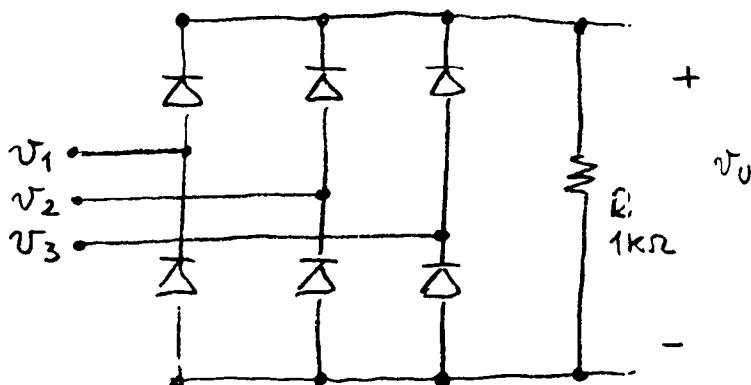


ESERCIZIO N°1

7 punti

eventi in riferimento

Determinare la forma d'onda v_U in uscita al circuito seguente, in cui le tensioni v_1 , v_2 e v_3 sono onde triangolari simmetriche di ampiezza 10 V, periodo 30 ms, ritardate di 10 ms ciascuna rispetto alla precedente (v_2 rispetto a v_1 e v_3 rispetto a v_2).

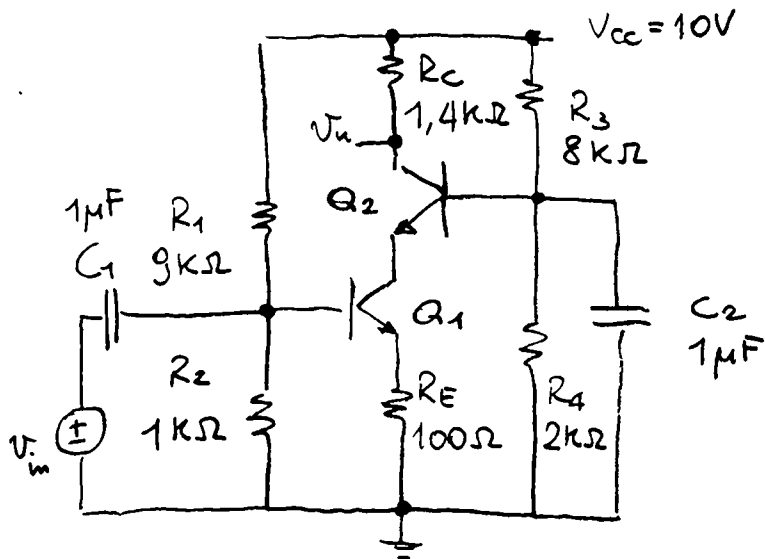


Diodi ideali

ESERCIZIO N°2

6 punti

Determinare il punto di riposo del circuito seguente.



$h_{FE} = 100$

$h_{fe} = 100$

Q_1 e Q_2 uguali

ESERCIZIO N°3

7 punti

Determinare la risposta in frequenza del circuito dell'esercizio 2 e tracciarne i diagrammi asintotici di Bode.

$$r_{bb'} = 100 \Omega ; \eta V_T = 26 \text{ mV} ; \text{ si assume } I_{C1} = 3 \text{ mA}$$

