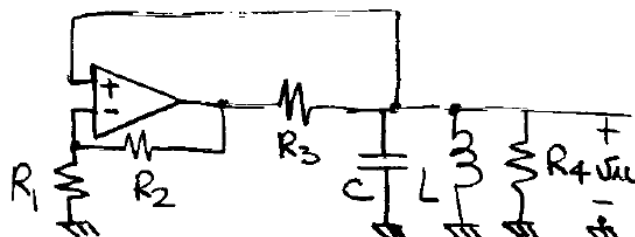


Esame di Elettronica
Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni
14 febbraio 2007
Parte A

1. Dato l'oscillatore rappresentato a lato, calcolare la frequenza di oscillazione e le determinare le condizioni sul valore di R_2 perché l'oscillazione si inneschi, *giustificando il procedimento*. Considerare l'amplificatore operazionale ideale. $L = 100 \mu\text{H}$, $C = 33 \mu\text{F}$, $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$, $R_3 = R_4 = 8.2 \text{ K}\Omega$



2. Reazionare un amplificatore operazionale con $A_v = 100$, $R_{in} = 6 \text{ M}\Omega$, $R_{out} = 800 \Omega$ in modo da ottenere una resistenza di ingresso maggiore di $100 \text{ M}\Omega$ e una resistenza di uscita maggiore di $50 \text{ K}\Omega$. Supporre che il carico sia una resistenza di $1 \text{ K}\Omega$.
3. Disegnare il circuito di un multivibratore monostabile, realizzato con un timer 555, che generi un'onda quadra con periodo 1 ms e duty cycle 0.25 . Giustificare il procedimento e descrivere il funzionamento del circuito.
4. Disegnare il circuito che usi un multiplexer per generare la seguente funzione logica:
 $Y = A \text{ xor } B \text{ xor } C \text{ xor } D$.

Punteggio totale Parte A: 14

Parte B

Dato l'amplificatore disegnato in figura, in cui J1 è un 2N3819, Q1 un BC109B, calcolare:

- il punto di riposo dei due transistori,
- l'amplificazione V_u/V_s a centrobanda,
- il limite superiore di banda e il limite inferiore di banda

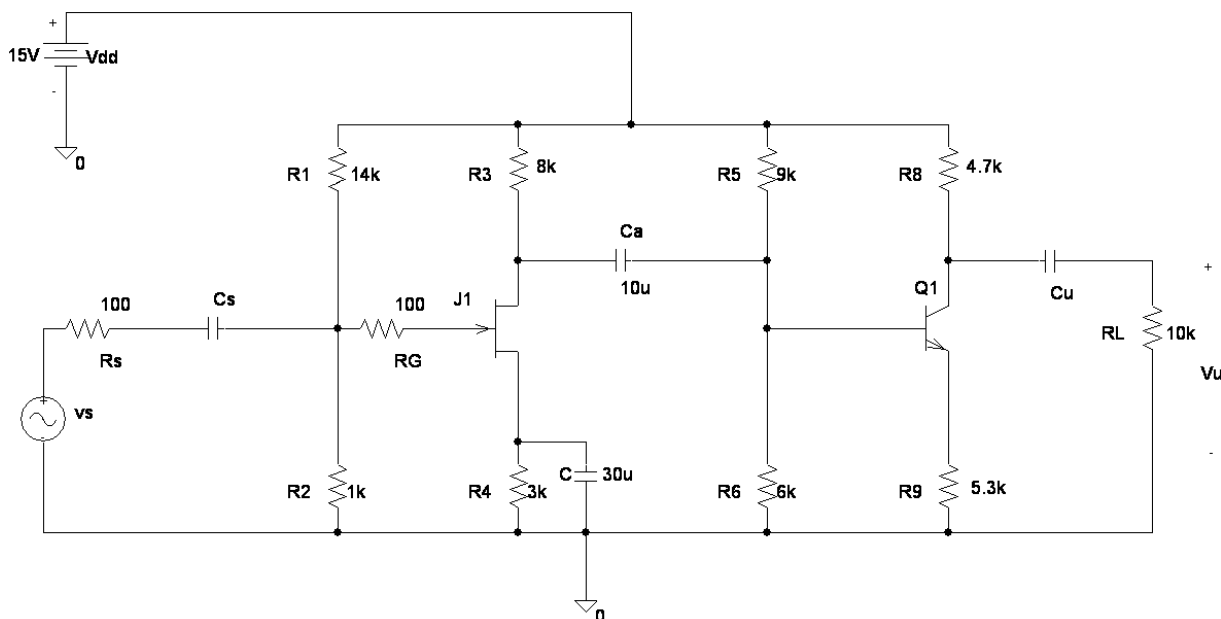
Ipotesi semplificative:

