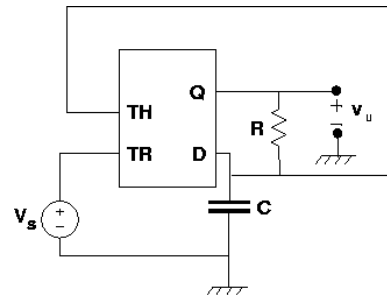


Esame di Elettronica
Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni
19 settembre 2007
Parte A

1. Si consideri un amplificatore di tensione con $A_v = 1000$ e polo $\omega_p = -100$ rad/s, $R_{in} = 2\text{ M}\Omega$, $R_{out} = 1\text{ M}\Omega$. Si reazioni n modo da ottenere un amplificatore con impedenza di ingresso di $80\text{ M}\Omega$ e impedenza di uscita maggiore di $10\text{ M}\Omega$. Una volta scelta e dimensionata la rete di reazione, si calcolino le resistenze di ingresso e uscita così ottenute, e il limite superiore di banda del sistema.
2. Disegnare lo schema di un oscillatore di Colpitts e dimensionare i componenti in modo che si inneschi un'oscillazione a frequenza 1 MHz . Giustificare il procedimento.
3. Disegnare e quotare la porta complessa CMOS con il minor numero di transistori che svolga la funzione logica $Y = (\overline{A}\overline{B}C + A\overline{C} + \overline{A}C)$.
4. Rappresentare (sulla stessa scala temporale) l'andamento nel tempo della tensione sulla capacità e della tensione di uscita del circuito indicato a lato, supponendo che $V_s(t)$ abbia il seguente andamento:
 $t < 0$: $V_s(t) = V_{cc} = 5\text{ V}$
 $0 < t < 1\text{ ms}$: $V_s(t) = 1\text{ V}$
 $t > 1\text{ ms}$: $V_s(t) = 4\text{ V}$
 Giustificare il procedimento, ponendo $R = 1\text{ K}\Omega$, $C = 50\text{ nF}$.



Punteggio totale Parte A: 14.

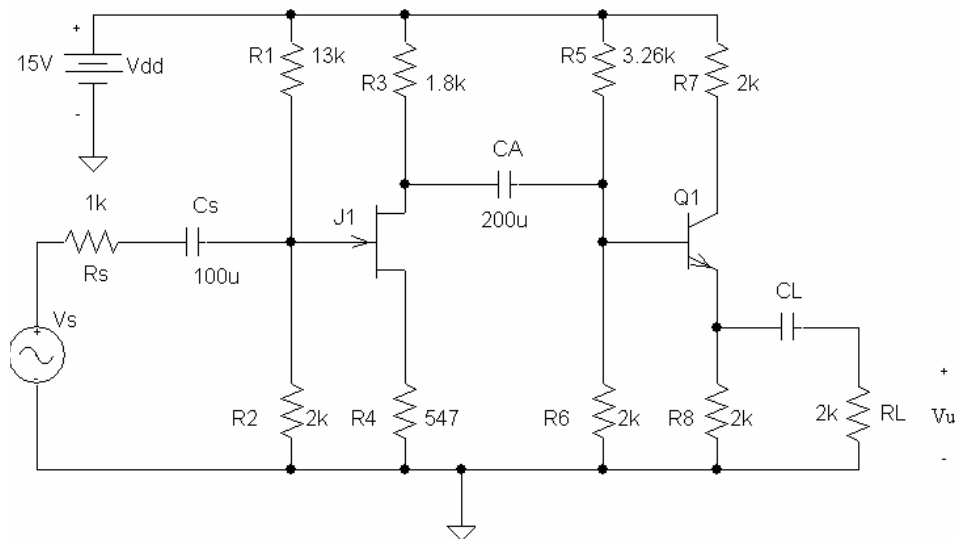
Parte B

Dato l'amplificatore disegnato in figura, calcolare:

