SCHEDA N°A07_06		Data: **27 Giugno 2007**
Cognome	Nome	Matricola

ESERCIZIO N°1

7 punti

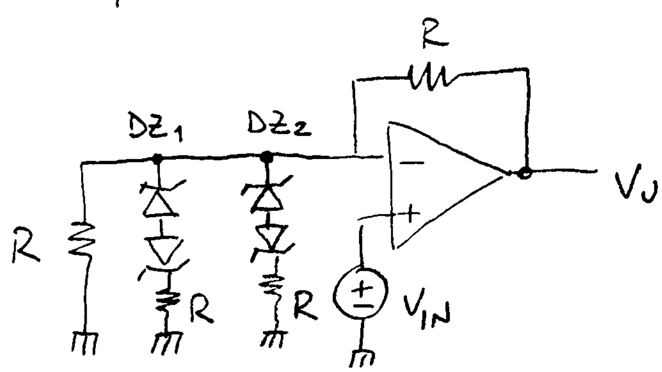
In un sistema raddrizzatore a presa centrale con filtro capacitivo ($C = 1$ mF), i due secondari hanno un diverso numero di spire $N_1 = 100$ e $N_2 = 90$, con un numero di spire al primario $N = 2000$. Sapendo che il sistema ha in ingresso la tensione di rete ($V_{eff} = 230$ V, $f = 50$ Hz), determinare valore medio e minimo di uscita con un carico $R_U = 200\ \Omega$ e $R_U = 67\ \Omega$. Si considerino i diodi ideali.

ESERCIZIO N°2

6 punti

Determinare la caratteristica di trasferimento del seguente circuito, realizzato con diodi Zener e amplificatore operazionale ideale.

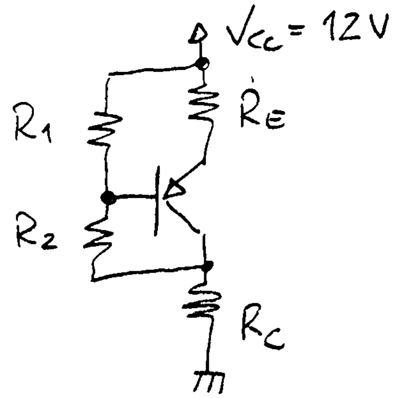
$V_{Z1} = 1$ V
$V_{Z2} = 2$ V
$R = 1$ kΩ



ESERCIZIO N°3

6 punti

Trovare il punto di riposo del seguente circuito. Determinare poi il parametro h_{ie} del transistore *pnp* e disegnare il circuito per piccoli segnali.

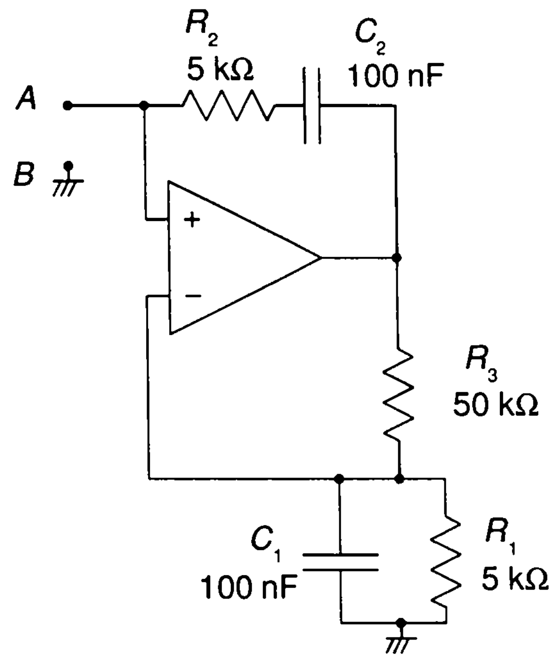


$h_{FE} = 100$
$r_{bb'} = 0$
$R_E = 1$ kΩ
$R_C = 1$ kΩ
$R_1 = 3{,}5$ kΩ
$R_2 = 5{,}5$ kΩ

