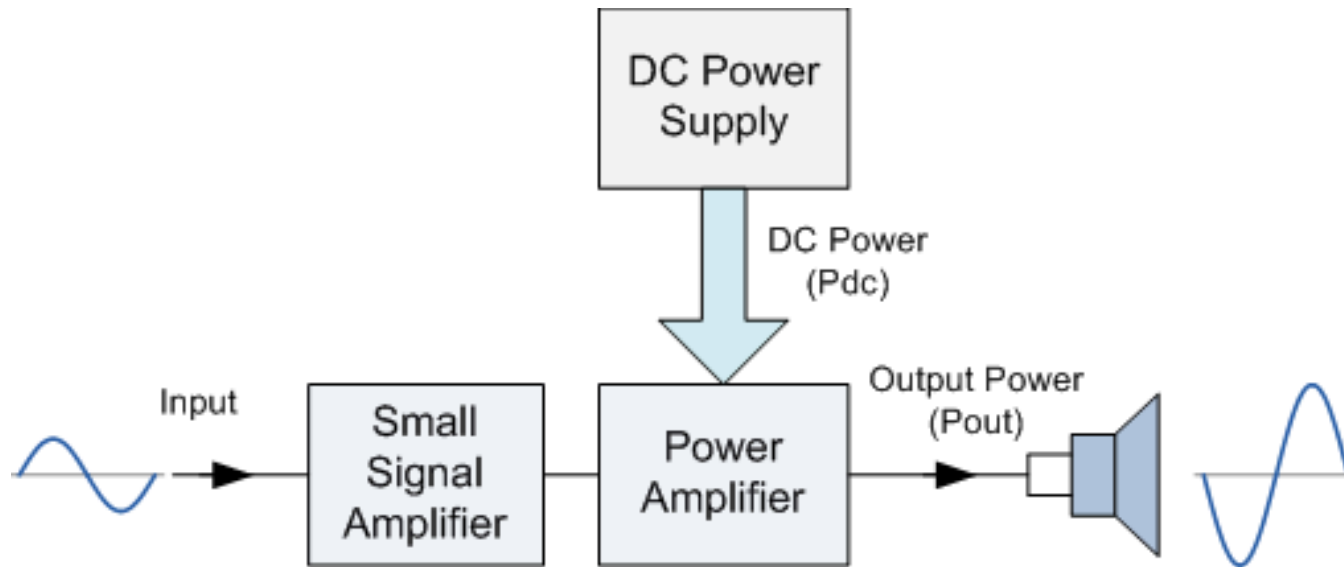


POWER AMPLIFIER



$$\eta\% = \frac{P_{OUT}}{P_{DC}} \times 100$$

dimana

$\eta\%$ - adalah efficiency .

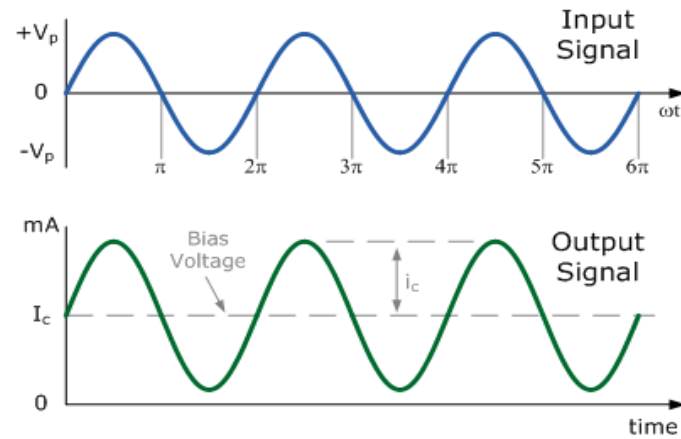
P_{out} - Daya output amplifiers pada beban.

P_{dc} - Daya DC dari power supply.

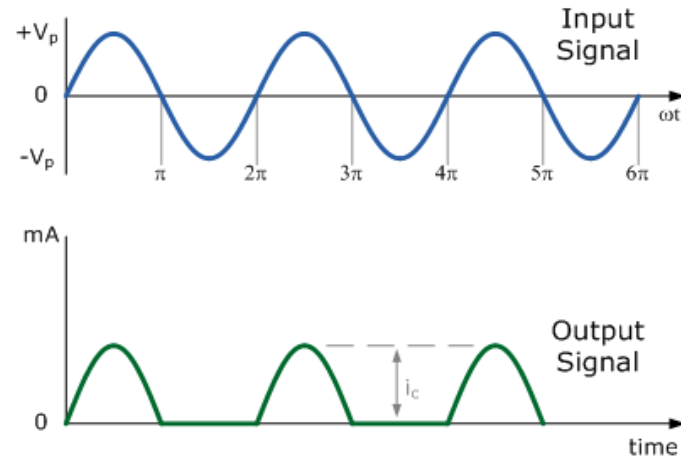
Klasifikasi Amplifier

- Tipe dari amplifier ditentukan oleh daya
- **Klas A** → Transistor beroperasi pada daerah aktive region
- **Klas B** → Transistor beroperasi hanya pada setengah sinyal input positif