C_s e C_u sono di valore infinito (corto circuito a frequenza diversa da zero),

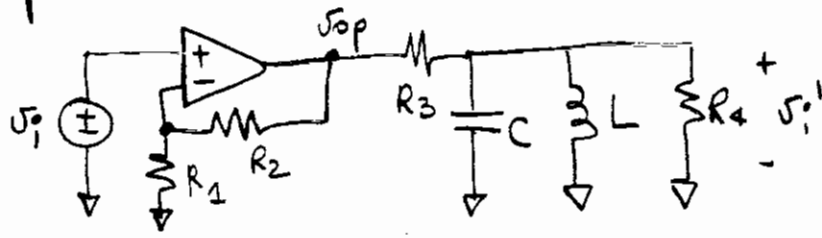
Q1: completamente resistivo, $h_{oe} = 0$

J1: r_d infinita

Punteggio totale Parte B: 14.



1) Apriamo l'anello di reazione



$$\beta A_e = \frac{v_o'}{v_i}$$

$$v_{op} = v_i \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) ; v_o' = v_{op} \frac{R_4 \parallel j\omega L \parallel \frac{1}{j\omega C}}{R_3 + R_4 \parallel j\omega L \parallel \frac{1}{j\omega C}}$$

$$\beta A_e = \frac{v_o'}{v_i} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_4 \parallel \left[\frac{j\omega L}{1 - \omega^2 LC} \right]}{R_3 + R_4 \parallel \left(\frac{j\omega L}{1 - \omega^2 LC} \right)}$$

$$\beta A_e = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{j\omega L R_4}{R_4(1 - \omega^2 LC) + j\omega L} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{j\omega L R_4}{R_3 R_4 (1 - \omega^2 LC) + j\omega L (R_3 + R_4)}$$

doppoima imponiamo

$$\angle \beta A_e = 0 \rightarrow 1 - \omega^2 LC = 0 \rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

frequenza alle quale la fase di βA_e è nulla

$$\beta A_e(\omega_0) = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{1}{2}$$

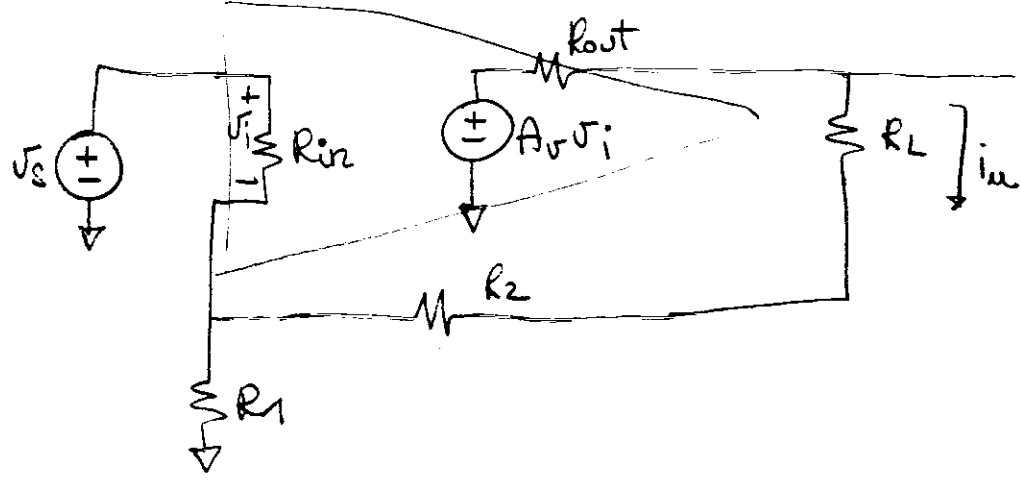
all'inesco deve essere $R_2 > R_1 \rightarrow \boxed{R_2 > 1 K\Omega}$