ESERCIZIO N°4

7 punti

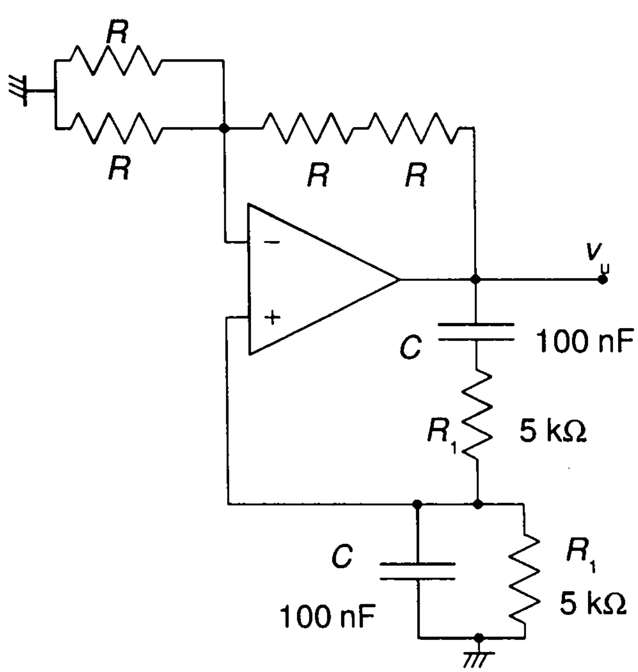
Determinare l'espressione dell'impedenza vista tra i morsetti A e B e tracciare i diagrammi asintotici di ampiezza e fase di Z.



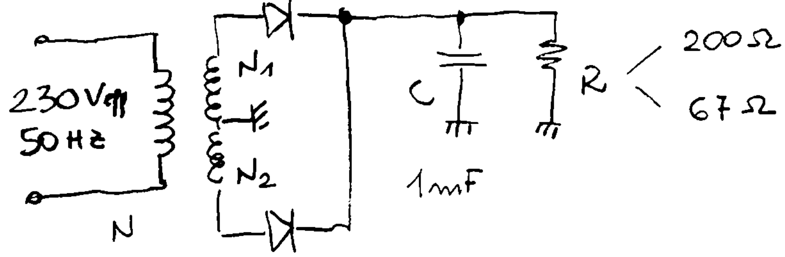
ESERCIZIO N°5

7 punti

Determinare frequenza e ampiezza di oscillazione a regime del seguente oscillatore. Si sa che le resistenze non lineari R hanno caratteristiche identiche. Il valore di R varia in funzione della potenza media dissipata dalla resistenza stessa secondo la legge $R = R_0(1 - P/P_0)$ con $P_0 = 1$ mW e $R_0 = 1$kΩ.

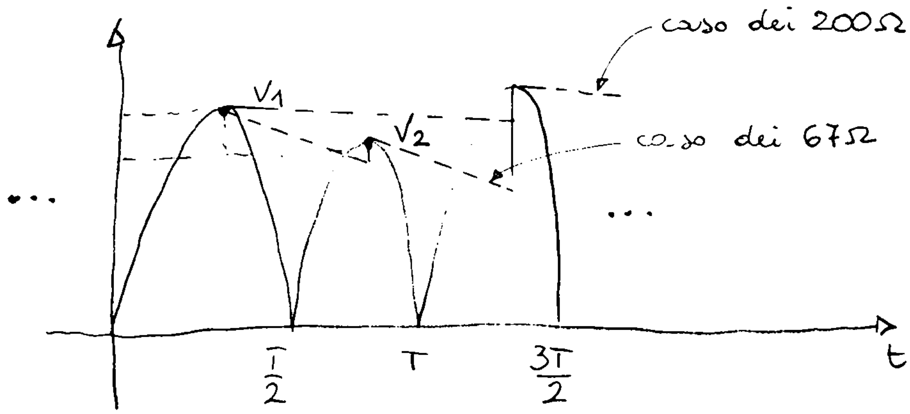


1



Per effetto della differenza tra secondari, le due semionde hanno ampiezze diverse.

$T = 20\,ms$



$$V_1 = \sqrt{2}\, V_{eff} \cdot \frac{N_1}{N} = 16{,}263\ V$$

$$V_2 = \sqrt{2}\, V_{eff} \frac{N_2}{N} = 14{,}637\ V \qquad (0{,}9 V_1)$$

In un sistema RC, dopo un semiperiodo si ha una tensione

$$V_U = V_0\, e^{-T/2RC} = \delta V_0$$

$\delta_1 = 0{,}951$ $(>0{,}9)$ con 200Ω

$\delta_2 = 0{,}861$ con 67Ω

- Quindi con 200Ω il sistema si comporta come se fosse un raddrizz. a singola semionda

$$V_{min1} = \delta_1^2 V_1 = 14{,}71\ V$$

$$V_{med} = V_1 \cdot \frac{RC}{T} \cdot (1 - \delta^2) = 15{,}55\ V \quad {}^{*}$$

* valor medio di esponenziale
si può usare anche l'approssimaz lineare con $I_L \simeq V_1/R$ cost.