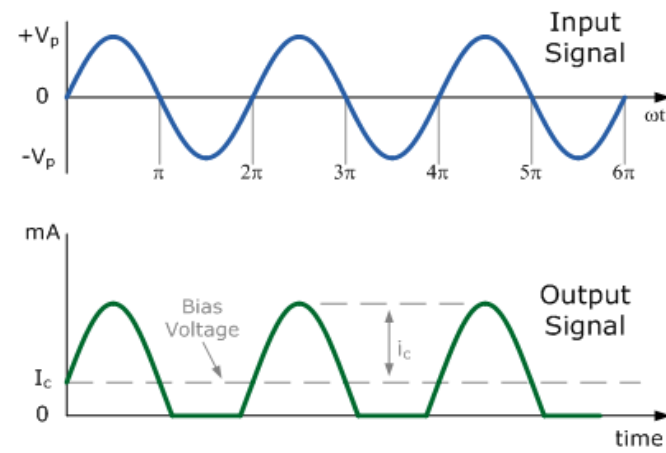
Class A Sinyal Output



Class B Sinyal Output



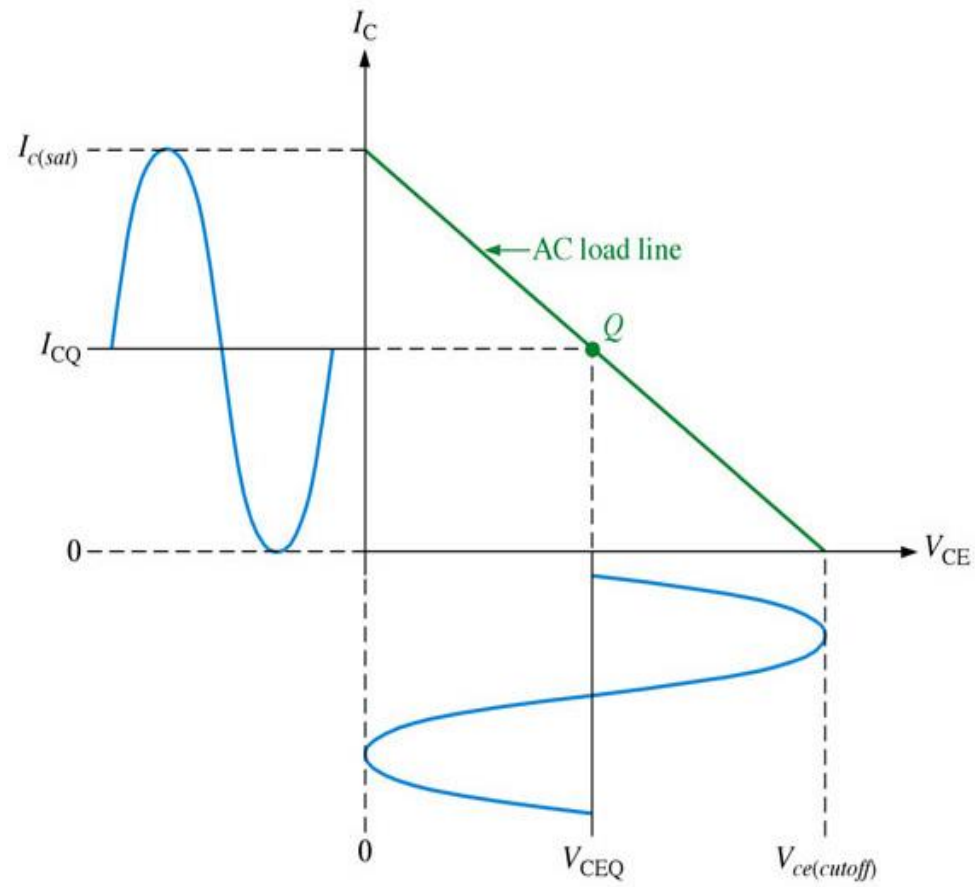
Class AB Sinyal Output



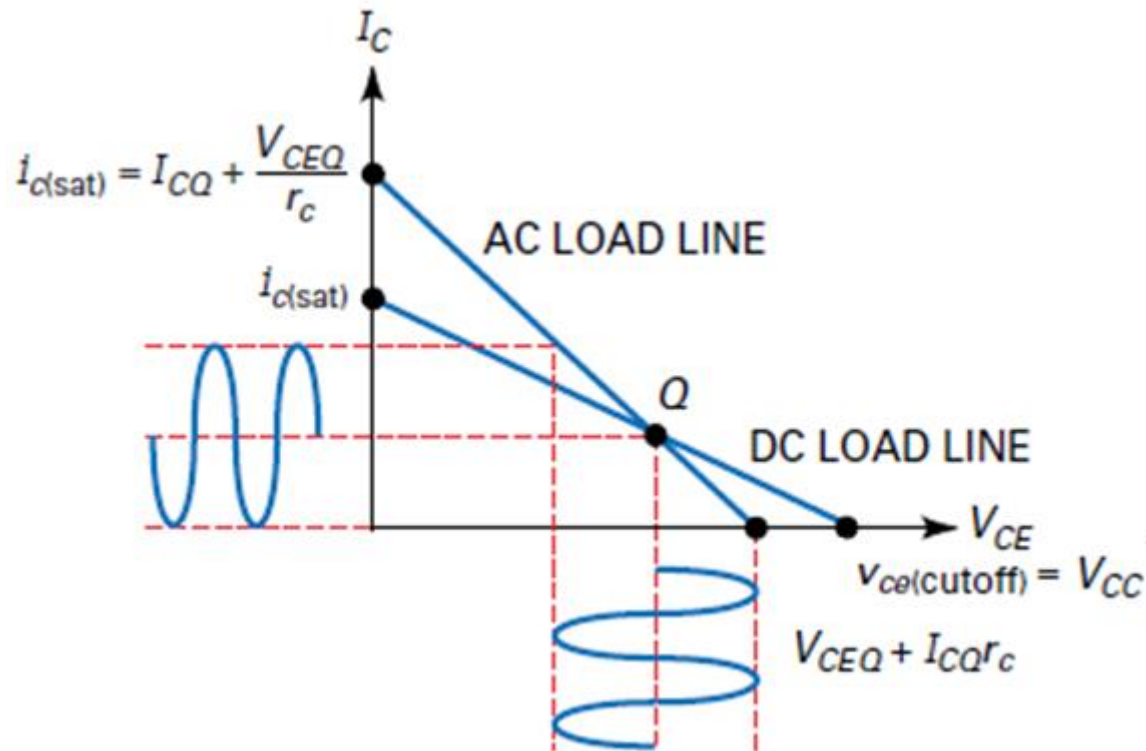
Pembagian klas pada Power Amplifier

Class	A	B	C	AB
Conduction Angle	Arus kolektor (I_c) bekerja selama 360° pada siklus ac	Arus kolektor (I_c) bekerja selama 180° pada $\frac{1}{2}$ siklus ac	Arus kolektor (I_c) bekerja kurang dari 90°	Arus kolektor (I_c) bekerja antara $180 - 360^\circ$
Posisi titik Q	Tengah garis beban	Pada sumbu X (pada posisi cut off)	Dibawah sumbu X	Berada antara sumbu X dan tengah garis beban
Efficiency	rendah, 25 - 30%	baik, 70 - 80%	Lebih tinggi 80%	Lebih baik dari class A tetapi dibawah class B 50 - 70%
Distorsi sinyal	Tidak ada jika pembiasannya tepat	Pada sumbu X Terdapat titik Crossover	besar	kecil

Klas A

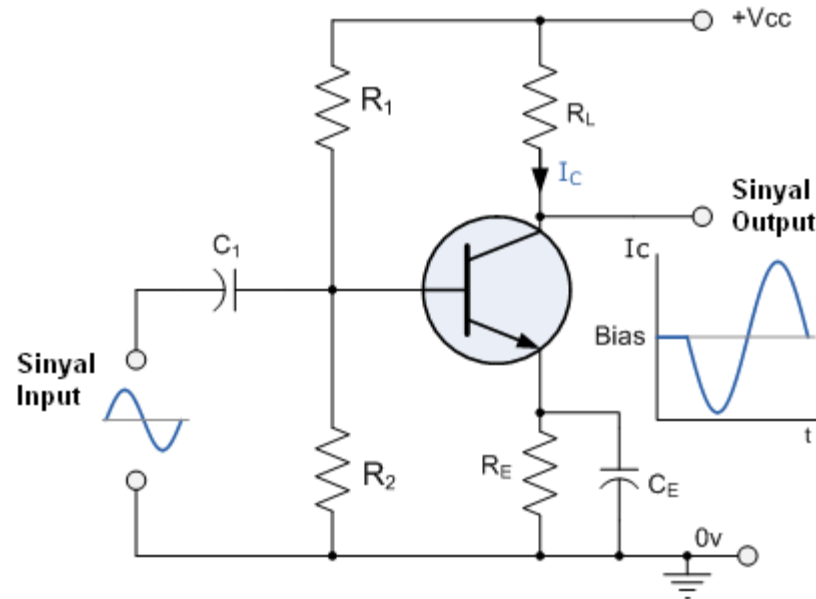


Class A Amplifier



↗ Ketika **Q-point** pada tengah garis beban AC → maximum class A.

