

Câu 4: Cho mạch khuếch đại tín hiệu như hình vẽ. Giả sử các tụ có giá trị rất lớn. BJT có $\beta = 100$ và $V_A = \infty$.

a) Tìm điểm hoạt động Q của BJT.

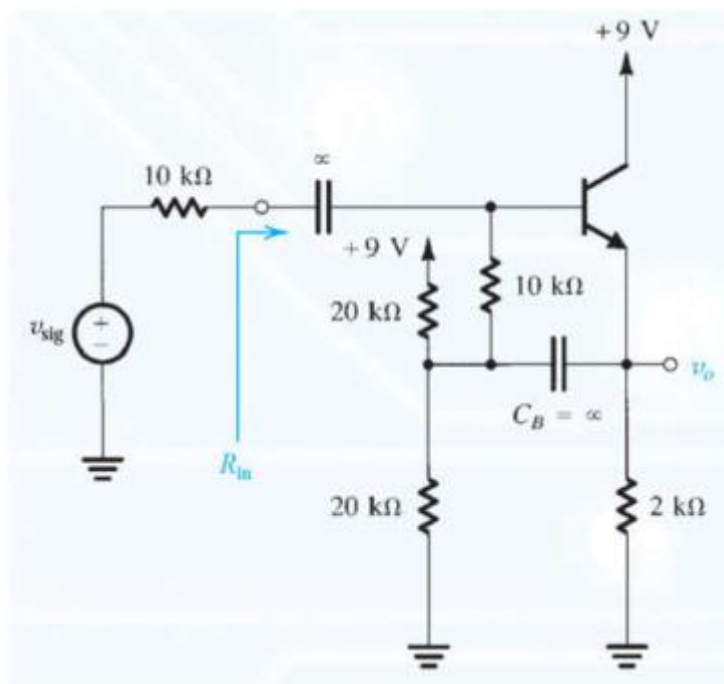
Đặt $v_s = V_m \sin(\omega t)$ vào mạch. Ngõ ra nối với tải $R_L = 1 \text{ k}\Omega$.

b) Tìm A_{vo} , G_v , R_i , R_o của mạch.

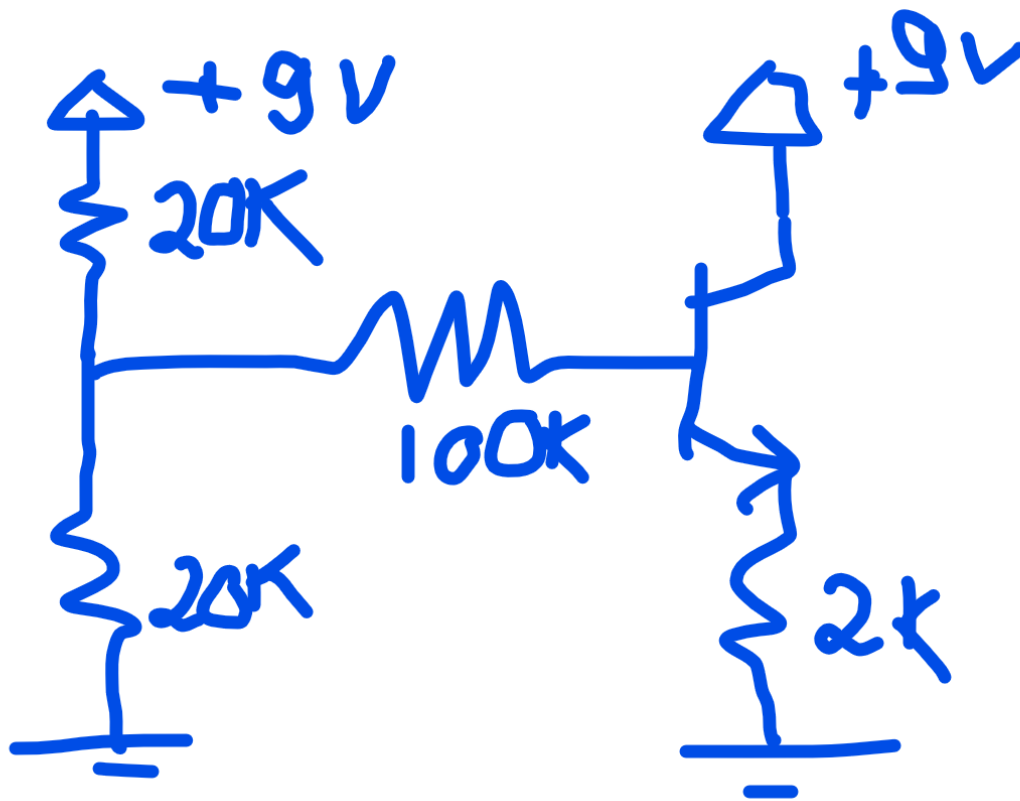
c) Bỏ tụ C_B ra khỏi mạch. Lập lại câu a và b.

