SCHEDA N°A_05_05		**Data:**____________________
Cognome ____________________ **Nome** ____________________	**Posizione**	**Valutazione**
Tempo disponibile:..... **Durante la prova:........**	**1ora** **NON è consentito uscire dall'aula, né consultare testi esclusi i data sheet** **NON usare il colore rosso** **Riconsegnare tutti i fogli ricevuti. I risultati devono essere motivati chiaramente.**	

ESERCIZIO N°1

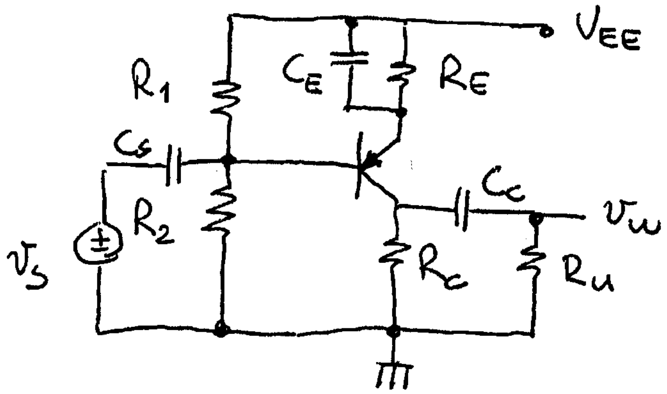
7 punti

Avendo a disposizione due diodi Zener ideali (V_{Z1} = 1 V e V_{Z2} = 2 V) e resistenze a scelta, si progetti una rete in grado di approssimare la radice quadrata di un numero espresso da una tensione tra 0 e 10 V. Si vuole che la rete dia il risultato esatto in corrispondenza di 1 V, 4 V e 9 V e che la massima corrente assorbita dall'ingresso sia di 1 mA.

ESERCIZIO N°2

6 punti

Determinare il punto di riposo del circuito seguente. Calcolare inoltre il valore di h_{ie} del modello per piccoli segnali del transistore (h_{FE} = 100; h_{fe} =200; $r_{bb'}$ = 100 Ω; h_{oe} = 0; h_{re} = 0).



$V_{EE} = 12\,V$

$R_1 = 10\,k\Omega$

$R_2 = 14\,k\Omega$

$R_E = 2\,k\Omega$

$R_C = R_u = 1\,k\Omega$

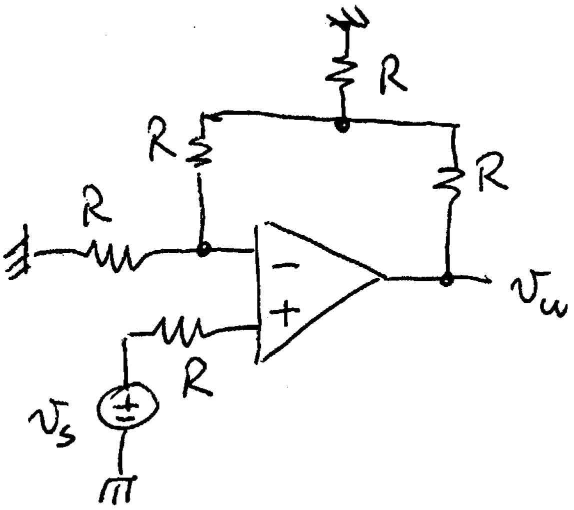
$C_S = 1\,\mu F \quad C_E \to \infty$

$C_C = 10\,\mu F$

ESERCIZIO N°3

7 punti

Determinare il massimo sbilanciamento del seguente circuito con amplificatore operazionale ($|V_{io}|$ = 100 μV, I_B = 200 nA, $|I_o|$ = 50 nA).



$R = 1\,k\Omega$

ESERCIZIO N°4

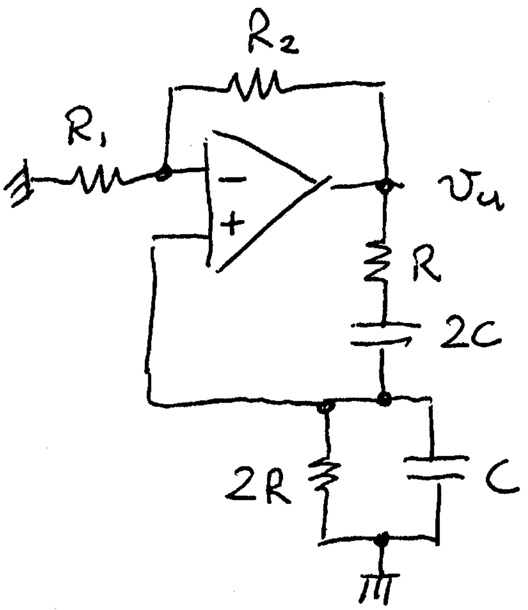
6 punti

Nel circuito dell'esercizio 2 si consideri ora $h_{ie} = 1\ k\Omega$. Determinare la risposta in frequenza e tracciare i diagrammi asintotici di Bode.