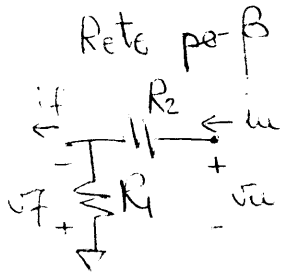
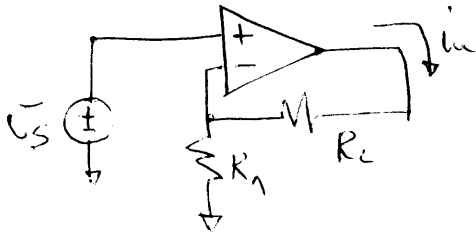
- il punto di riposo dei due transistori,
- l'amplificazione V_u/V_s a centrobanda,
- il limite superiore di banda e il limite inferiore di banda

NOTE: Il BJT è un BC109B con $h_{oe}=0$, $h_{re}=0$; Il JFET è un 2N3819 con $r_d \rightarrow \infty$ e **resistivo**
 Il condensatore C_L ha valore praticamente infinito

Punteggio totale Parte B: 14.



1) Si richiede $R_{IF} = 80 M\Omega > R_{in}$ e $R_{OF} > 1 M\Omega > R_{out}$,
 quindi bisogna scegliere una reazione con presenza di corrente
 e inserzione di tensione

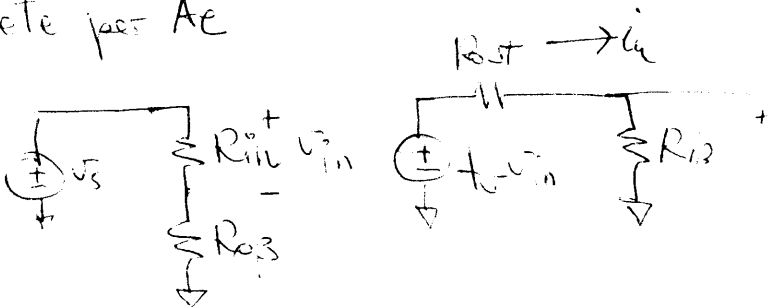


$$v_f = \beta i_L + R_2 \beta i_f$$

$$v_u = R_1 \beta i_L - R_1 \beta i_f$$

$$\beta = \frac{v_f}{i_L} \Big|_{i_f=0} = R_2, \quad R_{OF} = \frac{v_f}{i_f} \Big|_{i_L=0} = R_1, \quad R_{IF} = \frac{v_u}{i_f} \Big|_{i_L=0} = R_1 + R_2$$

Rete per A_e



$$A_e = \frac{i_L}{v_s} \Big|_{\beta=0} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{op}} A_V \frac{1}{R_{out} + R_L} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_1} A_V \frac{1}{R_{out} + R_1 + R_2}$$

$$R_{OF} = (R_{in} + R_{op})(1 - \beta A_e) = 80 M\Omega$$

$$R_{IF} = (R_{out} + R_{IF}) (1 - \beta A_e) \geq 10 M\Omega$$

poniamo $R_{op} = R_1 = 100 k\Omega$ e $1 - \beta A_e = \frac{50 \cdot 10^6}{31 \cdot 10^6} = 37.09$

$$\beta A_e = 37.09 = - \frac{R_1 R_{in}}{R_{in} - R_1} A_V \frac{1}{R_{out} + R_1 + R_2}$$

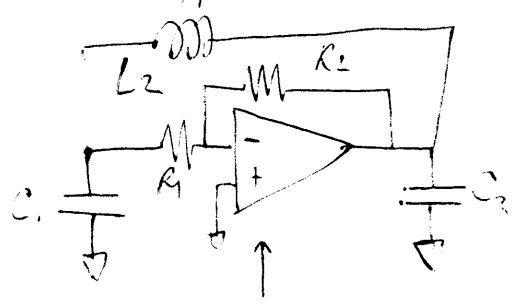
da cui $R_2 = \frac{R_1 R_{in}}{R_{in} + R_1} \frac{A_V}{(37.09)} - R_{out} = \frac{100 k\Omega \cdot 10^6}{10^6 + 10^5} \frac{10^6}{37.09} - 100 k\Omega = 1.46 M\Omega - 100 k\Omega = 1.36 M\Omega$