Từ đó, nêu vai trò của tụ C_B .

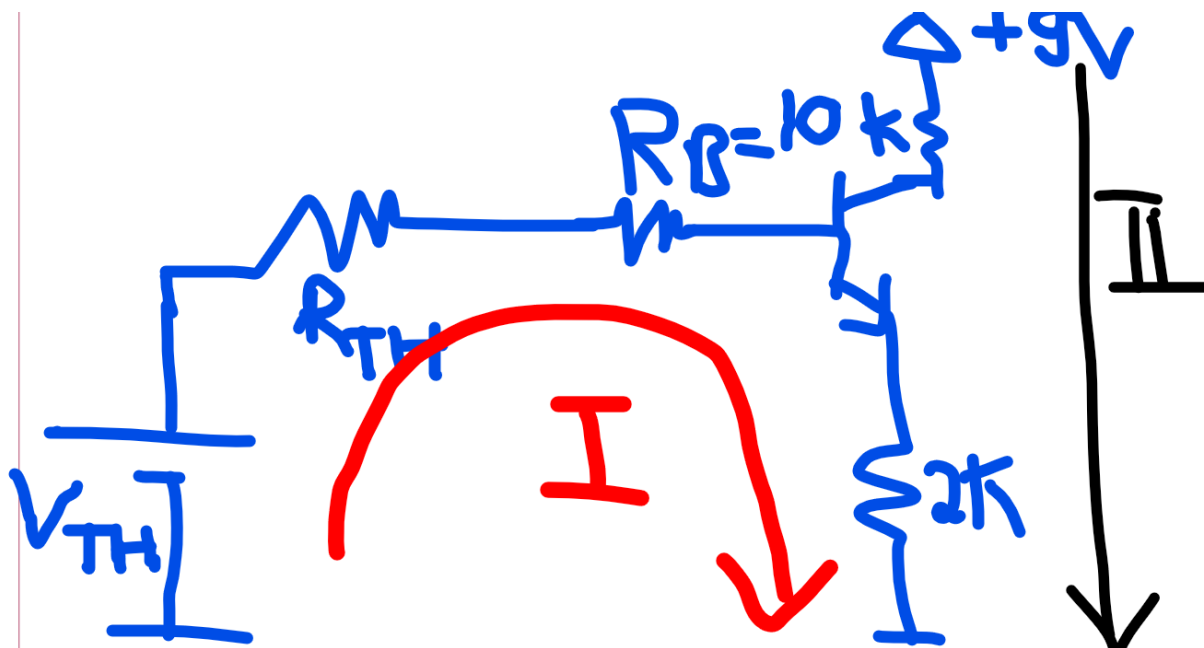
2



a/ Xét mạch ở chế độ DC:



Ở đây nhóm sẽ dùng định lý Thevenin



Với

$$R_{TH} = 20K // 20K = 10K\Omega$$

$$V_{TH} = V_{CC} \cdot \frac{20K}{20K+20K} = 9 \cdot 0.5 = 4.5V$$

KVL cho **vòng I (màu đỏ)** và áp dụng $I_B = \frac{I_e}{1+\beta}$:

$$V_{TH} = \frac{I_e}{1+\beta} \cdot (10K + 10K) + V_{BE} + I_E \cdot 2K$$

$$\Rightarrow I_E = \frac{4.5 - 0.7}{2 + \frac{10+10}{1+100}} = 1.73 \text{ mA}$$