1. Rangkaian Single-ended Amplifier



Class A Amplifier


DC power

Power Gain:

$$A_P = \frac{P_L}{P_{in}}$$

Power :

$$P = \frac{V^2}{R}$$


$$A_P = A_V^2 \frac{R_{in}}{R_L}$$

Class A Amplifier

a) Power DC

- Power dissipation dari amplifier tanpa sinyal input ($V_{in}=0$) yang berasal dari titik Q-point current & voltage:

$$P_{(DQ)} = V_{CEQ} I_{CQ}$$

- Arus pada power supply , $I_{CC} = I_{CQ}$ dan supply voltage $V_{CC} = 2V_{CEQ}$

$$P_{DC} = I_{CC} V_{CC} = 2I_{CQ} V_{CEQ}$$

Class A Amplifier

b) Output power, (power pada beban /load)

$$V_{C(\max)} = I_{CQ} R_C ; \quad \text{Nilai rms : } 0.707 V_{C(\max)}$$

$$I_{C(\max)} = \frac{V_{CEQ}}{R_C} ; \quad \text{Nilai rms : } 0.707 I_{C(\max)}$$

Maximum power output pada class A amp:

$$P_{out(\max)} = (0.707 I_C)(0.707 V_C)$$

$$P_{out(\max)} = 0.5 I_{CQ} V_{CEQ}$$

Efficiency

$$P_{DC} = I_{CC}V_{CC} = 2I_{CQ}V_{CEQ}$$

$$P_{out(\max)} = 0.5I_{CQ}V_{CEQ}$$

• **Maximum efficiency untuk class A amplifier**

$$\% \eta(\max) = \frac{P_{out}}{P_{DC}} = \frac{0.5I_{CQ}V_{CEQ}}{2I_{CQ}V_{CEQ}} = 0.25 = 25\%$$

Contoh

Hitung input power [$P_i(dc)$], output power [$P_o(ac)$], dan efficiency [η] dari amplifier untuk tegangan input yang dihasilkan oleh arus basis sebesar 10mA peak.

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{20V - 0.7V}{1k\Omega} = 19.3mA$$

$$I_{CQ} = \beta I_B = 25(19.3mA) = 482.5mA \cong 0.48A$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_C R_C = 20V - (0.48A)(20\Omega) = 10.4V$$

$$I_{c(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20V}{20\Omega} = 1000mA = 1A$$

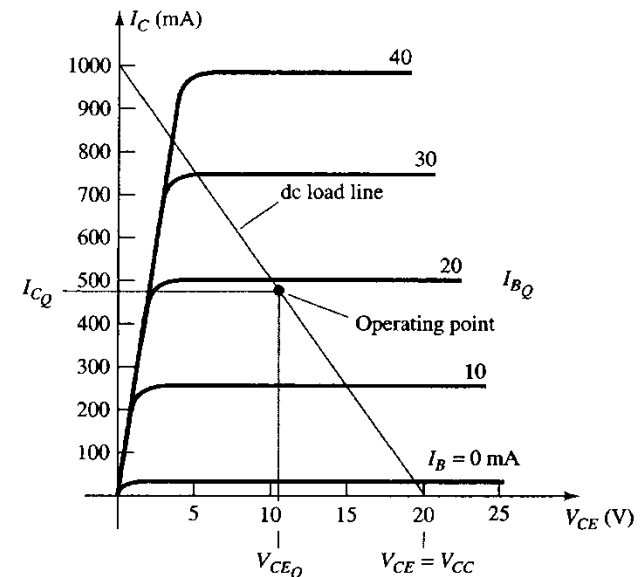
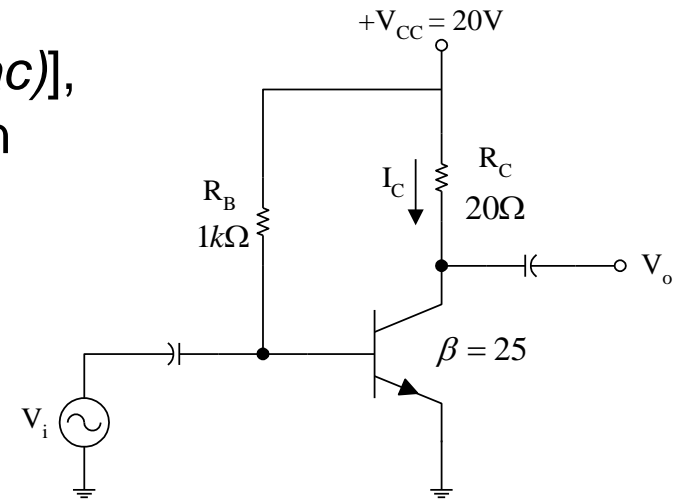
$$V_{CE(cutoff)} = V_{CC} = 20V$$

$$I_{C(peak)} = \beta I_{b(peak)} = 25(10mA \text{ peak}) = 250mA \text{ peak}$$

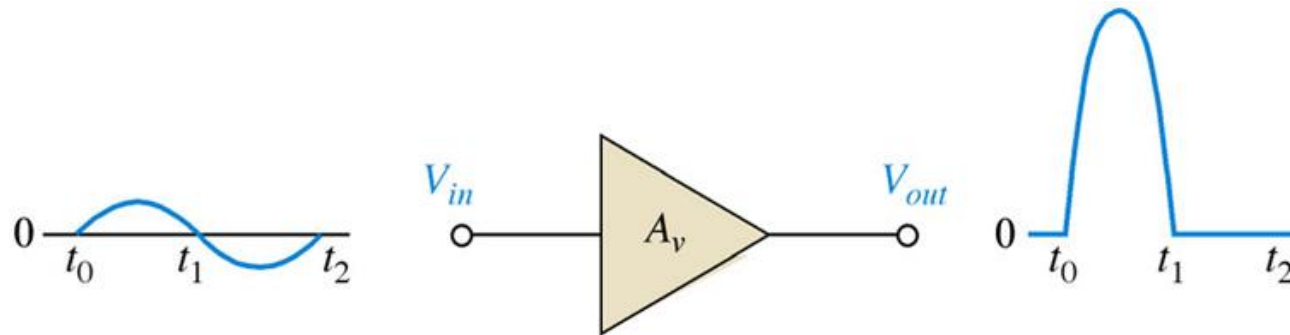
$$P_{o(ac)} = \frac{I_{C(peak)}^2}{2} R_C = \frac{(250 \times 10^{-3} A)^2}{2} (20\Omega) = 0.625W$$

$$P_{i(dc)} = V_{CC} I_{CQ} = (20V)(0.48A) = 9.6W$$

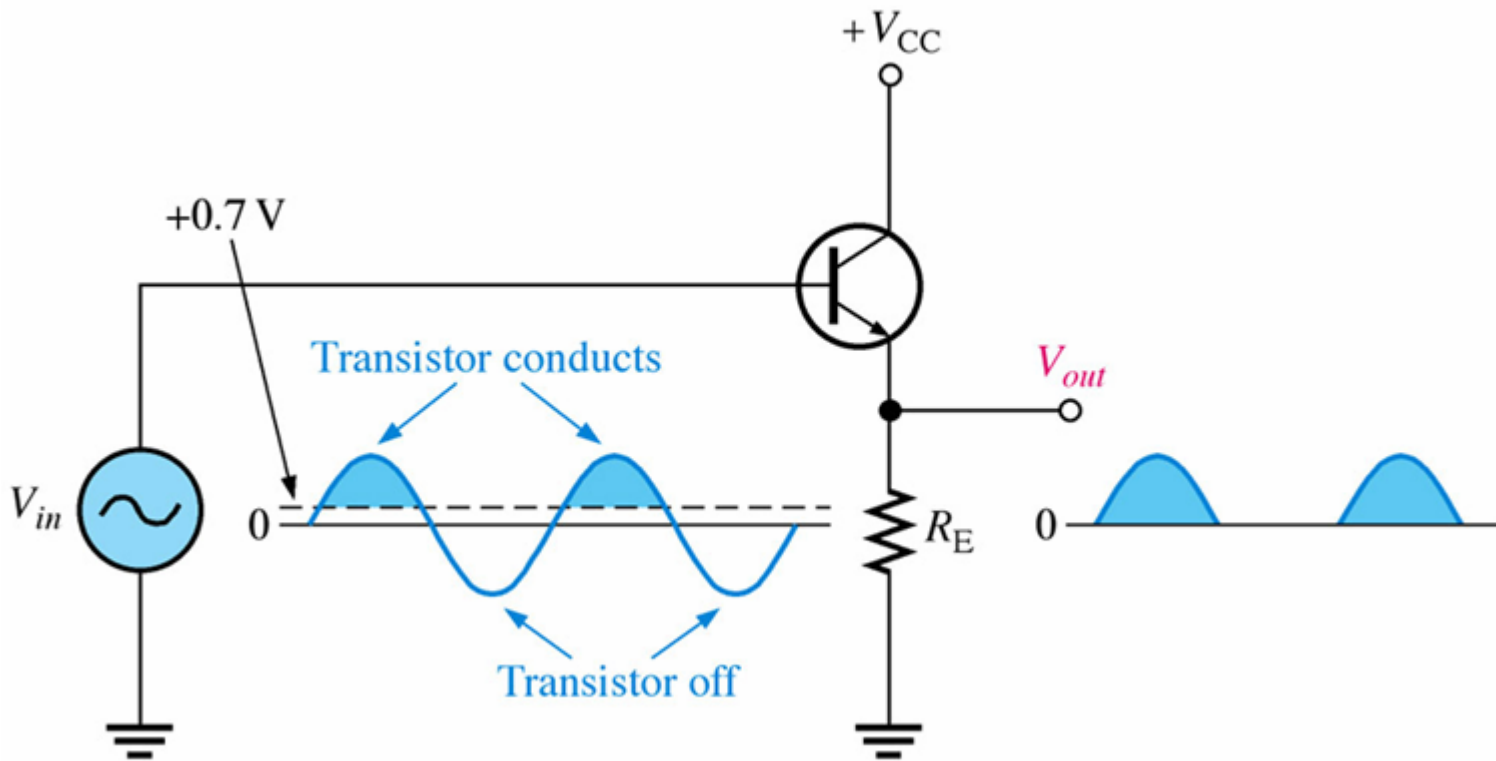
$$\eta = \frac{P_{o(ac)}}{P_{i(dc)}} \times 100\% = 6.5\%$$