Verifica $R_{of} = 2000 \cdot 3809 = 80 \text{ M}\Omega$

$R_{if} = (10^6 + 156 \cdot 10^6) \cdot 3809 = 97.51 \text{ M}\Omega$ (ok)

fH. $f_p (1 - \beta A_e) = 608 \text{ Hz}$

2)



amplificatore invertente

per la risonanza si immagina è necessario

$X_1 + X_2 + X_3 = 0 \quad -\frac{1}{\omega C_1} + L_2 \omega + \frac{1}{\omega C_3} = 0$

~~per la risonanza si immagina è necessario~~

poniamo $C_1 = C_3 = C$

$L_2 C \omega^2 = 2$

$\omega = 2\pi \cdot 10^6 \text{ rad/s}$

$C = 47 \text{ nF} \quad \Rightarrow \quad L_2 = 1 \mu\text{H}$

inoltre

$\frac{X_2}{X_1} A > 1 \Rightarrow \underline{\underline{A > 1}}$

debbiamo anche avere

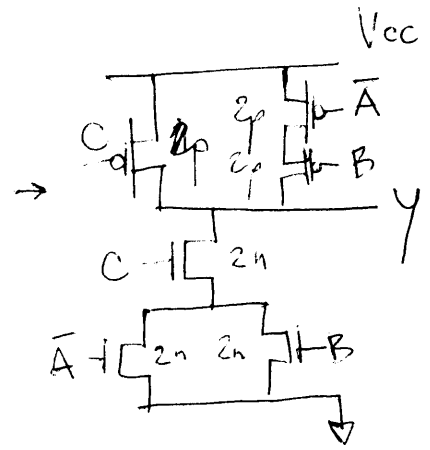
$R_1 \gg \frac{1}{\omega C_1}$ in modo che la Z_1 sia solo capacitiva

$\frac{1}{\omega C_1} = 3.4 \Omega \rightarrow$ posso scegliere $R_1 = 1 \text{ K}\Omega, R_2 = 5 \text{ K}\Omega$

3)

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

$Y = \bar{C} + \bar{A}B$



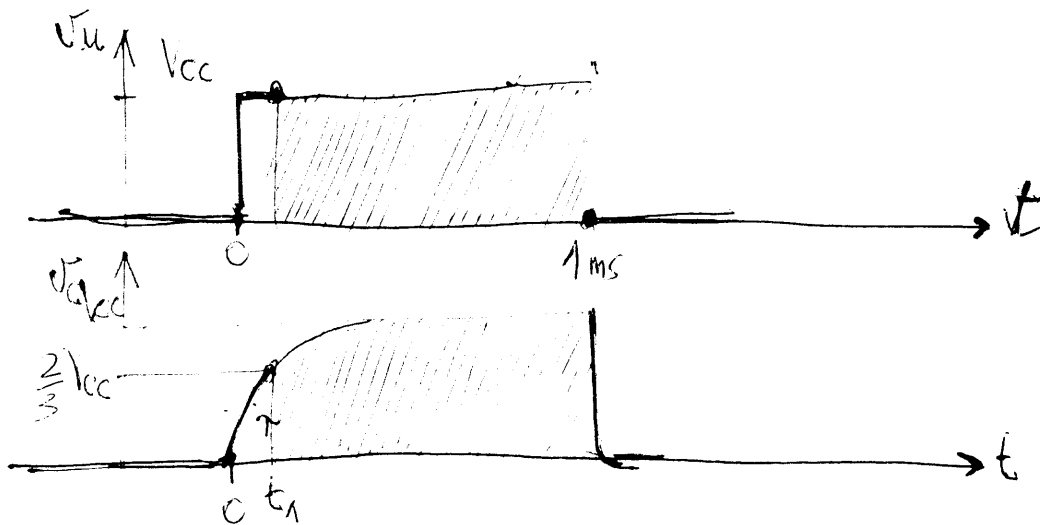
4) per $t < 0$ la soluzione stabile è $Q = 0$, $v_c = 0$, $v_u = 0$

