Scheda **A11_05** Data: **22 Giugno 2011**

Cognome Nome Matricola

## ESERCIZIO N°1

7/3 punti

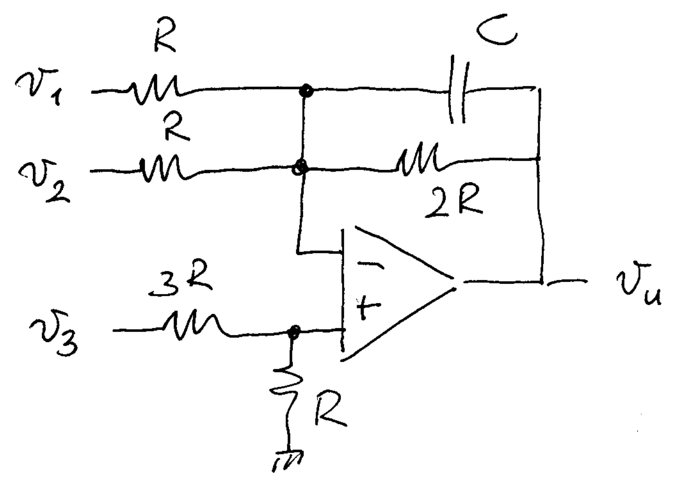
Progettare un rivelatore di inviluppo in modo tale che sia in grado di demodulare una modulazione di ampiezza con profondità di modulazione $M$ del 50%, con portante di frequenza $f_p$ = 1 MHz e ampiezza $V_P$ = 10 V e modulante $f_m$ = 1 kHz. Determinare, per il valore di resistenza scelto, l'ampiezza massima del ripple prodotto (distanza tra valore dell'uscita e dell'ingresso in corrispondenza di un massimo prima della carica della capacità).
Si ha a disposizione un diodo ideale e un condensatore da 1 nF.

$$v_{IN} = V_p[1 - M\sin(2\pi f_m t)]\sin(2\pi f_p t)$$

## ESERCIZIO N°2

7/4 punti

Determinare il valore della tensione di uscita in continua in funzione delle 3 tensioni di ingresso e il massimo sbilanciamento del circuito seguente.




$R = 1\,k\Omega$

$C = 1\,\mu F$

$|V_{io}| < 1\,mV$

$I_b = 100\,nA$

$|I_o| < 50\,nA$

## ESERCIZIO N°3

6/3 punti

Determinare la risposta in frequenza del circuito precedente rispetto a v1 e tracciarne i diagrammi asintotici di Bode.

## ESERCIZIO N°4

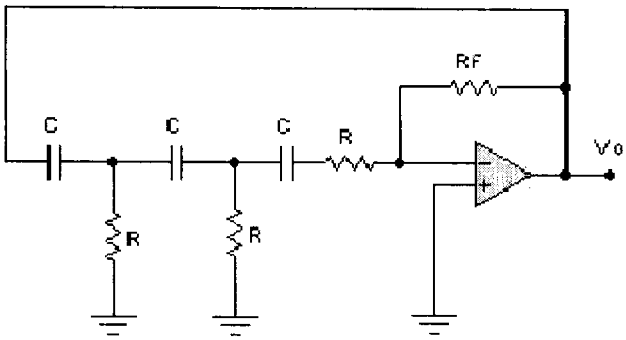
6/4 punti

Determinare il parametro $h_{fc}$ del modello a collettore comune di un transistore bipolare di cui sono noti i parametri del modello a emettitore comune. Nel modello a collettore comune si assuma la base come ingresso e l'emettitore come terminale di uscita.

**ESERCIZIO N°5**

7/4 punti

Determinare la frequenza di oscillazione e l'ampiezza a regime del seguente oscillatore.