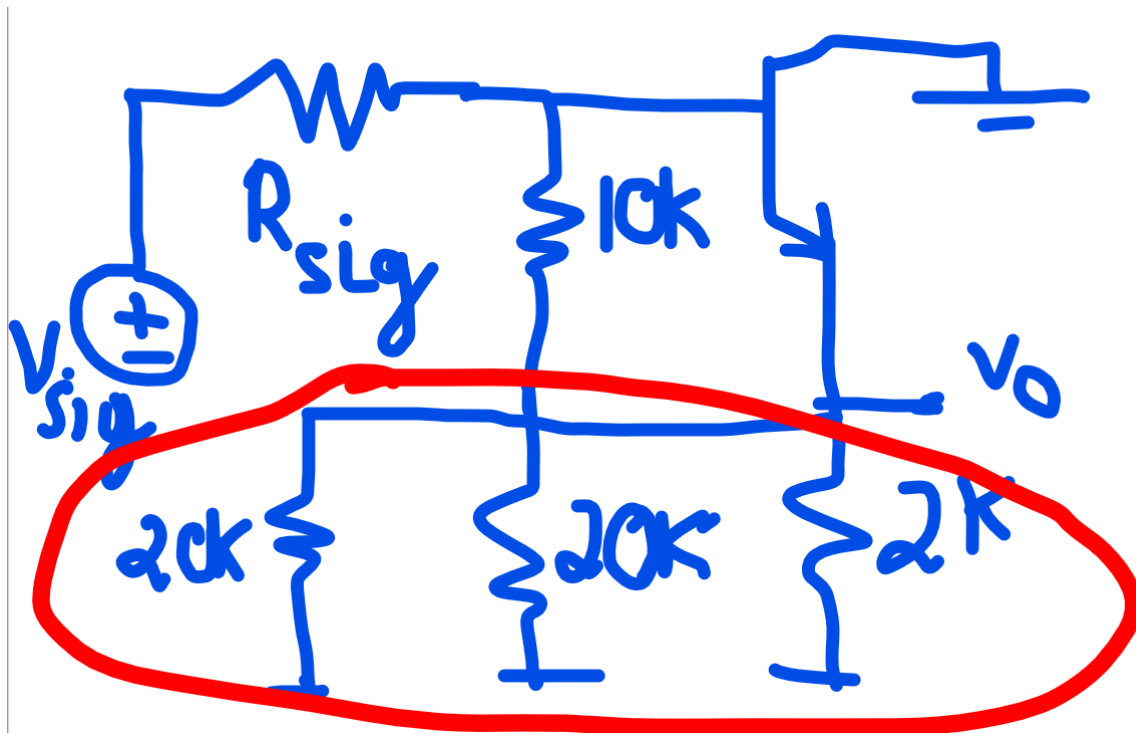
$$\text{Có: } I_C = \alpha I_E = \frac{100}{100+1} I_E = 1.71 \text{ mA}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.71 \cdot 10^{-3}}{26 \cdot 10^{-3}} = 68.5 \text{ mA/V}$$

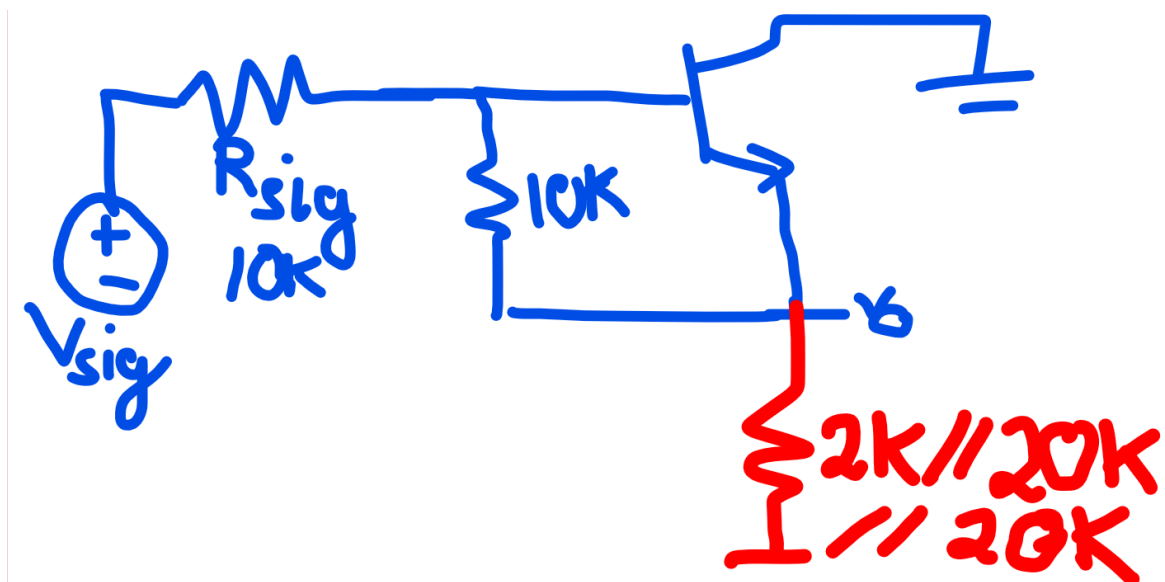
$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{68.5 \cdot 10^{-3}} = 1.46 \text{ K}\Omega$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1.73 \cdot 10^{-3}} = 14.5 \Omega$$