2)

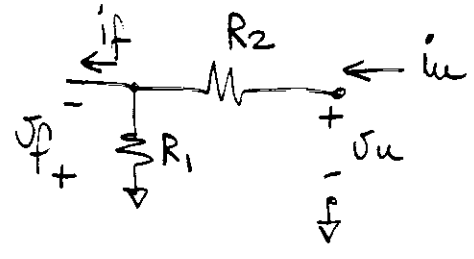
$A_v = 100$
 $R_{in} = 6 M\Omega$
 $R_{out} = 800 \Omega$

$R_{IF} > 100 M\Omega$
 $R_{OF} > 50 K\Omega$

→ Inserzione di Tensione, prelievo di corrente



Rete per β

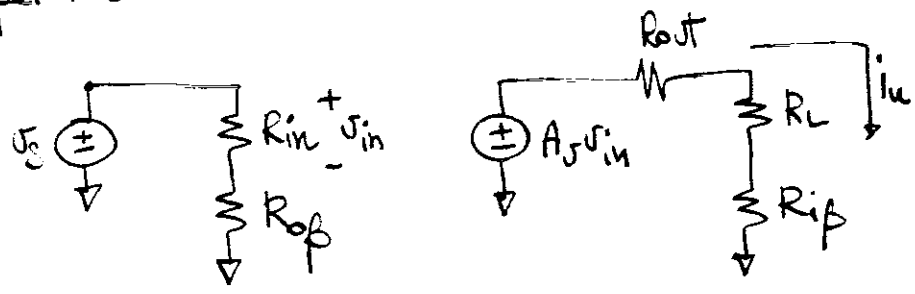


$$V_p = \beta i_u + R_{o\beta} i_f$$

$$V_u = R_1 \beta i_u + R_2 i_f$$

$$\beta \equiv \frac{V_f}{i_u} \Big|_{i_f=0} = -R_1 ; R_{o\beta} = \frac{V_p}{i_f} \Big|_{i_u=0} = R_1 ; R_{i\beta} = \frac{V_u}{i_f} \Big|_{i_u=0} = R_1 + R_2$$

Rete per A_e



$$V_{in} = V_s \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{o\beta}} \quad i_u = \frac{A_v V_{in}}{R_{out} + R_L + R_{i\beta}}$$

$$A_e = \frac{i_u}{V_s} \Big|_{\beta \rightarrow 0} = \frac{A_v}{R_{out} + R_{i\beta} + R_L} \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{o\beta}} \Rightarrow \beta A_e = \frac{R_1 A_v}{R_{out} + R_1 + R_2 + R_L} \frac{R_{in}}{R_{in} + R_1}$$

$$R_{i\beta} = (R_{in} + R_1)(1 - \beta A_e) > 100 \text{ M}\Omega$$

$$R_{o\beta} = (R_{i\beta} + R_{out})(1 - \beta A_e) \Big|_{R_L=0} > 50 \text{ k}\Omega$$

\uparrow
R+R2 800

se
 $R_1 + R_2 = 2 \text{ k}\Omega$

$\approx 1 - \beta A_e = 20$

le condizioni sono soddisfatte

$$\beta A_v = -19 = \frac{-R_1 A_v}{R_{out} + R_1 + R_2 + R_L} \quad \frac{R_{in}}{R_{in} + R_1} = \frac{-R_1 R_{in}}{R_{in} R_1} \cdot \frac{100}{800 + 2000 + 1000}$$