ESERCIZIO N°5

7 punti

Determinare frequenza e ampiezza dell'uscita nell'oscillatore seguente.



$R_1 = 10\,k\Omega$

$R_2 = R_{20}\,(1 - V_{eff}/V_0)$

$R_{20} = 50\,k\Omega$

V_{eff} -> tensione effic. su R_2

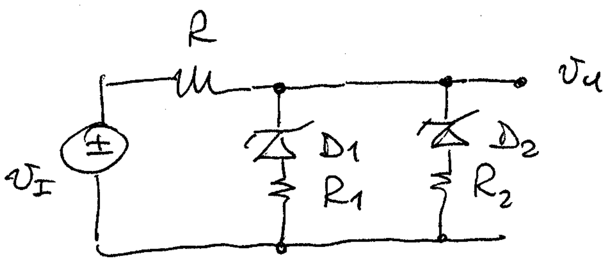
$V_0 = 1\,V$

$R = 1\,k\Omega$

$C = 1\,\mu F$

Scheda A 5.5

① Schema della rete a diodi



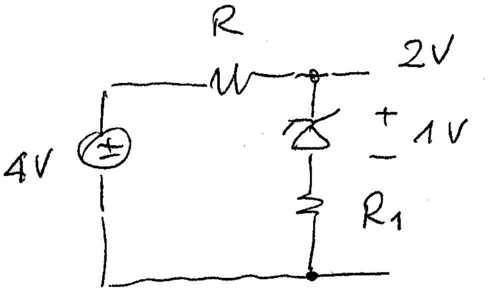
D_1: 1V
D_2: 2V

Osservazione: non serve alcun ramo resistivo, perché la pendenza nel primo tratto è unitaria

0 .. 1V $v_u = v_I$

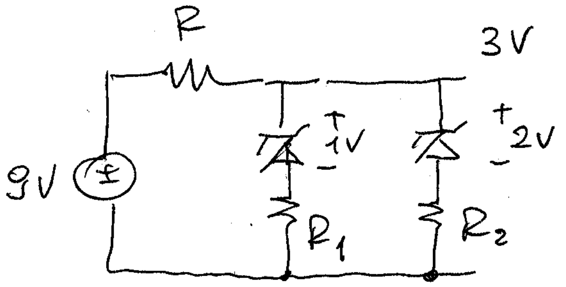
1 .. 4V   conduce D_1 - Per $v_I = 4V$ è $v_U = 2V$

4 .. 10V   conducono D_1 e D_2 - Per $v_I = 9V$ è $v_U = 3V$



$$\frac{v_I - v_U}{R} = \frac{v_U - v_{Z1}}{R_1}$$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{R_1} \; ; \; 2R_1 = R \; ; \; R_1 = R/2$$



$$\frac{v_I - v_U}{R} = \frac{v_U - v_{Z1}}{R_1} + \frac{v_U - v_{Z2}}{R_2}$$

$$\frac{6}{R} = \frac{2}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{4}{R} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{R_2} \; ; \; 2R_2 = R \; ; \; R_2 = R/2$$

Massima corrente ($v_I = 10V$): $i_{MAX} = 1mA$

$$i_{MAX} = \frac{v_I - v_U}{R} = \frac{v_u - v_{Z1}}{R/2} + \frac{v_u - v_{Z2}}{R/2} = \frac{2v_u - (v_{Z1} + v_{Z2})}{R/2}$$

da cui $v_u = \frac{1}{5}\left[v_I + 2(v_{Z1} + v_{Z2})\right] = 3.2V$ $\rightarrow R = 6.8k\Omega$

(2) $R_E h_{FE} >> R_1 // R_2 \rightarrow$ partitore pesante

$$V_B = \frac{V_{CC}}{R_1+R_2} \cdot R_2 = 7V$$

$$V_E = V_B + V_{EB} = 7.7V$$

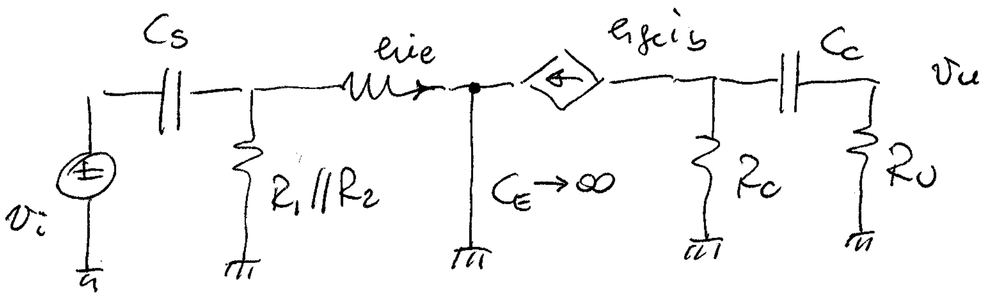
$$I_E \simeq I_C = \frac{12-7.7}{2} mA = 2.15 mA$$ (con i segni effettivamente presenti)