$C = 1\mu F$

$R = 2{,}57 k\Omega$

$R_F = \alpha R$

$$\alpha = 33\left(1 - \frac{V_{OMAX}}{V_K}\right)$$

con $V_K = 5V$

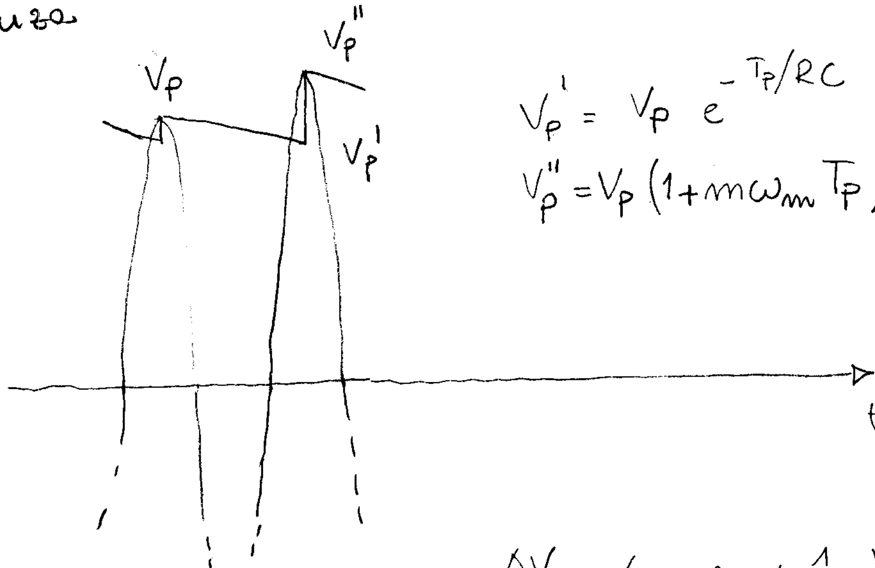
## 1 Rivelatore di inviluppo

Portante periodo $T_p = 1\,\mu s$ $\qquad v = V_p\,(1 + m\,\text{sen}\,\omega_m t)\,\text{sen}\,\omega_p t$

Modulante $T_m = 1\,ms$

Profondità 50%

Occorre scegliere un valore intermedio tra $T_p$ e $T_m$. Valutiamo l'ampiezza massima del ripple, che si ha quando il segnale modulante cresce con la massima pendenza




$$V_p' = V_p\, e^{-T_p/RC} \simeq V_p\,(1 - T_p/RC)$$

$$V_p'' = V_p\,(1 + m\omega_m T_p) \simeq V_p\,(1 + m\omega_m T_p)$$

$$\frac{\Delta V}{V_p} = \left(m\omega_m + \frac{1}{RC}\right) T_p$$

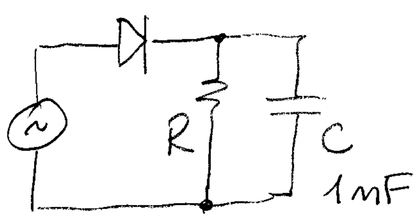
Dovrà essere $RC < \dfrac{1}{m\omega_m}$ per garantire che, nel caso in cui l'ampiezza decresce il segnale non si sganci.

$$RC < \frac{2}{2\pi}\,ms = 0{,}32\,ms \,.$$

Con $RC = 0{,}2\,ms$

$$\frac{\Delta V}{V_p} = 2\pi m \frac{T_p}{T_m} + \frac{T_p}{RC} = (3{,}14 + 5)\;10^{-3} < 1\%$$

$R = 200\,k\Omega$

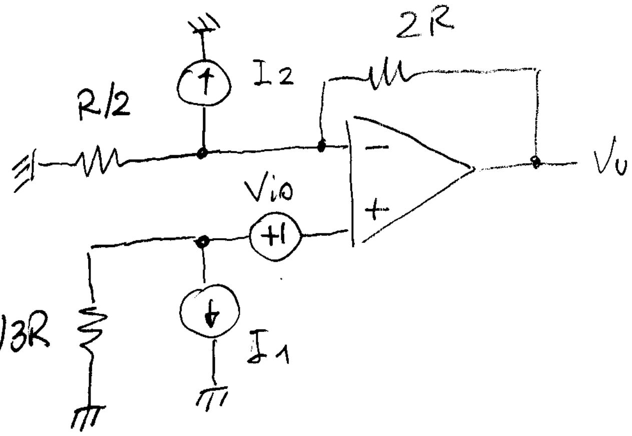


(2) combinazione lineare (in DC il condensatore è aperto)

$$v_u = -\frac{2R}{R} v_1 - \frac{2R}{R} v_2 + \frac{R}{3R} \cdot \left(1 + \frac{2R}{R/2}\right) v_3 =$$

$$= -2 v_1 - 2 v_2 + 1{,}667\, v_3$$

Sbilanciamento




$R = 1K\Omega$

$I_b = 100\, nA$

$|I_o| < 50\, nA$

$|V_{io}| < 1\, mV$

$$v_{uo} = -\left(1 + \frac{2R}{R/2}\right) V_{io} - \frac{3}{4} \cdot R I_1 \left(1 + \frac{2R}{R/2}\right) + 2 R I_2 =$$