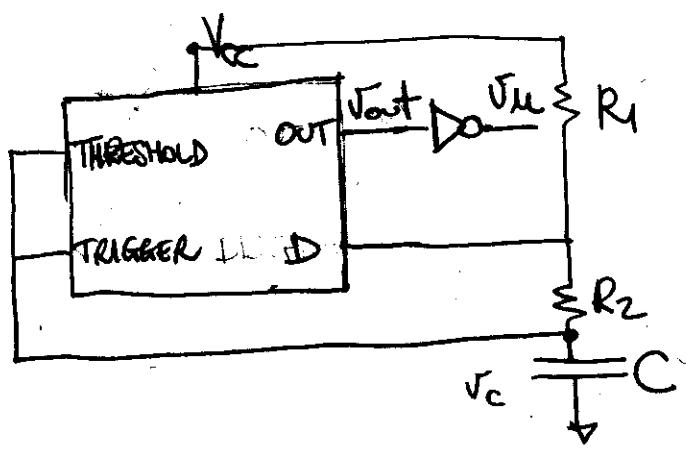
$$R_1 // R_{in} = \frac{19 \cdot 3800}{100} = 722 \Omega$$

$$R_1 \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{in}} \right] = \frac{1}{722} \rightarrow R_1 = \left[\frac{1}{722} - \frac{1}{R_{in}} \right]^{-1} = 722 \Omega$$

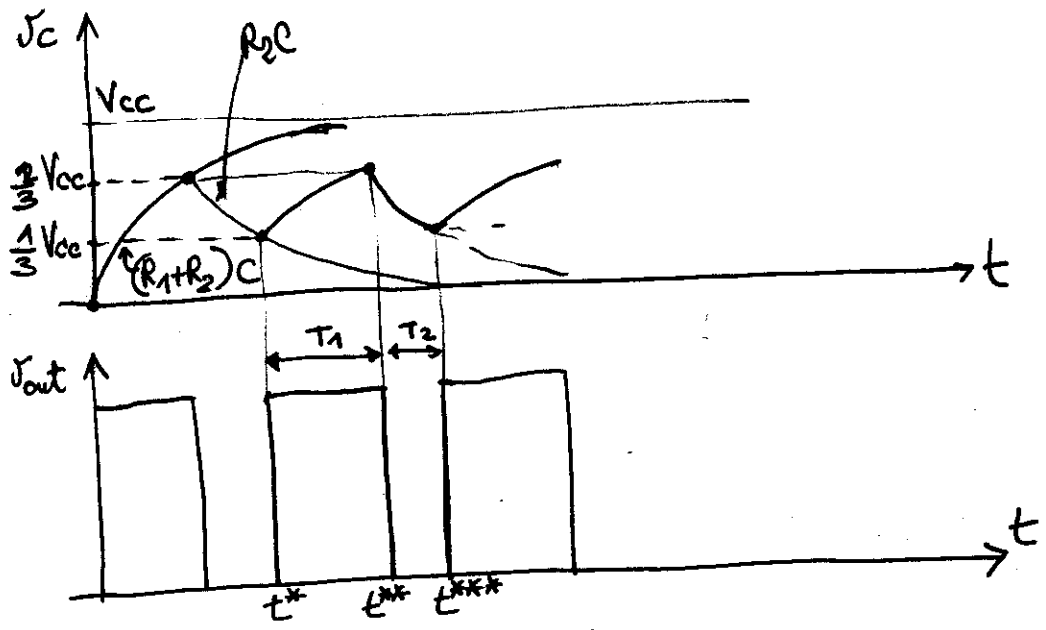
(R_{in} è molto più grande)

$$R_2 = 1278 \Omega$$

3



supponiamo che per $t=0$ la capacità sia scarica



Calcoliamo T_1 :

$$V_c(t) = \frac{1}{3} V_{cc} + \frac{2}{3} V_{cc} \left(1 - e^{-\frac{t-t^*}{C(R_1+R_2)}} \right)$$

$$t^{**} = T_1 + t^* \rightarrow V_c(t^{**}) = \frac{1}{3} V_{cc} + \frac{2}{3} V_{cc} \left(1 - e^{-\frac{T_1}{C(R_1+R_2)}} \right) = \frac{2}{3} V_{cc}$$