$$I_{C2} = 3 \mu\text{A}$$

ESERCIZIO N°4

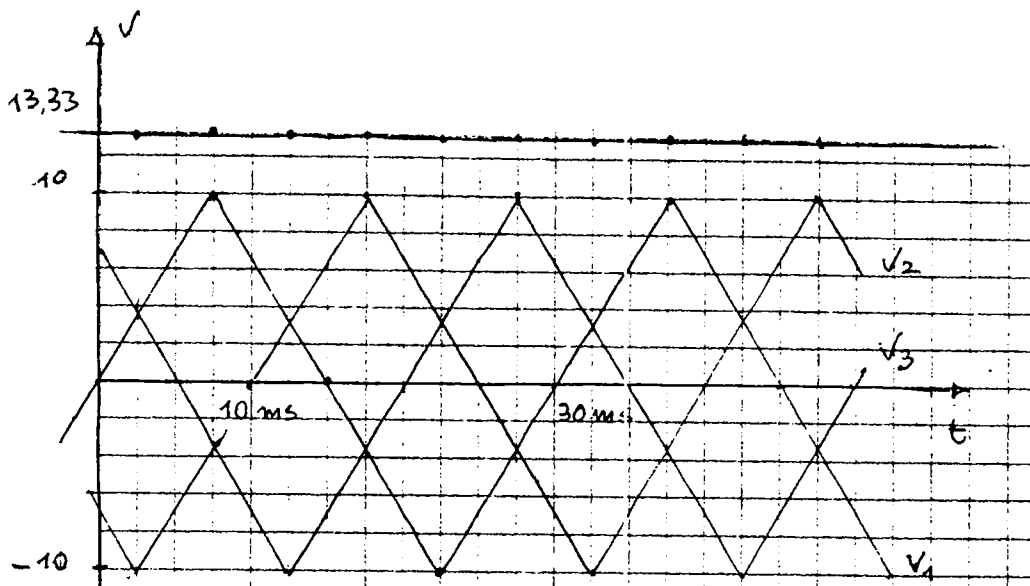
6 punti

Determinare il massimo sbilanciamento di un sistema amplificatore costituito dalla cascata di 5 stadi caratterizzati dai seguenti valori di amplificazione: $A_1 = 5$; $A_2 = -2$; $A_3 = 1$; $A_4 = -3$; $A_5 = 2$. Tutti gli stadi, considerati individualmente, presentano uno sbilanciamento compreso tra -2 mV e 3 mV.

ESERCIZIO N°5

7 punti

Progettare un sistema passa-banda con amplificazione in banda di 20, con limiti di banda inferiore e superiore rispettivamente di 100 Hz e 10 kHz e con pendenze nelle zone di transizione di 20dB/decade.

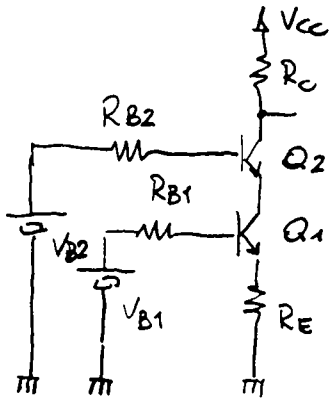


la forma d'onda si ottiene facendo la differenza, istante per istante

$$\max \{V_1, V_2, V_3\} - \min \{V_1, V_2, V_3\}$$

si ottiene un valore costante pari a 13,33V

② circuito statico



ipotesi per Q_1 e Q_2 : $\beta \gg 1$

$$V_{B1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} = 1V$$

$$V_{B2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_{CC} = 2V$$

$$R_{B1} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 0.9 k\Omega$$

$$R_{B2} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 1.6 k\Omega$$

maglia di ingresso 1

$$V_{B1} = V_{BE_{on}} + R_{B1} I_{B1} + (\beta_{FE} + 1) R_E I_{B1}$$

$$I_{B1} = \frac{V_{B1} - V_{BE_{on}}}{R_{B1} + R_E (\beta_{FE} + 1)} = 27,3 \mu A$$