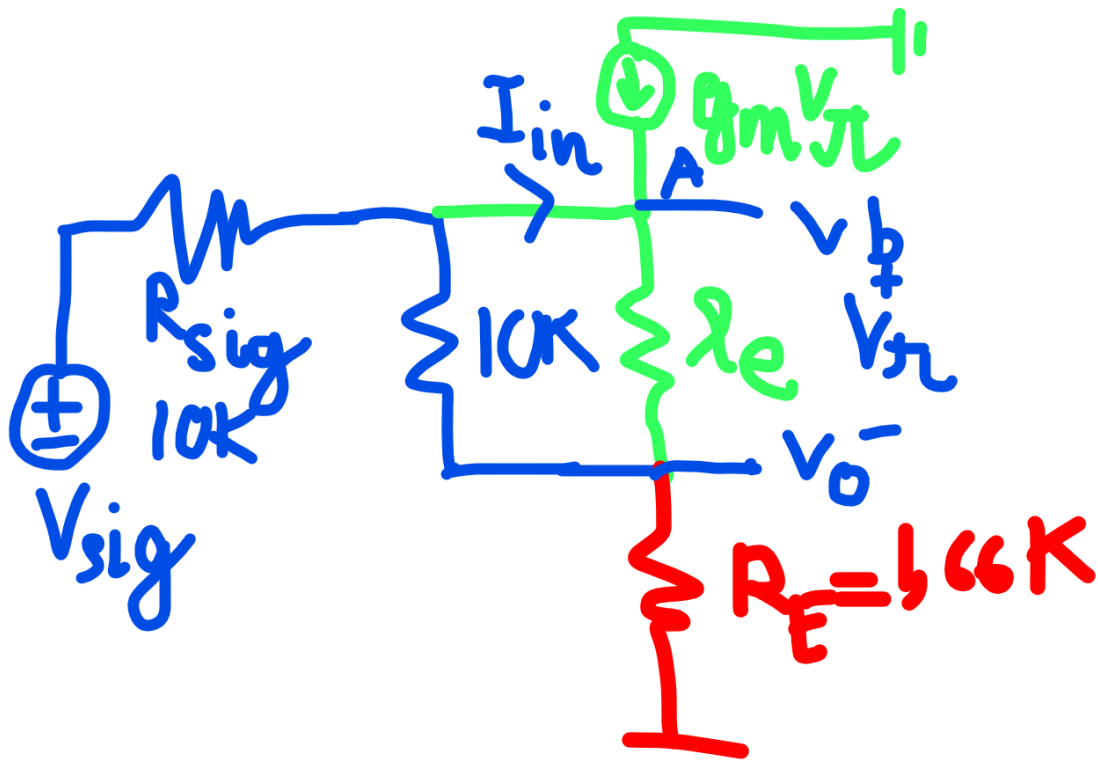
b/ Xét mạch ở chế độ AC:



Nhóm tụi em sẽ tương đương vòng đỏ thành 3 trở song song với nhau



Ở đây để dễ làm thì nhóm tụi em sẽ quyết định dùng mô hình T cho bài này



Có: $v_o = 1,66 \text{ K} \cdot \frac{V_\pi}{r_e // 10\text{K}}$

$\Rightarrow V_o \approx 1.66\text{K} \frac{V_\pi}{r_e} \text{ (do } r_e \ll 10\text{K)}$

$\Rightarrow V_o \approx 114,48 V_\pi$

KCL tại nút A:

$$I_{in} + g_m \cdot V_\pi = \frac{V_\pi}{r_e}$$

$\Rightarrow V_\pi \left(\frac{1}{r_e} - g_m \right) = I_{in} \quad (1)$

Ở đây tụi em sẽ thay số thẳng và sẽ ra đáp án lệch so với sách sedra smith 6th

Nên tụi em sẽ tính bằng 2 cách, cách 1 là tính không sử dụng r_π , tính toán như bình thường