$$2 \left(1 - e^{-\frac{T_1}{C(R_1+R_2)}} \right) = 1 \rightarrow T_1 = (R_1 + R_2) C \ln 2$$

calcoliamo T_2

per $t > t^{**}$

$$V_c(t) = \frac{2}{3} V_{cc} e^{-\frac{t-t^*}{R_2 C}}$$

$$t^{***} = t^{**} + T_2 : V_c(t^{***}) = \frac{1}{3} V_{cc} = \frac{2}{3} V_{cc} e^{-\frac{T_2}{R_2 C}}$$

$$T_2 = R_2 C \ln 2$$

nota che $T_1 > T_2$ quindi se vogliamo avere un duty cycle $\approx 0,25$ bisogna invertire V_{out} (V_u)

poniamo $T_2 = \frac{1}{3} T_1 \rightarrow R_2 C \ln 2 = \frac{1}{3} (R_1 + R_2) C \ln 2$

$$\frac{2}{3} R_2 = \frac{1}{3} R_1$$

$$R_1 = 2 R_2$$

per esempio

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 5 \text{ k}\Omega$$

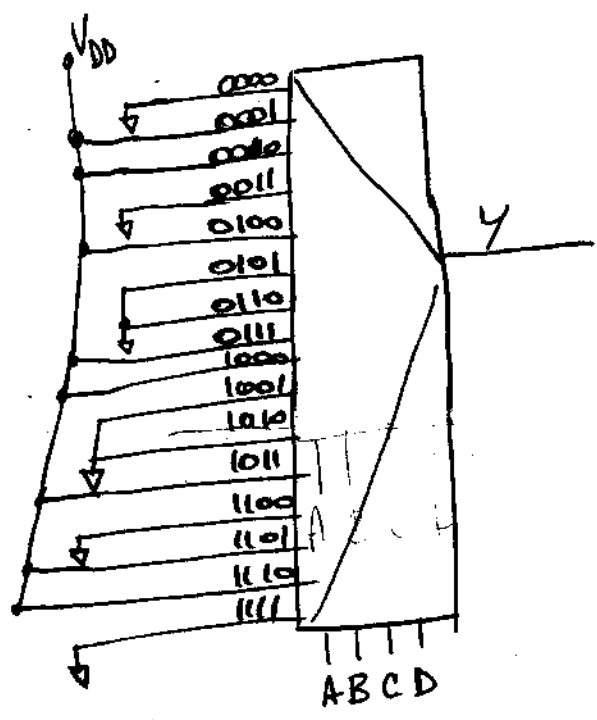
$$T_1 + T_2 = (R_1 + 2R_2) C \ln 2 = 1 \text{ ms}$$

$$C = \frac{10^{-3}}{20 \cdot 10^3 \ln 2} \quad F = \underline{\underline{72 \text{ nF}}}$$

4

	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	1	0	1	0
11	0	1	0	1
10	1	0	1	0

se c'è un numero pari di 1 l'uscita è 0.
 numero 16 a 1



PARTE B

PUNTO DI RIPOSO JFET:

$$V_{GS_{app}} = -3V \quad V_G = V_{dd} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 1V$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_G - R_4 I_{DS} \Rightarrow \begin{cases} V_{GS} = -2V \\ I_{DS} = 1mA \end{cases}$$

$$V_{DS} = V_{dd} - (R_3 + R_4) I_{DS} = 4V \quad (V_{DS} > V_{GS} - V_p \Rightarrow OK)$$

PUNTO DI RIPOSO BJT:

$$V_B = V_{dd} \frac{R_6}{R_5 + R_6} = 6V \quad \text{H.p. partecolare pesante}$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 5,3V$$

$$I_C \cong I_E = \frac{V_E}{R_9} = 1mA$$

$$V_{CE} = V_{dd} - (R_8 + R_9) I_C = 5V$$

$$\beta_{FE} = 0,9 \cdot 290 = 261$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{FE}} \cong 3,83 \mu A$$

$$I_{5,6} = \frac{V_{dd}}{R_5 + R_6} = 1mA \gg I_B \quad (\text{H.p. partecolare pesante verificata})$$