$$I_{C1} = \beta_{FE} I_{B1} = I_{E2} = 2,73 mA$$

$$I_{B2} = \frac{I_{E2}}{\beta_{FE} + 1} = 27,0 \mu A$$

$$I_{C2} = \beta_{FE} I_{B2} = 2,70 mA$$

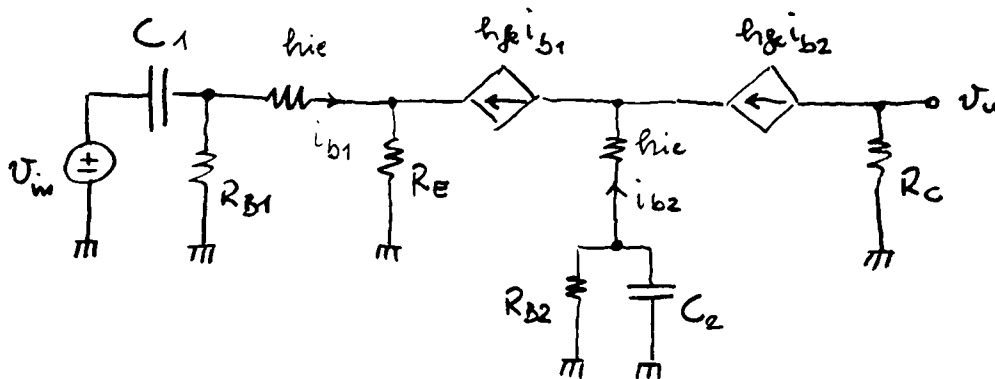
verifica delle ipotesi

$$V_{CE1} = (V_{B2} - R_{B2} I_{B2} - V_{BE_{on}}) - R_E I_{B1} (\beta_{FE} + 1) = 0,981 V$$

$$V_{CE2} = (V_{CC} - R_C I_{C2}) - (V_{B2} - R_{B2} I_{B2} - V_{BE_{on}}) = 4,963 V \quad OK$$

③ Circuito per piccoli segnali
 Per entrambi i transistori si assume

$$h_{ie} = r_{bb'} + \frac{V_T}{I_C} h_{fe} = 967 \Omega$$



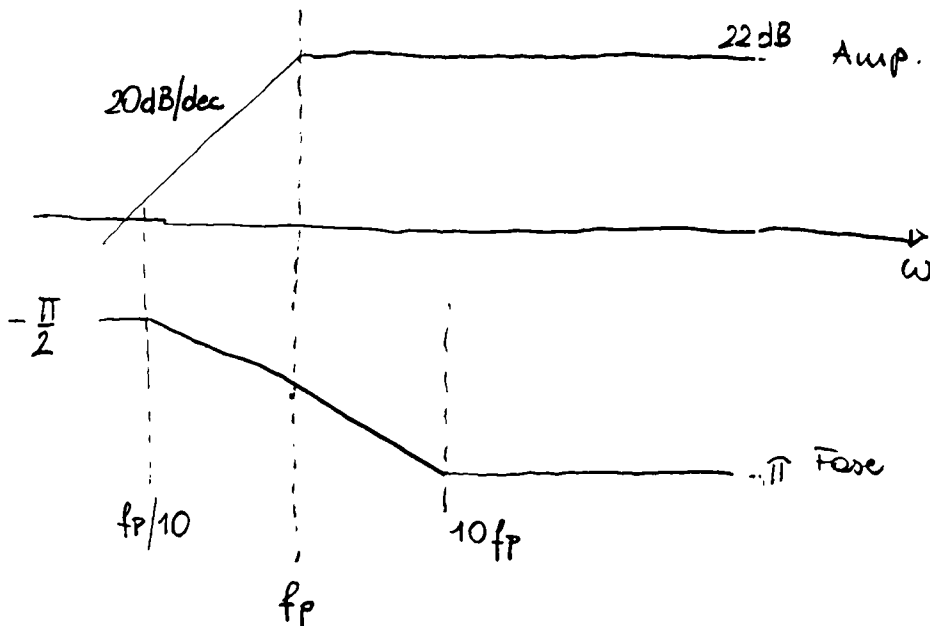
A centro banda

$$v_u = -v_{in} \frac{1}{h_{ie} + R_E (h_{fe} + 1)} \cdot \frac{h_{fe}^2}{h_{fe} + 1} \cdot R_C ; A_{CB} = -12,53 \text{ (} \sim 22 \text{ dB)}$$