$V_C = 2.15V$; $V_{EC} = 7.7 - 2.15 = 5.55V$

OK zona attiva diretta

$$h_{ie} = r_{bb'} + \frac{V_T}{I_C} h_{fe} = 0.1 + \frac{5.2}{2.15} = 2.52 k\Omega$$

(4)



NB: i_b e $h_{fe} i_b$ sono entrambe "rovesciate" . Si possono quindi usare come nel transistore np

2 zeri nell'origine

2 poli

$$p_1 = \frac{1}{C_S (R_1 // R_2 // h_{ie})} = 1171 \text{ rad/s} \quad (\sim 186 \text{ Hz}) \ f_1$$

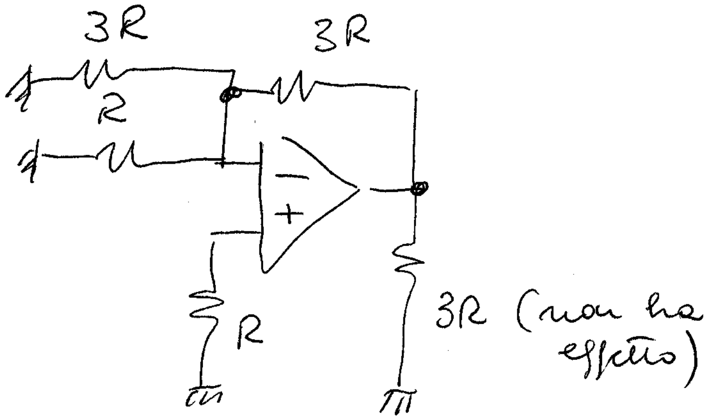
$$p_2 = \frac{1}{C_C (R_C + R_U)} = 50 \text{ rad/s} \quad (\sim 8 \text{ Hz}) \ f_2$$

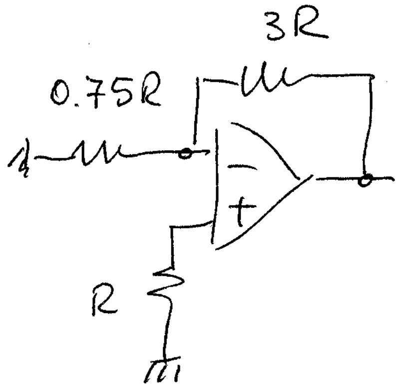
$$A_{CB} = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} (R_U // R_C) = -100$$

$$A = A_{CB} \frac{s^2}{(s+p_1)(s+p_2)} = -100 \frac{1}{(1 - j f_1/f)(1 - j f_2/f)}$$

(Bode: vedi in fondo)

(3) Trasf $\curlywedge \to \Delta$





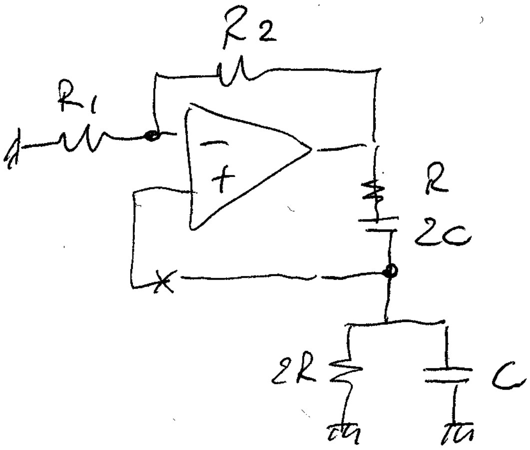
sostituisco il modello scritto e ottengo

$$v_u = -5v_{io} + 3RI_2 - 5RI_1 =$$

$$= -2RI_B - 8R\frac{I_o}{2} - 5v_{io}$$ sostituisco in modo da ottenere il max

$$= -400\mu - 200\mu - 500\mu = -1.1\,mV$$

(5)



$$-\beta A = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot\frac{\dfrac{2R}{2RCs+1}}{\dfrac{2R}{2RCs+1}+R+\dfrac{1}{2Cs}}$$

$$= \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\frac{4RCs}{4RCs+2RCs(2RCs+1)+2RC\ldots}$$

$$-\beta A = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot\frac{4RCs}{4(RCs)^2+8RCs+1} = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\frac{4j\omega RC}{-4\omega^2R^2C^2+1+8j\omega\ldots}$$

condizione di Barkhausen sulla fase

$$\omega^* = \frac{1}{2RC}\ ; \quad f_{osc} = \frac{1}{4\pi RC} \simeq 80Hz$$

All'innesco:

$$-\beta_0 A_0 = 6 \cdot \frac{1}{2} = 3 > 1 \quad \text{Ok}$$

A regime

$$-\beta_0 A_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{1}{2} = 1 \quad \text{da cui}$$

$$R_2 = R_1 \quad \text{cioè} \quad 1 - v_{eff}/V_0 = R_1/R_{20}$$

$$v_{eff} = V_0 \left(1 - R_1/R_{20}\right) = 0.8\,V$$

Ampiezza $v_{UM} = \sqrt{2}\, v_{eff} \dfrac{R_1 + R_2}{R_2} = 2.2\cancel{6}\,V$

BODE (n°4)