CÁCH 1:

$\Rightarrow I_{in} = V_\pi \left(\frac{1}{14.5} - 68,5 \cdot 10^{-3} \right) = 0,466 V_\pi \text{ mA}$

Có: $V_b = V_\pi + V_o = V_\pi + 114.48 V_\pi = 115.48 V_\pi$

$$R_{in} = \frac{V_b}{I_{(in)}} = \frac{115.48V_{\pi}}{0.466V_{\pi} \cdot 10^{-3}} = 248K$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_{(sig)}} = \frac{v_o}{v_b} \cdot \frac{v_b}{v_{(sig)}} = \frac{R_{(in)}}{R_{(in)} + R_{(sig)}} \cdot \frac{114.48V_{\pi}}{115.48V_{\pi}} = \frac{248K}{248K + 10K} \cdot \frac{114.48}{115.48} = 0.953 \text{ V/V}$$

Tuy nhiên ở đây, nếu ta biến đổi khéo 1 xíu, ta sẽ đưa qua cách tính có r_{π} sẽ có được cách tính khác như sau:

CÁCH 2:

$$\frac{1}{r_e} - g_m = \frac{\beta + 1}{r_{\pi}} - \frac{\beta}{r_{\pi}} = \frac{1}{r_{\pi}}$$

Nếu xài định nghĩa trên và tính lại R_{in} và độ lợi A_v thì ta sẽ tính lại từ phương trình (1) trở xuống dưới

$$(1) \rightarrow V_{\pi} \cdot \frac{1}{r_{\pi}} = I_{in}$$

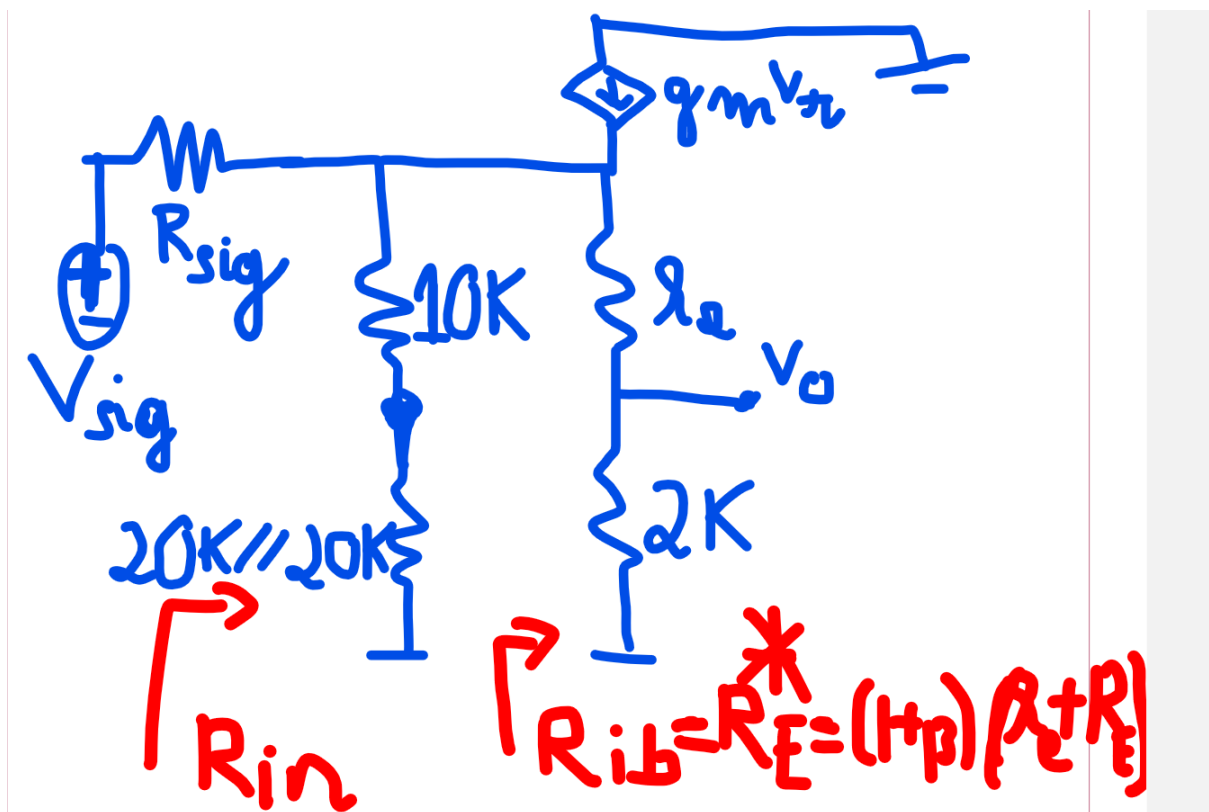
$$\rightarrow I_{in} = 6.84 \cdot 10^{-4} \text{ A}$$