$$= -5 V_{io} - \frac{15}{4} R I_1 + 2 R I_2$$

sostituisco $I_1 = I_B + I_o/2$ e $I_2 = I_B - I_o/2$

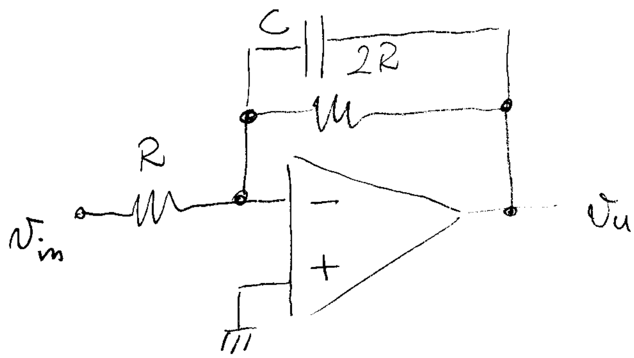
$$v_{uo} = -\frac{7}{4} R I_B - \frac{23}{4} R \frac{I_o}{2} - 5 V_{io}$$

per ottenere il massimo sbilanciamento si prende $V_{io}$ e $I_o$ positivi

$$|v_{uo}|_{max} = \frac{7}{4} R I_B + \frac{23}{8} R |I_o| + 5 |V_{io}| = 5{,}319\ mV$$

(il segno del max sbilanc. è negativo)