Operasi Klas B



- Untuk klas B, titik Q berada pada titik **cutoff** ($I_{CQ}=0$ and $V_{CEQ}=V_{CE\ cutoff}$) sehingga transistor tidak konduksi tanpa aplikasi sinyal ac
- Ketika sinyal ac diaplikasikan transistor menjadi konduksi pada setengah siklus sinyal ac



- Pada kondisi cutoff maka operasi transistor hanya menghasilkan setengah siklus ac dan tidak ada pergeseran fase saat konduksi

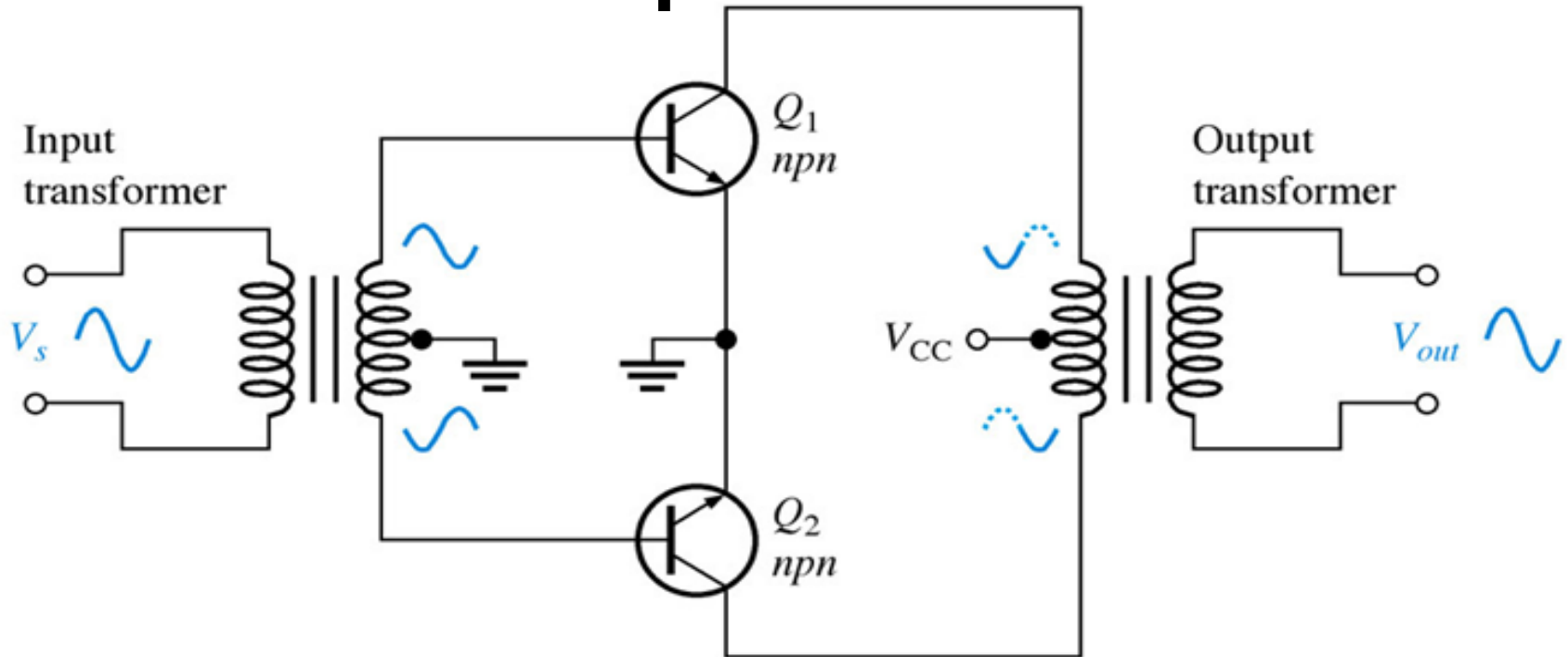
Klas B Push-Pull Amplifiers

- Untuk membuat amplifier **satu gelombang penuh (Full cycle)** dua amplifier klas B dihubungkan bersama dalam **Konfigurasi push-pull**.
- Setiap transistor **konduksi setengah siklus untuk** menjadikan output yang **satu gelombang penuh (Full cycle)**

Klas B Push-Pull Amplifiers

- Dua metode menggunakan push-pull amplifier
 - i. Transformer Coupling
 - ii. Complementary Symmetry Transistor

Transformer-Coupled Push-Pull Class B Amplifier



- **Transformer center-tapped pada input menghasilkan polaritas yang berlawanan pada kedua input transistor**
- **Transformer center-tapped transformer pada output mengkombinasi dua sinyal setengah gelombang bersama-sama menjadi satu gelombang penuh**

Efisiensi Klas B

Arus pada beban $I_{PL} = (N_p / N_s) I_P$

Dimana N_p / N_s = rasio antara 1/2 lilitan primer dan lilitan sekunder pada trafo

Tegangan peak pada beban $V_{PL} = (N_p / N_s) V_P$

Karena tegangan dan arus beban adalah sinusoidal ,
maka rata-rata daya yang sampai ke beban :

$$P_L = \frac{V_{PL} I_{PL}}{2} = \frac{(N_p / N_s) V_P (N_p / N_s) I_P}{2} = \frac{V_P I_P}{2}$$

Arus pada power supply merupakan gelombang dari full wave rectifier dengan nilai peak I_p . Sehingga arus DC Atau rata-rata adalah : $2I_p / \pi$