- con 67Ω si ha la presenza di due tratti diversi e

$$V_{min2} = \delta_2 V_2 = 12{,}60\ V$$

$$V_{med} = \frac{1}{2}\left(V_{medA} + V_{medB}\right) = \frac{1}{2}\left(V_1 + V_2\right) \frac{2RC}{T} \left(1 - \delta_2\right) = 14{,}39\ V$$

(2)

Il sistema ha una caratteristica lineare a tratti con pendenza crescente con la V_{IN}

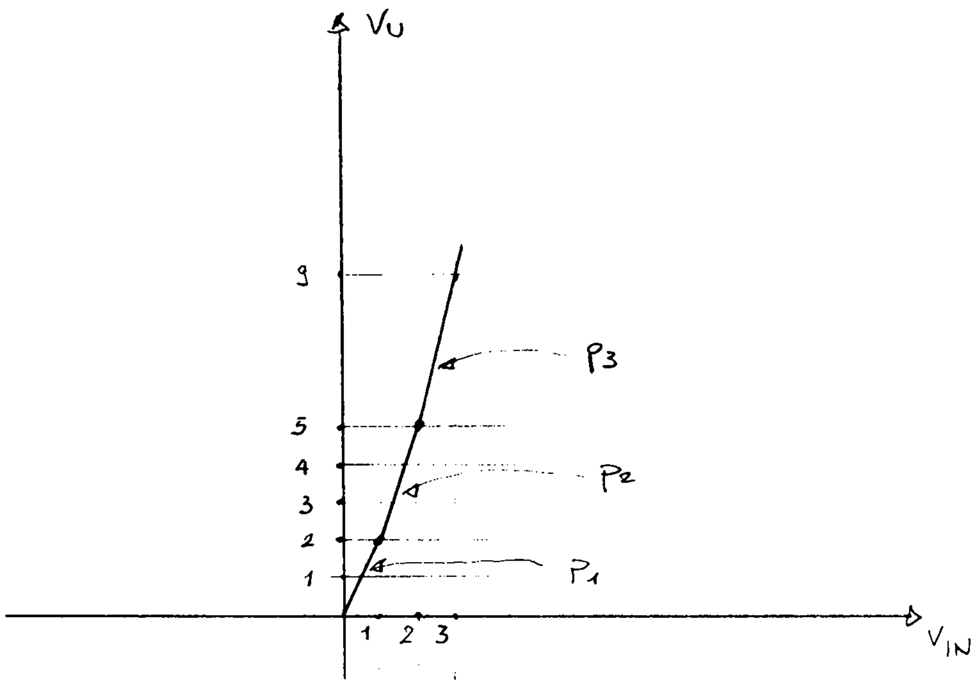
La caratteristica è simmetrica rispetto all'origine e continua

Esamino la parte per V_{IN} positiva

$0 \leq V_{IN} < 1$ pendenza 2 (ampl. N.I)

$1 \leq V_{IN} < 2$ pendenza 3

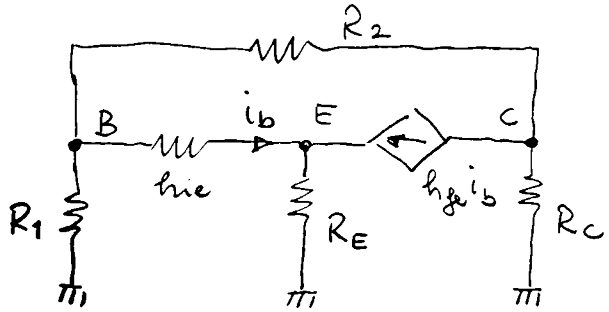
$2 \leq V_{IN}$ pendenza 4



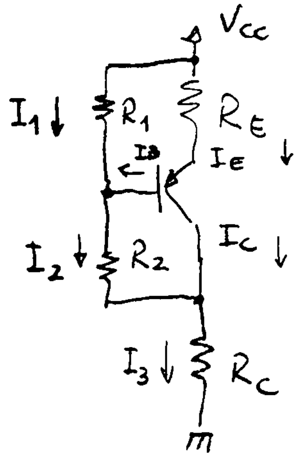
(3)

$$h_{ie} = r_{bb'} + \frac{V_T}{I_C} h_{fe} \simeq r_{bb'} + \frac{V_T}{I_B}$$

circuito per piccoli segnali (hp Z.A.D.)



