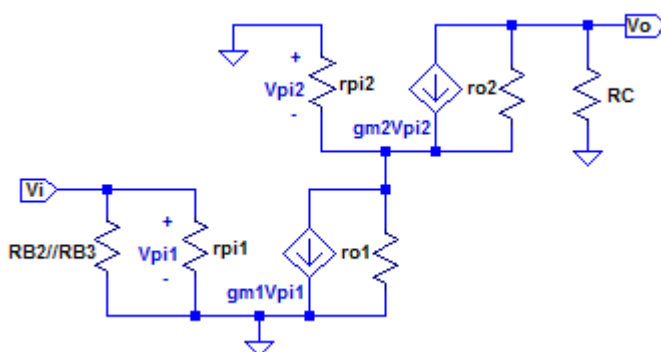


Rangkaian pengganti sinyal ac kecil BJT:

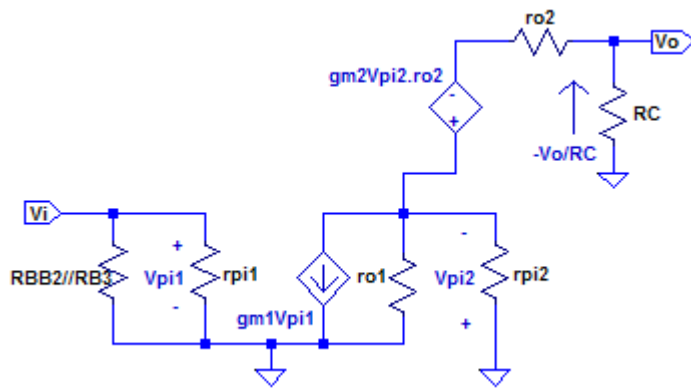
Semua kapasitor → hubungsingkat, sumber DC di non aktifkan → sumber tegangan (SC) dan sumber arus (OC)



Rangkaian pengganti sinyal ac kecil untuk BJT



Penyederhanaan:



$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_{pi2}} \frac{V_{pi2}}{V_{pi1}} \frac{V_{pi1}}{V_i}$$

$$\frac{V_o}{V_{pi2}} = - \left(\frac{R_C}{R_C + r_{o2}} \right) g_{m2} r_{o2}$$

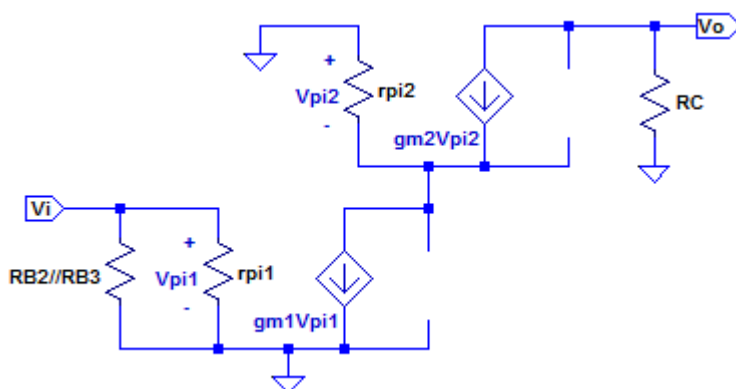
$$\frac{V_{pi2}}{r_{o1} \parallel r_{pi2}} - \frac{V_o}{R_C} = g_{m1} V_{pi1} \Rightarrow \frac{V_{pi2}}{r_{o1} \parallel r_{pi2}} + \left(\frac{R_C}{R_C + r_{o2}} \right) g_{m2} r_{o2} V_{pi2} = g_{m1} V_{pi1}$$

$$\frac{V_{pi2}}{V_{pi1}} = \frac{g_{m1}}{\frac{1}{r_{o1} \parallel r_{pi2}} + \left(\frac{R_C}{R_C + r_{o2}} \right) g_{m2} r_{o2}}$$

$$\frac{V_{pi1}}{V_i} = 1$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = - \left(\frac{R_C}{R_C + r_{o2}} \right) g_{m2} r_{o2} \frac{g_{m1}}{\frac{1}{r_{o1} \parallel r_{pi2}} + \left(\frac{R_C}{R_C + r_{o2}} \right) g_{m2} r_{o2}} = \frac{g_{m1}}{1 + \frac{R_C + r_{o2}}{g_{m2} r_{o2} (r_{o1} \parallel r_{pi2})} R_C}$$