infatti $v_s = 5V$ implica che $S = 0$ e

$v_u = 0$ implica che anche $R = 0$ cioè che lo stato si conserva

per $t = 0^+$ $v_s = 1V < \frac{1}{3}V_{cc}$ quindi $S = 1$ e il flipflop SR

si aziona: $Q = 1 \rightarrow v_u = V_{cc}$ e l'uscita discharge va in alta impedenza, in modo che la capacità C ammiccia a caricarsi attraverso R a tensione V_{cc}



Chiamiamo t_1 l'istante in cui v_c raggiunge $\frac{2}{3}V_{cc}$.

$$v_c(t) = V_{cc} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad \text{con } \tau = RC = 50 \mu s$$

$$v_c(t_1) = \frac{2}{3}V_{cc} \rightarrow t_1 = \tau \ln 3 = 55 \mu s$$

per $t > t_1$ abbiamo

$v_{\text{threshold}} > \frac{2}{3}V_{cc}$ e $v_{\text{trigger}} < \frac{1}{3}V_{cc}$, quindi l'ingresso del flip flop è SR=11

lo stato in ingresso non è corretto ~~flip flop~~ e l'uscita non è determinata (tipicamente si ha $Q = 0$ e $\bar{Q} = 0$).

La situazione permarrà fino a 1ms, quando $v_s = 4V > \frac{1}{3}V_{cc}$ e quindi abbiamo $R = 1$ e $S = 0$ quindi il flip flop viene resettato e v_c viene scaricata e torna a 0.

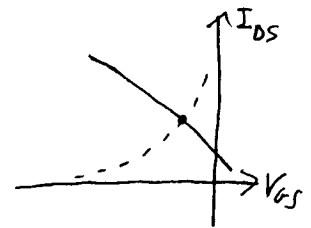
PARTE B

PUNTO DI RIPOSO JFET:

$$V_{GS\text{off}} = -3V \quad V_G = V_{DD} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 2V$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_G - R_4 I_{DS} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{DS} = \frac{V_G - V_{GS}}{R_4}$$



Per via grafica si viene:

$$\begin{cases} V_{GS} = -0,9V \\ I_{DS} = 5,5mA \end{cases}$$

$$V_{DS} = V_{DD} - (R_3 + R_4) I_{DS} = 2,2V$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_{GS\text{off}} \Rightarrow \text{OK (JFET IN Z.S.)}$$

PUNTO DI RIPOSO BJT:

$$V_B = V_{DD} \frac{R_6}{R_5 + R_6} = 5,7V$$

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

$$I_E \approx \frac{V_E}{R_E} = 2,5mA$$

$$V_{CE} = V_{DD} - (R_7 + R_8) I_C = 5V$$

$$h_{FE} \approx 290$$

$$I_B = \frac{I_E}{h_{FE}} \approx 8,62\mu A$$

$$I_{S,6} = \frac{V_{DD}}{R_5 + R_6} = 2,9mA \Rightarrow I_{S,6} \gg I_B$$

↳ h_{FE} particolare pesante verificata

PARAMETRI DI PICCOLO SEGNALE JFET:

$$g_m \approx 4,7mS$$

PARAMETRI DI PICCOLO SEGNALE BJT:

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

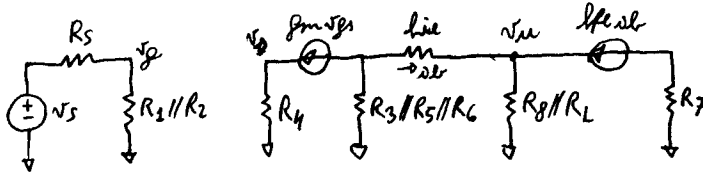
$$r_{e'} @ 2mA = \frac{V_T h_{fe}}{I_C @ 2mA} = 3,9K\Omega \Rightarrow r_{e'e} = 900\Omega$$

$$r_{e'e} = \frac{V_T h_{fe}}{I_C} = 3,12K\Omega \Rightarrow h_{ie} = 4,02K\Omega$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} \approx 96,2mS \quad f_T \approx 150MHz$$

$$C_{\mu} |_{V_{CE} = 4,3V} \approx 4,8pF \Rightarrow C_{\pi} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{\mu} \approx 97,2pF$$