Analisi del punto di riposo



$I_C = h_{FE} I_B$ (per l'ipotesi Z.A.D.)

$I_E = (h_{FE}+1) I_B$

$I_1 = \dfrac{R_E I_E + V_{EBon}}{R_1}$ (maglia in alto)

$I_2 = I_1 + I_B$ (Kirchhoff al nodo di B)

$I_3 = I_2 + I_C = I_1 + I_E$

$V_{cc} = R_E I_E + V_{EBon} + R_2 I_2 + R_C (I_1 + I_E)$

$$V_{cc} - V_{EBon} - V_{EBon} \frac{R_2+R_C}{R_1} = R_E I_E + R_C I_E + R_2 I_B + \frac{R_2+R_C}{R_1} R_E I_E$$

da cui
$$I_B = \frac{V_{cc} - V_{EBon}\left(1 + \frac{R_B+R_C}{R_1}\right)}{\left(R_E + R_C + \frac{R_2+R_C}{R_1} R_E\right)(h_{FE}+1) + R_2} = 25{,}31\,\mu A$$

$I_C = 2{,}531$ mA $\qquad I_1 = 0{,}9304$ mA

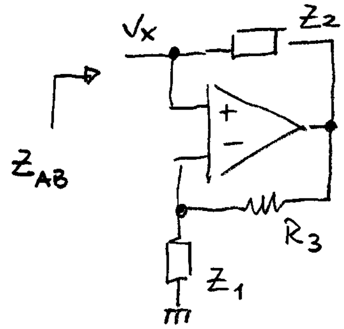
$I_E = 2{,}556$ mA $\qquad I_2 = 0{,}9329$ mA

Verifica Z.A.D.

$V_{EC} = V_{cc} - R_E I_E - R_C (I_C + I_2) = 6{,}0199$ V $\qquad$ OK

④

impedenza vista



Ampl. N.I.

$$v_u = v_x\left(1+\frac{R_3}{Z_1}\right)$$

$$Z_1 = \frac{R_1}{R_1C_1s+1}$$

$$Z_2 = \frac{R_2C_2s+1}{C_2s}$$

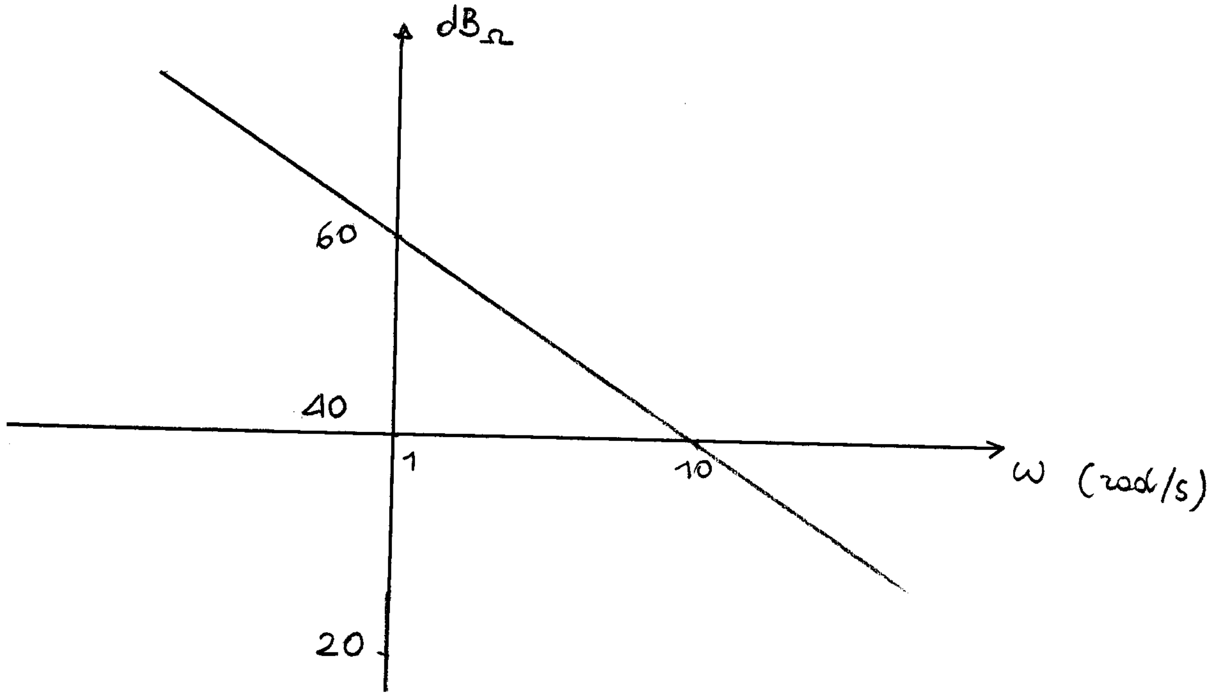
$$i_x = \frac{v_x - v_u}{Z_2} = -v_x\frac{R_3}{Z_1Z_2}$$