PARAMETRI DI PICCOLO SEGNALE JFET:

$$g_m \cong 2mS \quad C_{DS} \cong 2,5pF \quad C_{GS} \cong 1,2pF$$

$$C_{GD} = 1,2pF \quad C_{GS} = 1,3pF$$

PARAMETRI DI PICCOLO SEGNALE BJT:

$$\beta_{FE} = 300 \quad h_{ie} @ 2mA = 4,8K\Omega$$

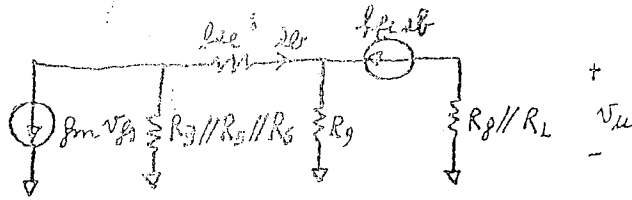
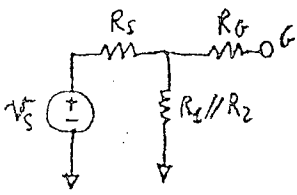
$$r_{e'e} @ 2mA = \frac{V_T \beta_{FE}}{I_C @ 2mA} = 3,9K\Omega \quad r_{e'e'} = 900\Omega$$

$$r_{e'e} = \frac{V_T \beta_{FE}}{I_C} = 7,8K\Omega \Rightarrow h_{ie} = r_{e'e'} + r_{e'e} = 8,7K\Omega$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 38,5mS \quad f_T \cong 125MHz$$

$$C_{\mu} \cong 5pF \Rightarrow C_n = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{\mu} \cong 4,4pF$$

GUADAGNO A CENTRO BANDA:



$$v_u = -R_9 // R_L \beta v_{gs}$$

$$v_u = - \frac{\beta v_{gs} R_3 // R_5 // R_6}{R_3 // R_5 // R_6 + h_{ie} + R_9 (\beta + 1)}$$

$$v_{gs} = v_s \frac{R_1 // R_2}{R_s + R_1 // R_2} \Rightarrow A_{CB} = \frac{v_u}{v_s} = \frac{R_1 // R_2}{R_s + R_1 // R_2} \cdot \frac{R_3 // R_5 // R_6 (R_9 // R_L)}{R_3 // R_5 // R_6 + h_{ie} + R_9 (\beta + 1)} \beta \approx 2,67$$

0,903 4,9

LIMITE INFERIORE DI BANDA:

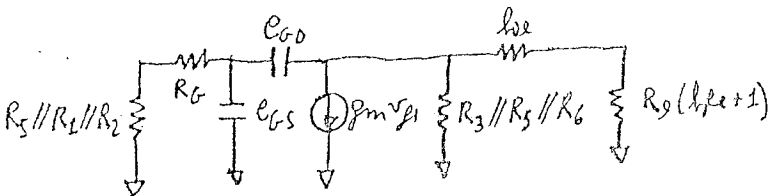
$$R_{ve} = R_4 // \frac{1}{\beta} \approx 428,6 \Omega$$

$$R_{veA} = R_3 + R_6 // R_5 // [h_{ie} + R_9 (\beta + 1)] \approx 11,6 k\Omega$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{1}{e R_{ve}} + \frac{1}{e_A R_{veA}} \right] \approx 13,75 \text{ Hz}$$

37,79 8,62

LIMITE SUPERIORE DI BANDA:



$$R_{veGS} = R_G + R_1 // R_2 // R_5 \approx 190,32 \Omega$$

$$R_{veGD} = R_{veGS} + [R_3 // R_5 // R_6 // (h_{ie} + R_9 (\beta + 1))] \cdot (1 + \beta R_{veGS}) \approx 3,6 k\Omega$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi (C_{GS} R_{veGS} + C_{GD} R_{veGD})} \approx 34,86 \text{ MHz}$$