Sehingga daya pada power supply adalah

$$P_{dc} = \frac{2I_p V_{CC}}{\pi}$$

Efisiensi : $\eta = \frac{P_L}{P_{dc}} \times 100\%$

$$\eta = \frac{P_L}{P_{dc}} \times 100\%$$

$$= \frac{(V_P I_P) / 2}{(2 I_P V_{CC}) / \pi} = \frac{\pi V_P}{4 V_{CC}}$$

Pada kondisi maksimum $V_p = V_{CC}$, sehingga

$$\eta(\text{max}) = \frac{\pi}{4} \times 100\% = 78,5\%$$

→ Nilai efisiensi pada klas B Push-pull lebih tinggi dibandingkan klas A

Daya Dissipasi :

$$P_d = \frac{2I_p V_{CC}}{\pi} - \frac{V_p I_p}{2}$$

Nilai P_d akan maksimum ketika $V_p = 2V_{CC}/\pi = 0,636 V_{CC}$

Contoh :

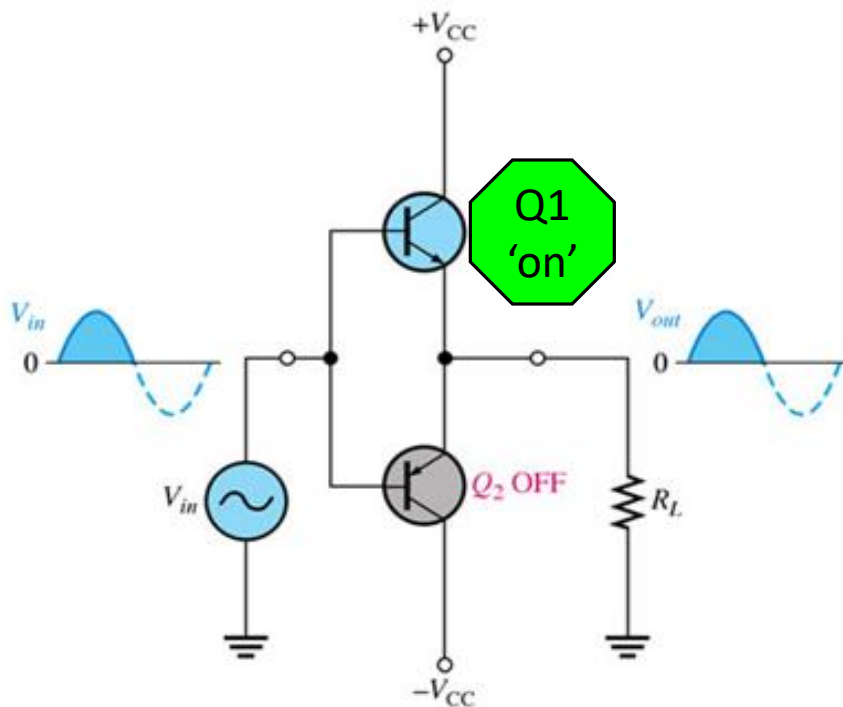
Penguat klas B puss-pull yang dicoupled oleh transformator memiliki $V_{cc}=20\text{ V}$ dan $R_L=10\text{ }\Omega$. Jumlah lilitan primer adalah 100 dan lilitan sekunder adalah 50. Asumsikan bahwa transformator memiliki Resistansi nol.

Tentukan :

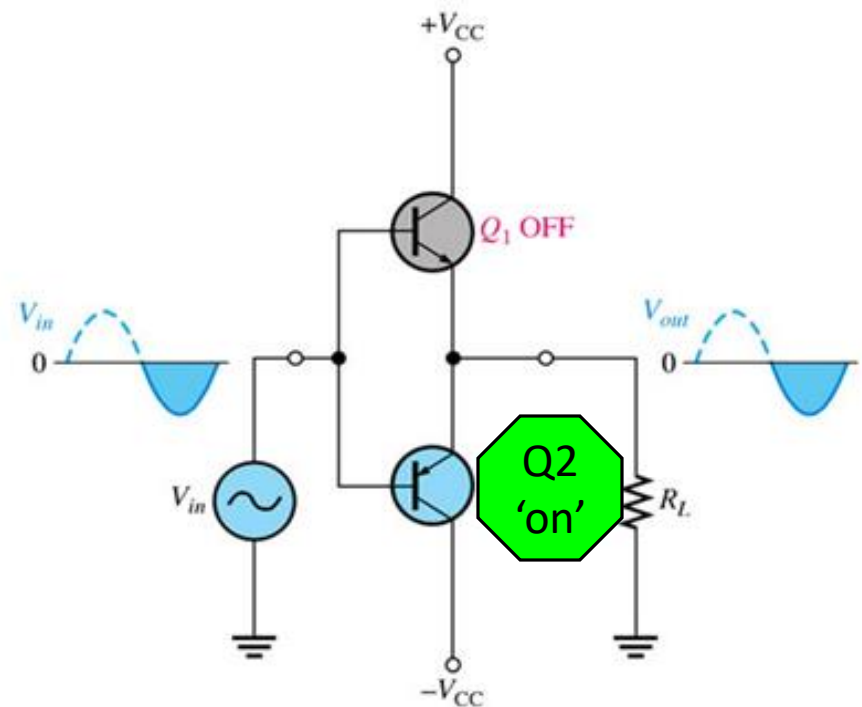
- a. Daya maksimum yang dapat sampai ke beban
- b. Power dissipasi pada setiap transistor ketika daya maksimum sampai ke beban.
- c. Tentukan daya yang sampai ke beban dan daya pada setiap transistor ketika daya dissipasi transistor maksimum
- d. Efisiensi

Complementary Symmetry Transistors untuk Push-Pull Class B

- Metode Komplementari menggunakan transistor npn dan pnp yang akan konduksi pada siklus input berlawanan.



(a) During a positive half-cycle



(b) During a negative half-cycle

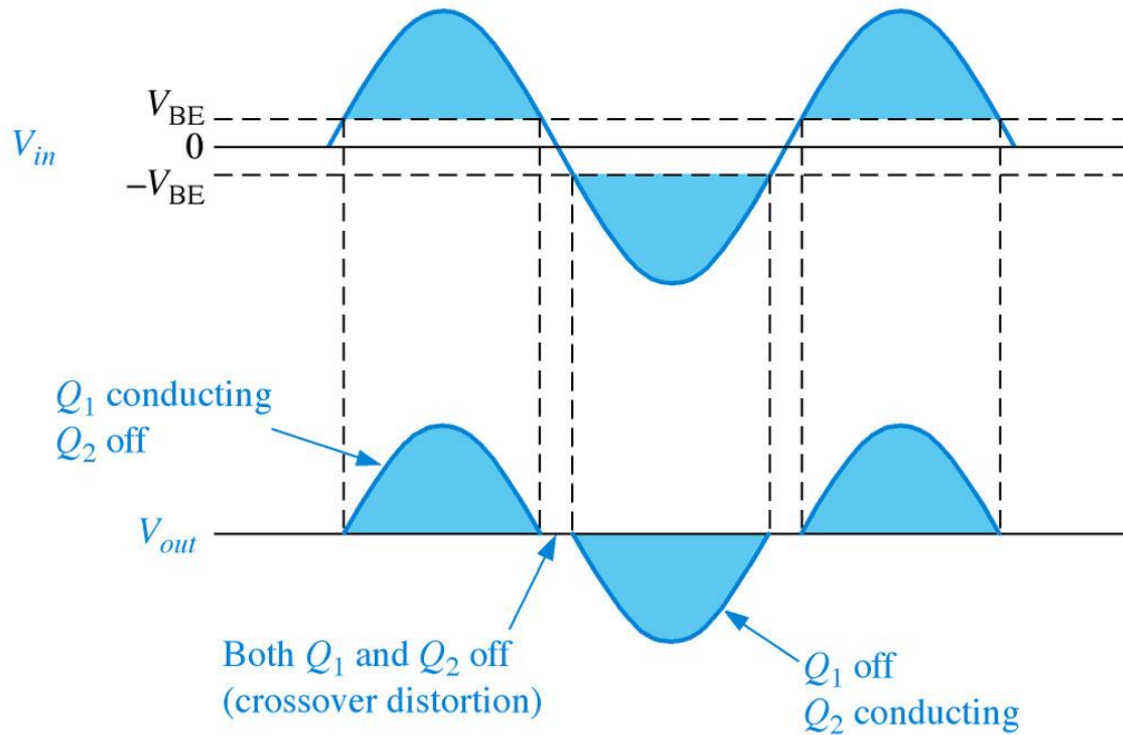
Kerugian of Class B Push-Pull Amplifiers