C_1 introduce uno zero nell'origine e un polo la cui pulsazione è

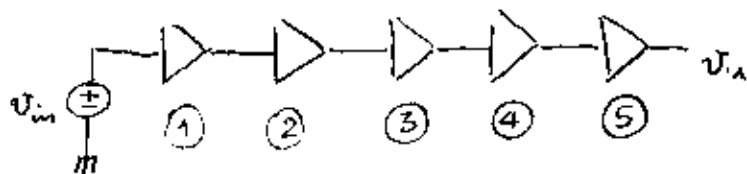
$$P = \frac{1}{C_1 R_{V1}} = \frac{1}{C_1 \{R_{B1} \parallel (h_{ie} + R_E (h_{fe} + 1))\}} ; f_{p1} = \frac{P}{2\pi} = 191 \text{ Hz}$$

C_2 introduce polo e zero coincidenti, perché la sua presenza non può modificare il rapporto tra i_{b1} e i_{b2} e quindi l'uscita.



$$A = A_{CB} \frac{P}{s+p}$$

④ la situazione è



lo sbilanciamento è

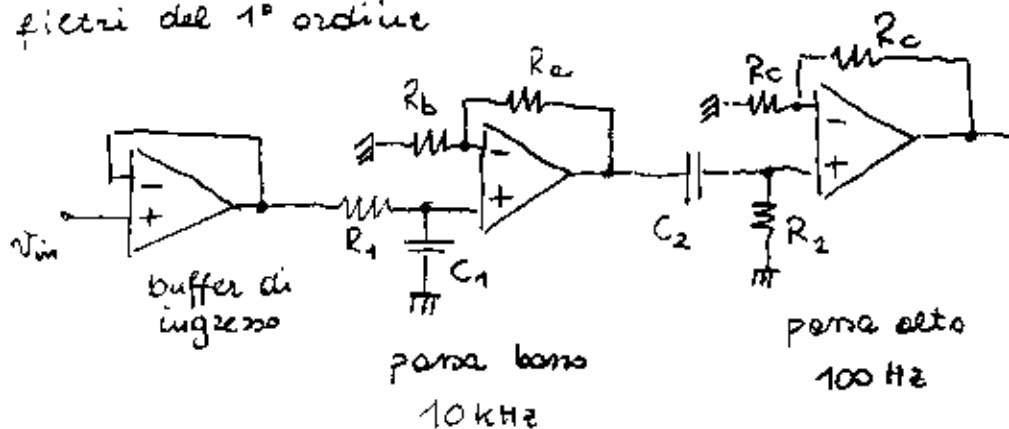
$$V_{\text{tot}} = V_{01} \cdot A_2 A_3 A_4 A_5 + V_{02} \cdot A_3 A_4 A_5 + V_{03} \cdot A_4 A_5 + V_{04} A_5 + V_{05} =$$

$$= 12 V_{01} - 6 V_{02} - 6 V_{03} + 2 V_{04} + V_{05}$$

Il caso peggiore si ha quando V_{01}, V_{04} e V_{05} sono massimi e V_{02} e V_{03} minimi.

$$V_{\text{totH}} = (15 - 3 + 12 - 2) = 68 \text{ mV}$$

⑤ Posso ottenere il filtro richiesto mettendo in cascata due filtri del 1° ordine



Per ottenere le caratteristiche richieste posso porre:

$$R_a = 9 \text{ k}\Omega ; R_b = 1 \text{ k}\Omega ; R_c = 10 \text{ k}\Omega \quad (\text{amplif. } 20)$$

$$C_1 = 10 \text{ mF} ; R_1 = 1,59 \text{ k}\Omega \quad \left\{ 1/(2\pi R_1 C_1) = 10 \text{ kHz} \right\}$$

$$C_2 = 1 \mu\text{F} ; R_2 = 1,59 \text{ k}\Omega \quad \left\{ 1/(2\pi R_2 C_2) = 100 \text{ Hz} \right\}$$