Jika $r_{o1} = r_{o2} = \infty$



$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_{pi2}} \frac{V_{pi2}}{V_{pi1}} \frac{V_{pi1}}{V_i}$$

$$\frac{V_o}{V_{pi2}} = -g_{m2} R_C$$

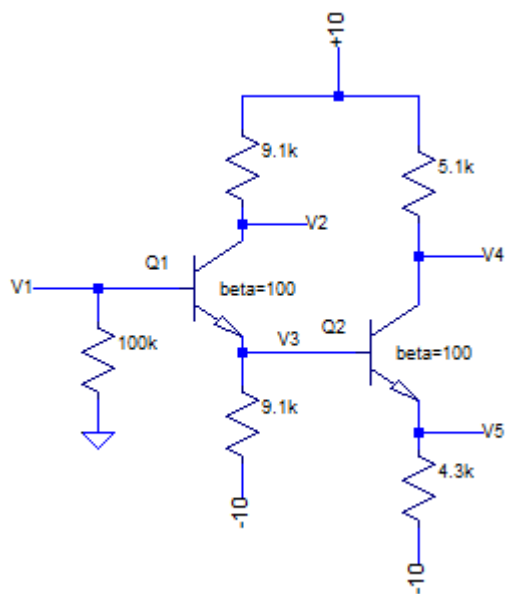
$$g_{m1}V_{pi1} = g_{m2}V_{pi2} + \frac{V_{pi2}}{r_{pi2}} \Rightarrow \frac{V_{pi2}}{V_{pi1}} = \frac{g_{m1}}{g_{m2} + \frac{1}{r_{pi2}}}$$

$$\frac{V_{pi1}}{V_i} = 1$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-g_{m1}g_{m2}R_{C2}}{g_{m2} + \frac{1}{r_{pi2}}}$$

Latihan Soal:

1. Tentukan



Jawaban :

Transistor Q₁ :

$$-10 + 9,1kI_{E1} + V_{BE1} + 100kI_{B1} = 0$$

$$I_{B1} = \frac{10 - 0,7}{100k + (1 + 100)9,1k} = 0,009126mA$$

$$I_{C1} = \beta_1 I_{B1} = 0,9126mA$$

$$I_{E1} = (1 + \beta_1) I_{B1} = 0,922mA$$

$$V_1 = 100kI_{B1} = 0,9126Volt$$

$$V_2 = 10 - 9,1kI_{E1} = 1,6122Volt$$

Transistor Q₂ :

$$10 - 9,1k(I_{C1} - I_{B2}) + V_{BE2} + 4,3kI_{E2} - 10 = 0$$

$$I_{B2} = \frac{9,1k \cdot 0,9126mA - 0,7}{9,1k + (1 + 100)4,3k} = 0,0172mA$$

$$I_{C2} = \beta_2 I_{B2} = 1,72mA$$

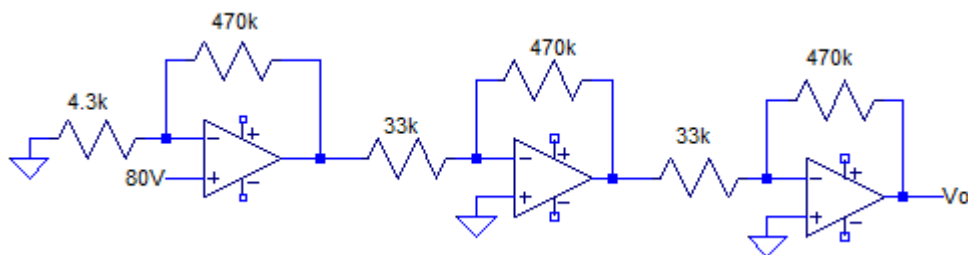
$$I_{E2} = (1 + \beta_2) I_{B2} = 1,7372mA$$

$$V_3 = 9,1k(I_{C1} - I_{B2}) - 10 = -1,852V$$

$$V_4 = 4,3kI_{E2} - 10 = -2,53V$$

$$V_5 = 10 - 5,1kI_{C2} = 1,228V$$

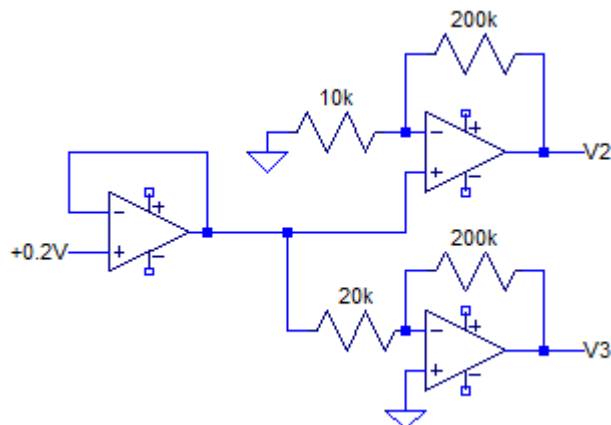
2. Tentukan



Jawaban:

$$V_o = \left(1 + \frac{470k}{4,3k}\right) 80V \left[-\frac{470k}{33k}\right] \left[-\frac{470k}{33k}\right] = 1,79V$$

3. Tentukan



Jawaban:

$$V_2 = -\frac{200k}{10k} 0,2 = -2V$$

$$V_3 = \left(1 + \frac{200k}{20k}\right) 0,2 = +4,2V$$