- Ketika input $dc=0$ V, kedua transistor off , sinyal input akan mencapai **junction voltage** (V_{BE}) sebelum transistor konduksi
- Sehingga, terdapat interval waktu antara +ve & -ve dari input

Kasus ini menimbulkan **crossover distortion** pada sinyal output

Kerugian

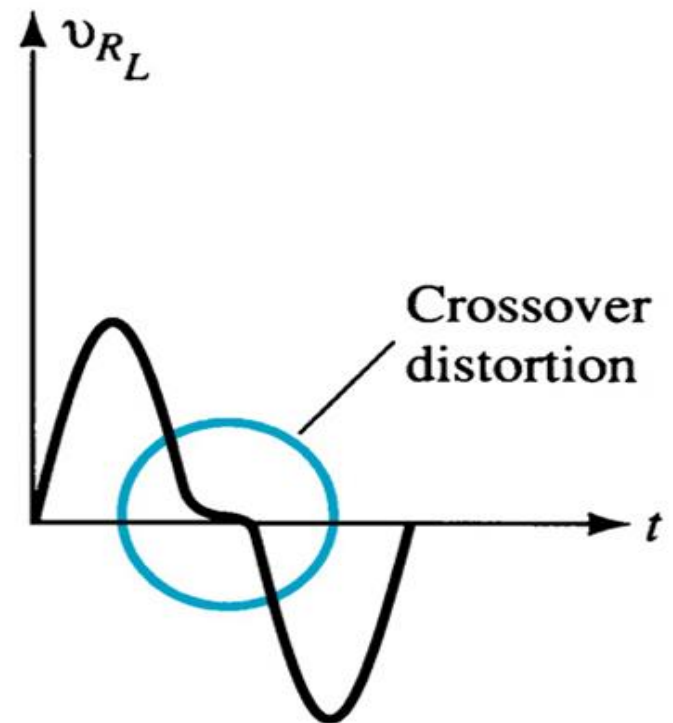
Class B Push-Pull Amplifiers



Rangkaian Class B Amplifier

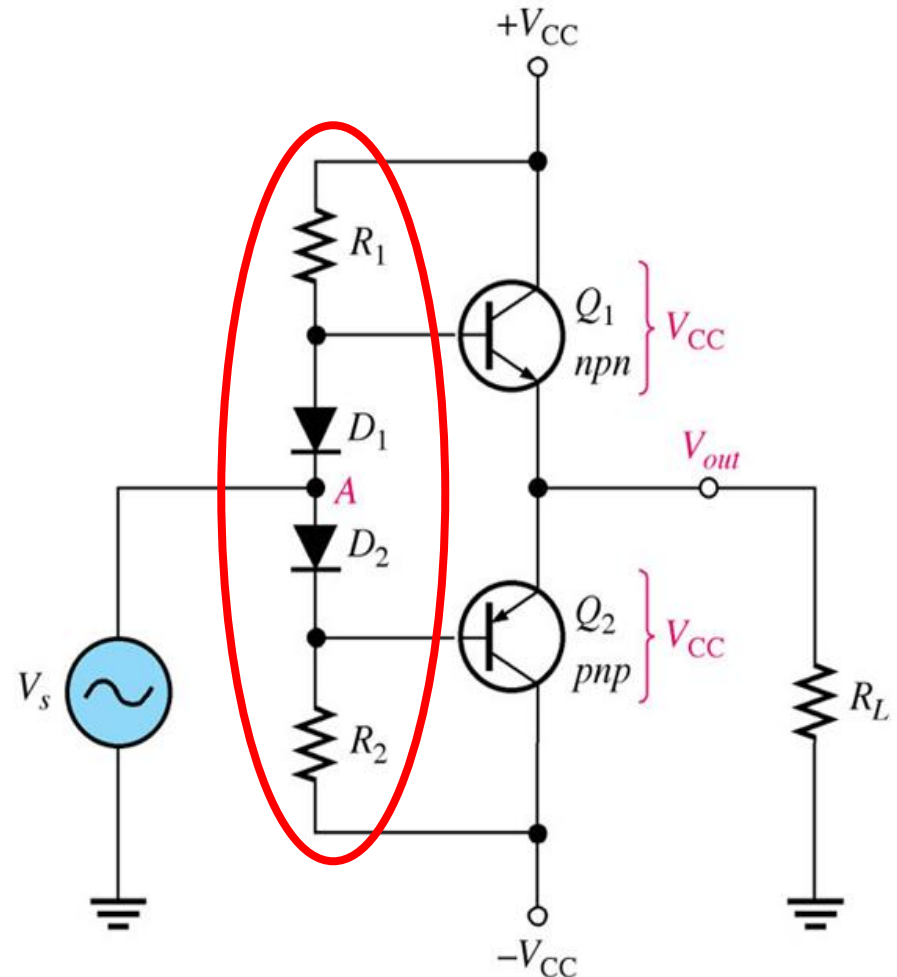
Crossover Distortion

- Jika transistors Q1 dan Q2 off atau off pada saat yang bersamaan akan menghasilkan gap pada tegangan output.
- Masalah ini dapat diatasi menggunakan penguat klas AB .



Class AB Push-Pull Amplifiers

- Untuk menghindari adanya distortion pada amplifier klas B, transistors dapat langsung dibias diatas V_{BE}
- Amplifier jenis ini disebut sebagai **Klas AB** amplifier.
- Voltage divider dan diode digunakan disini.



Class AB Push-Pull Amplifiers

- Ketika karakteristik dioda D1 & D2 sesuai dengan transistor base-emitter junction, arus pada dioda dan arus pada transistor akan sama yang disebut **current mirror**.
- Asumsikan kedua diode dan transistor adalah identik :