(3) Rispetto all' ingresso $v_1$ il circuito è



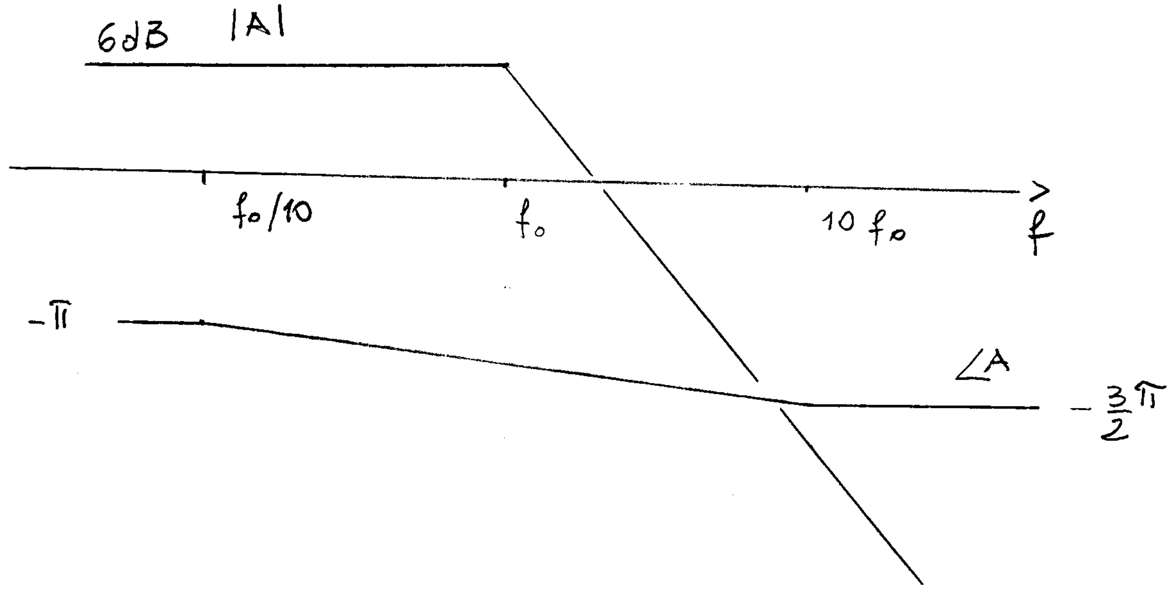

$R = 1k\Omega$
$C = 1\mu F$

$$v_u = -\frac{2R}{2RCs+1} \cdot \frac{1}{R} = -\frac{A_o\omega_o}{s+\omega_o}$$

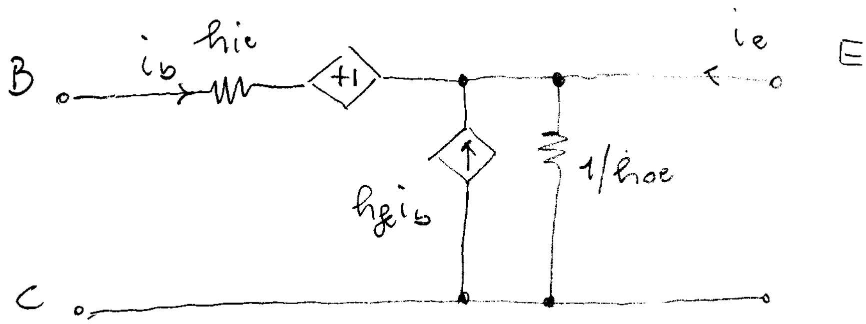
$A_o = 2$ (6 dB)

$\omega_o = \frac{1}{2RC} = 500$ rad/s (80Hz $f_o$)

Diagrammi di Bode



④ Modello a collettore comune

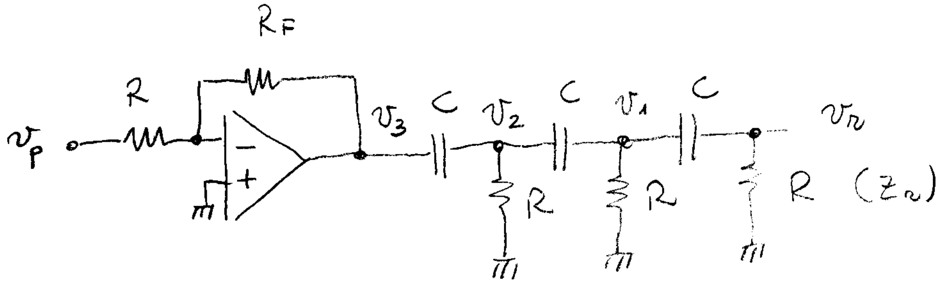



$$h_{fc} = \left.\frac{i_e}{i_b}\right|_{v_{ce}=0}$$

se $v_{ce} = \phi$ in $1/h_{oe}$ non scorre corrente, quindi

$$h_{fc} = -(h_{fe} + 1)$$

(5) Determino il $bA$




$$Z_c = \frac{1}{j\omega C}$$

$$\alpha = \frac{Z_c}{R}$$

$$v_1 = v_r \left(1 + \frac{Z_c}{R}\right) = v_r (1+\alpha)$$

$$v_2 = v_1 + \alpha\,(v_1 + v_r) = v_r\,(1 + \alpha + \alpha + \alpha^2 + \alpha) = v_r\,(\alpha^2 + 3\alpha + 1)$$

$$v_3 = v_2 + \alpha\,(v_2 + v_1 + v_r) = v_r\,(\alpha^2 + 3\alpha + 1 + \alpha^3 + 3\alpha^2 + \alpha + \alpha + \alpha^2 + \alpha) =$$

$$= v_r\,(\alpha^3 + 5\alpha^2 + 6\alpha + 1)$$

$$v_p = -\frac{R_1}{R_F}\,(\alpha^3 + 5\alpha^2 + 6\alpha + 1)\,v_r \quad \text{quindi} \quad \frac{1}{bA} = -\frac{R_1}{R_F}\cdot(\alpha^3 + 5\alpha^2 + 6\alpha + 1)$$

Condizione di Barkhausen all'innesco.

$\Im m\{bA\} = \emptyset$

$$\left(\frac{1}{j\omega RC}\right)^3 + \frac{6}{j\omega RC} = \emptyset\ ; \qquad 1 - 6\,\omega^2 R^2 C^2 = \emptyset$$

$$\omega = \frac{1}{RC\sqrt{6}} \qquad (f_0 = 25{,}28\ \text{Hz})$$

$$\Re e\{bA\} = -35 \cdot \frac{1}{5\left(\frac{1}{j\omega RC}\right)^2 + 1} = \frac{35}{29} > 1 \quad \{OK\}$$

A regime la fase di $bA$ non cambia con $R_F$
Quindi la frequenza di oscillazione è $f_0$ -
Per l'ampiezza sarà

$$R_F' = \frac{29}{35}\,R_F \quad \text{da cui} \quad \left(1 - \frac{V_M}{V_0}\right) = \frac{29}{35}$$

$$V_M = V_0 \cdot \frac{6}{35} = 0{,}857\ V$$