GUADAGNO A CENTRO BANDA:



$$v_u = R_8 // R_L (h_{fe} + 1) v_b$$

$$(-g_m v_p - \lambda b)(R_3 // R_5 // R_6) = h_{ie} v_b + R_8 // R_L (h_{fe} + 1) v_b \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_b = \frac{-g_m v_p (R_3 // R_5 // R_6)}{h_{ie} + R_3 // R_5 // R_6 + R_8 // R_L (h_{fe} + 1)}$$

$$v_{p1} = v_s \frac{R_1 // R_2}{R_s + R_1 // R_2} - g_m v_p R_4 \Rightarrow v_p = \frac{R_1 // R_2}{R_s + R_1 // R_2} \frac{v_s}{1 + g_m R_4}$$

$$A_{vB} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{-R_4 // R_2}{R_s + R_1 // R_2} \frac{g_m (R_3 // R_5 // R_6)}{h_{ie} + R_3 // R_5 // R_6 + R_8 // R_L (h_{fe} + 1)} \frac{(R_8 // R_L) (h_{fe} + 1)}{1 + g_m R_4} \approx -0,62$$

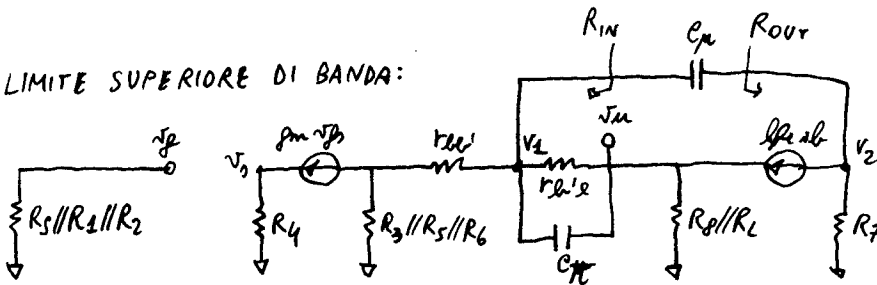
LIMITE INFERIORE DI BANDA:

$$R_{ves} \Big|_{e_A \text{ cc}} = R_s + R_1 // R_2 \approx 2,73 \text{ k}\Omega$$

$$R_{veA} \Big|_{e_s \text{ cc}} = R_3 + R_5 // R_6 // [h_{ie} + R_L // R_8 (h_{fe} + 1)] \approx 3,03 \text{ k}\Omega$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{1}{C_s R_{ves}} + \frac{1}{C_A R_{veA}} \right] \approx 0,84 \text{ Hz}$$

LIMITE SUPERIORE DI BANDA:



$$R_{ven} \Big|_{e_{\mu} \text{ open}} = r_{be}'' // \left[\frac{r_{be}' + R_3 // R_5 // R_6 + R_8 // R_L}{1 + g_{m_{BJT}} (R_8 // R_L)} \right] \approx 26,88 \Omega$$

$$R_{ve\mu} \Big|_{e_A \text{ open}} = R_{in} (1 + |A_v|) + R_{out} \approx 418,72 \Omega$$

$$\text{con } R_{in} = (r_{be}' + R_3 // R_5 // R_6) // [r_{be}'' + R_8 // R_L (h_{fe} + 1)] \approx 1,63 \text{ k}\Omega$$

$$R_{out} = R_7$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi (C_{\pi} R_{ven} + C_{\mu} R_{ve\mu})} \approx 34,4 \text{ MHz}$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = - \frac{R_7 h_{fe}}{r_{be}'' + R_8 // R_L (h_{fe} + 1)} \approx -1,97$$