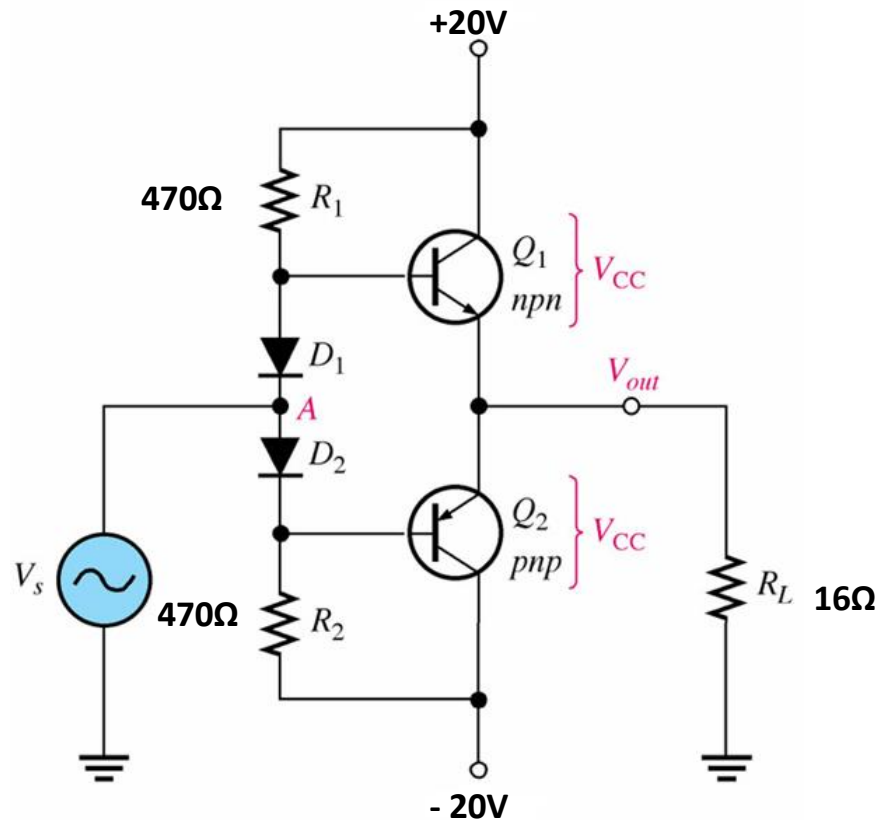
$$\text{➤ } V_{D1} = V_{BE(Q1)} \text{ \& } V_{D2} = V_{BE(Q2)}$$

$$\text{➤ } I_D = I_{CQ}$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - 0.7V}{R_1} \quad I_{c(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_L} \quad V_{out(peak)} \cong V_{CEQ} \cong V_{CC}$$

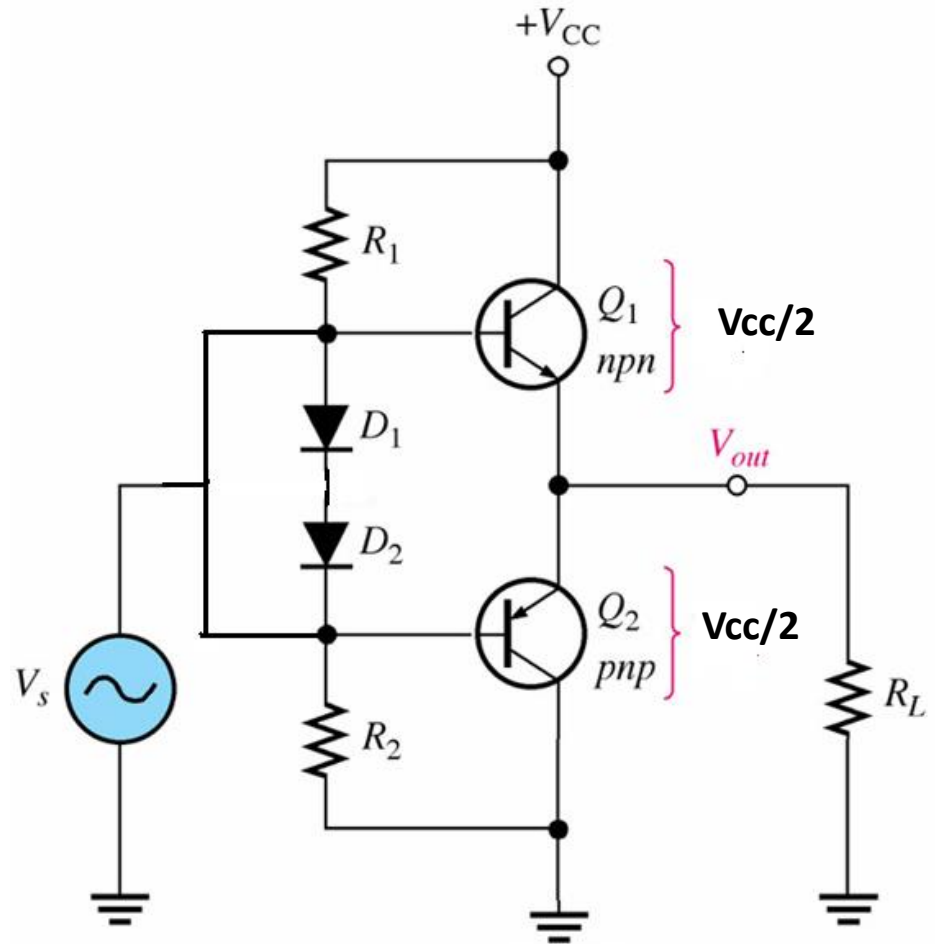
Contoh

Tentukan tegangan output ideal maximum peak dan arus yang ditunjukkan dibawah ini . (Jawab 20V, 1.25A)



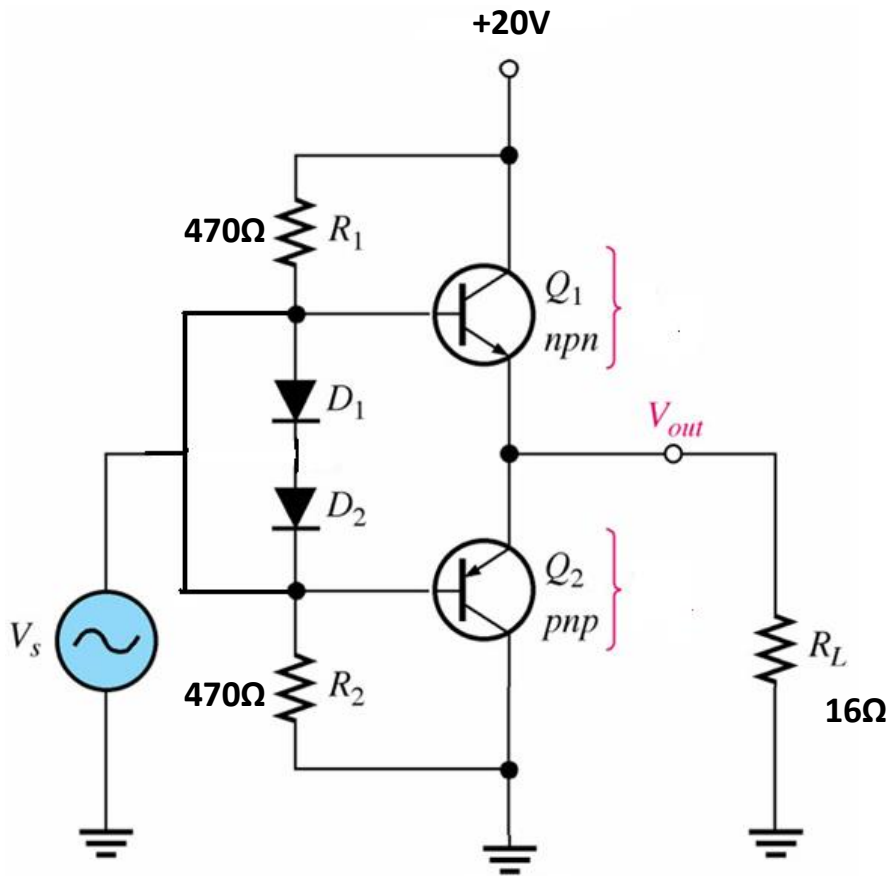
Single-Supply Push-Pull Amplifiers

- Rangkaian beroperasi sama dengan operasi pada double supply.
- Tegangan output emitor diset menjadi $V_{CC}/2$



Contoh :

Tentukan tegangan output ideal maximum peak dan arus yang ditunjukkan dibawah ini . (Jawab 10V, 625 mA)