$$\text{Có: } V_b = V_{\pi} + V_o = V_{\pi} + 114.48V_{\pi} = 115.48V_{\pi}$$

$$R_{in} = \frac{V_b}{I_{(in)}} = \frac{115.48V_{\pi}}{6.84V_{\pi} \cdot 10^{-4}} = 168K$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_{(sig)}} = \frac{v_o}{v_b} \cdot \frac{v_b}{v_{(sig)}} = \frac{R_{(in)}}{R_{(in)} + R_{(sig)}} \cdot \frac{114.48V_{\pi}}{115.48V_{\pi}} = \frac{168K}{168K + 10K} \cdot \frac{114.48}{115.48} = 0.935 \text{ V/V}$$

c/ Bỏ tụ C_b



$$R_{in} = (10K + 20K // 20K) // (R_E^*)$$

$$R_{in} = 18,21K$$

$$V_o = \frac{V_{\pi}}{r_e} \cdot 2K = 138 V_{\pi}$$

$$V_b = V_o + V_{\pi} = 138 V_{\pi} + V_{\pi} = 139 V_{\pi}$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_{sig}} = \frac{v_o}{v_b} \cdot \frac{v_b}{v_{sig}} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} \cdot \frac{138V_{\pi}}{139V_{\pi}} = \frac{18,21K}{18,21K + 10K} \cdot \frac{138}{139} = 0,64 \text{ V/V}$$

Nhận xét:

SO SÁNH	Khi có tụ C_b	Không có tụ C_b
R_{in}	168K	18,21K
A_v (V/V)	0,935	0,64V

Khi không có C_b (C_b mở):

Mạng phân áp base $2R1 // R2$ nằm cố định so với mass cho cả DC và AC. Khi có tín hiệu AC, một phần dòng tín hiệu sẽ chạy xuống qua mạng phân áp — tức là **mạng phân áp bị “kéo dòng”**, nên nhìn từ ngõ vào, điện trở vào tổng R_{in} bị giảm mạnh (Trong bài theo nhóm tính là $R \sim 18,21 \text{ k}\Omega$).

Khi có tụ C_b (bootstrapping):

Khi tụ C_b nối điểm giữa $R1$, với emitter về phương diện AC. Khi emitter biến thiên theo tín hiệu, tụ “kéo” điểm giữa phân áp theo luôn, làm cho biến thiên điện áp trên $R1$ song song $R2$

rất nhỏ \rightarrow dòng AC qua $R1 \parallel R2$ gần bằng 0. Vì vậy mạng phân áp gần như không tải cho AC, và điện trở nhìn vào tăng mạnh (ở đây $\approx 168 \text{ k}\Omega$). Đây chính là hiệu ứng bootstrapping: làm cho $R1$ song song $R2$ có giá trị lớn hơn nhiều đối với tín hiệu AC.

Tóm lại:

- ✚ Vai trò chính của tụ C_b tăng điện trở vào R_{in} (để ghép với nguồn có trở kháng cao) và giữ nguyên (hoặc ít ảnh hưởng) đến bias DC. Nhờ đó, tầng khuếch đại không bị “kéo” bởi trở kháng nguồn và giữ được độ lợi gần tối đa.
- ✚ Nếu không dùng C_b : tầng bị tải bởi mạng phân áp, R_{in} giảm \rightarrow tín hiệu vào bị suy yếu ngay ở đầu vào $\rightarrow A_v$ toàn mạch giảm nhiều.
- ✚ Ứng dụng: khi muốn ghép với microphone, pickup, hoặc nguồn tín hiệu có R_{sig} lớn, luôn cần bootstrapping (hoặc chọn $R1 \parallel R2$ rất lớn) để tránh mất tín hiệu.