$$Z_{AB} = -\frac{Z_1Z_2}{R_3} = -\frac{R_1}{R_3C_2s} \qquad (R_1C_1=R_2C_2)$$

La fase è costante e pari a $\pi/2$

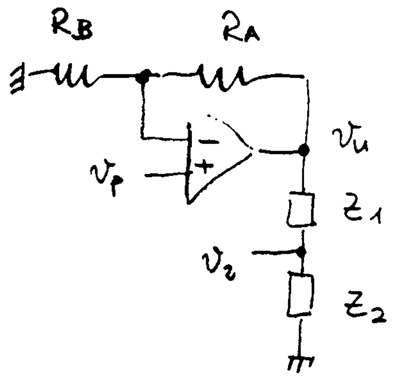
L'andamento dell'ampiezza è $20\log\frac{K}{\omega}\cdot\frac{1}{1\Omega}$

con $K = 10^3\ \Omega\cdot rad/s$



(5) Si tratta di un oscillatore a ponte di Wien

Innesco (taglio sul + dell'operazionale)



All'innesco $G = 1 + \frac{R_A}{R_B} = 5$

$$bA = G \cdot \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$bA = G \cdot \frac{R_1CS}{(R_1CS+1)^2 + R_1CS} = G \frac{R_1CS}{(R_1CS)^2 + 3R_1CS + 1}$$

$$bA(j\omega) = G \frac{j\omega R_1C}{-(R_1C\omega)^2 + 3j\omega R_1C + 1}$$

$\angle bA = \phi$ per $\omega_0 = \frac{1}{R_1C}$

$|bA| = 5/3 > 1$ ok innesco

Regime

Entrambe le resistenze R_A e R_B decrescono quando aumenta l'ampiezza di v_u, ma R_A cresce meno. In ogni caso la frequenza per cui $\angle bA = \phi$ non cambia.

Quindi

$$f_0 = \frac{1}{2\pi R_1 C} = 318.3 \text{ Hz}$$

Per trovare l'ampiezza posso considerare uguali le potenze (istantanee e medie) sulle due coppie di R che formano R_A (stessa corrente) e R_B (stessa tensione)

$$R_A = 2R_0\left(1 - \frac{P_A}{2P_0}\right) \quad ; \quad R_B = \frac{R_0}{2}\left(1 - \frac{P_B}{2P_0}\right)$$

Ma a regime deve essere $R_A = 2R_B$ e inoltre, essendo R_A e R_B percorse dalla stessa corrente: $P_A = 2P_B$.

$$\begin{cases} 2R_B = 2R_0\left(1 - \frac{2P_B}{2P_0}\right) \\ R_B = \frac{R_0}{2}\left(1 - \frac{P_B}{2P_0}\right) \end{cases}$$

$$2 = 4\,\frac{2P_0 - 2P_B}{2P_0 - P_B} \quad ; \quad 2P_0 - P_B = 4P_0 - 4P_B$$

$$P_B = \frac{2}{3}P_0 \quad ; \quad P_A = \frac{4}{3}P_0$$

$$R_B = R_0/3 \quad ; \quad R_A = 2R_0/3$$

(è sinusoidale)

$$P_A + P_B = \frac{v_{u\,max}^2}{2}\,\frac{1}{(R_A + R_B)} \quad \text{da cui} \quad v_{u\,max} = \sqrt{4P_0 \cdot R_0} = 2\,V$$