Class B/AB Amplifier

Maximum Output Power

$$P_{out} = I_{out(rms)} V_{out(rms)}$$

$$I_{out(rms)} = 0.707 I_{out(peak)} = 0.707 I_{c(sat)}$$

$$V_{out(rms)} = 0.707 V_{out(peak)} = 0.707 V_{CEQ}$$

$$P_{out} = 0.5 I_{c(sat)} V_{CEQ}$$

$$V_{CEQ} = \frac{V_{CC}}{2}$$

$$P_{out} = 0.25 I_{c(sat)} V_{CC}$$

Class B/AB Amplifier

DC Input Power

$$P_{DC} = I_{CC} V_{CC}$$

$$I_{CC} = \frac{I_{c(sat)}}{\pi}$$

$$P_{DC} = \frac{I_{c(sat)} V_{CC}}{\pi}$$

Class B/AB Amplifier

Efficiency

$$\text{efficiency, } \eta = \frac{P_{out}}{P_{DC}}$$

$$\eta_{\max} = \frac{P_{out}}{P_{DC}}$$

$$= \frac{0.25 I_{c(sat)} V_{CC}}{\frac{I_{c(sat)} V_{CC}}{\pi}} = 0.25\pi$$

$$\eta_{\max} = 0.79 = 79\%$$

Class B/AB Amplifier

Input Resistance

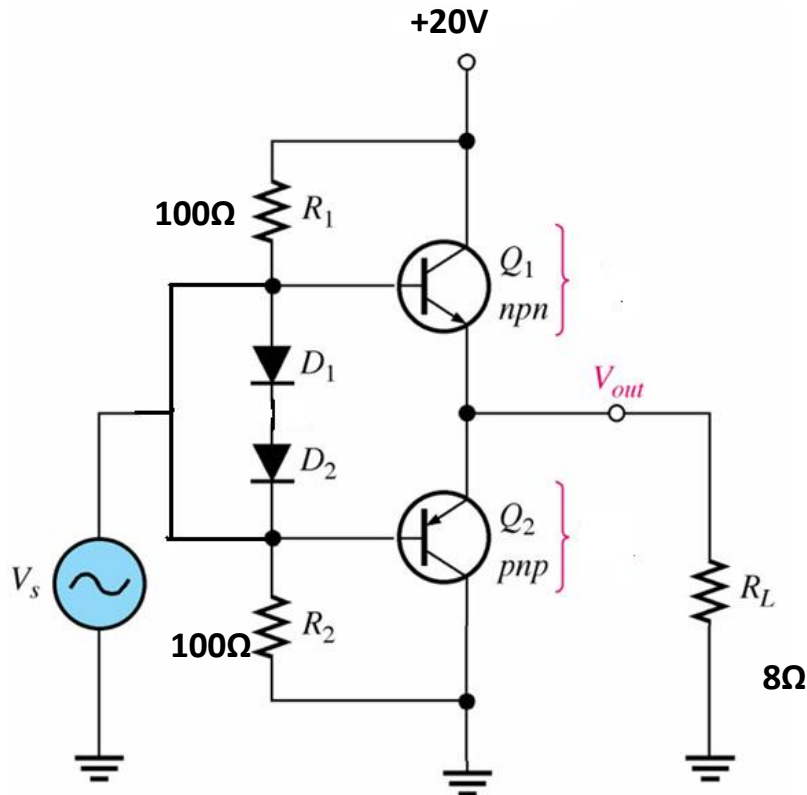
$$R_{in} = \beta_{ac} (r'_e + R_E)$$

$$R_E = R_L$$

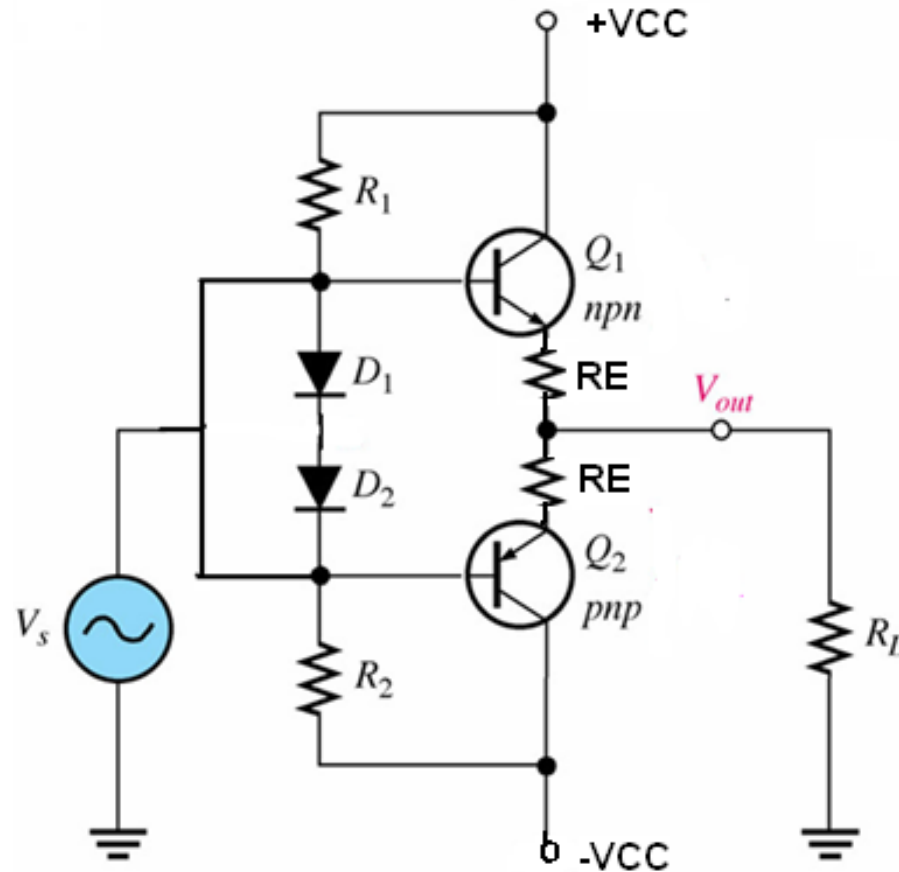
$$R_{in} = \beta_{ac} (r'_e + R_L)$$

Contoh :

Tentukan maksimum daya output ac dan daya input dc dari amplifier berikut. Tentukan juga resistansi input jika $\beta_{ac}=50$ dan $r_e'=6\Omega$ (Jawab : 6.25W, 7.96W, 700 Ω)



Parallel Emitter Class AB Push-Pull Amplifiers



Arus peak beban

$$I_{PL} = \frac{V_p}{R_L + R_E}$$

Daya ac pada beban :

$$P_L = \frac{I_{PL}^2 R_L}{2} = \frac{V_p^2 R_L}{2(R_L + R_E)^2}$$

Rata-rata arus pada supply :

$$I_{dc}(avg) = \frac{V_p}{\pi(R_L + R_E)}$$

Rata-rata daya dari supply :

$$P_{dc} = V_{CC} I_{dc}(avg) = \frac{V_{CC} V_p}{\pi(R_L + R_E)}$$

Effisiensi

$$\eta = \frac{P_L}{P_{dc}} \times 100\%$$
$$= \frac{\pi}{2} \left(\frac{R_L}{R_L + R_E} \right) \left(\frac{V_p}{V_{CC}} \right) \times 100\%$$

Effisiensi maksimum ketika $V_p = V_{CC}/2$

$$\eta(\text{max}) = \frac{\pi}{2} \left(\frac{R_L}{R_L + R_E} \right) \left(\frac{V_{CC}/2}{V_{CC}} \right) \times 100\%$$
$$= \frac{\pi}{4} \left(\frac{R_L}{R_L + R_E} \right) \times 100\%$$

Effisiensi akan bertambah jika R_E bertambah. Jika $R_E = 0$, efisiensi maksimum yang muncul adalah 78,5 %