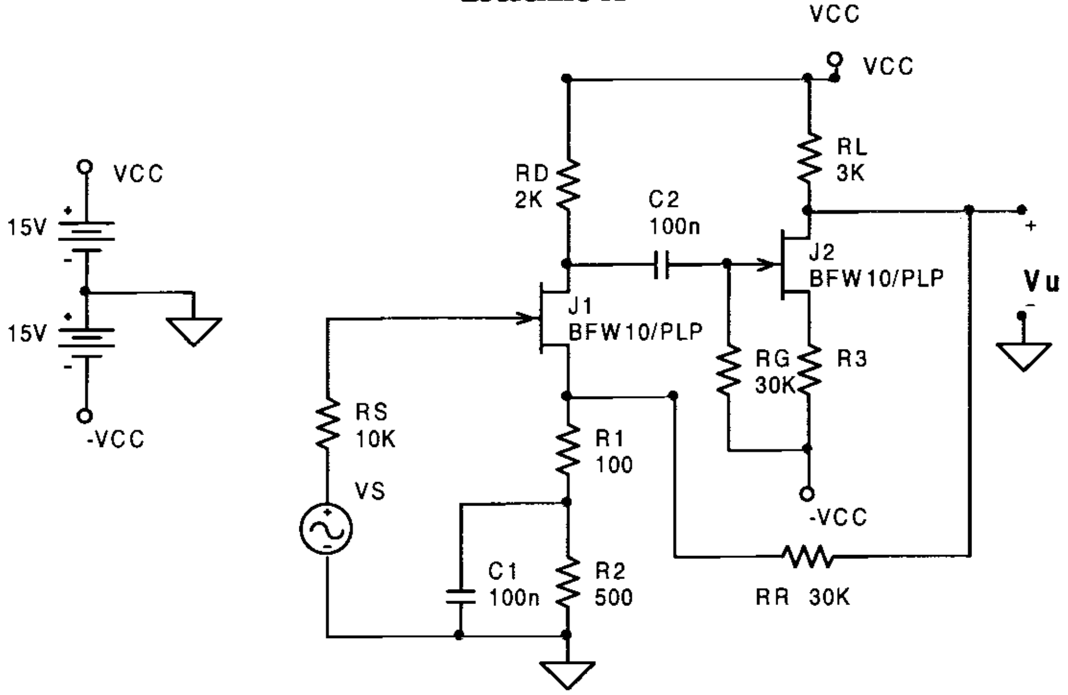
Elettronica II

Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica
27 settembre 2001

Esercizio A

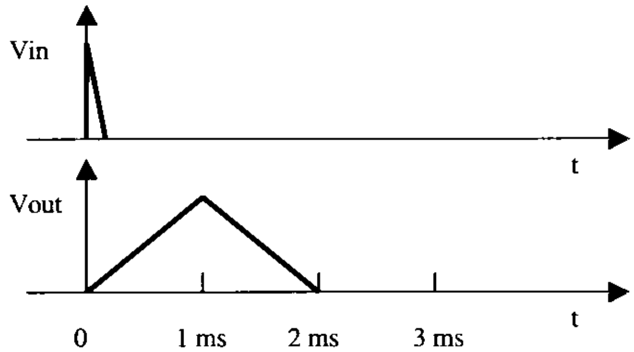


Le tensioni di alimentazione sono Vcc= 15 V.e -Vcc = -15 V. J1 e J2 sono transistori BFW10: si supponga che per J1 e J2 la r_d sia infinita, e che J1 e J2 siano resistivi.

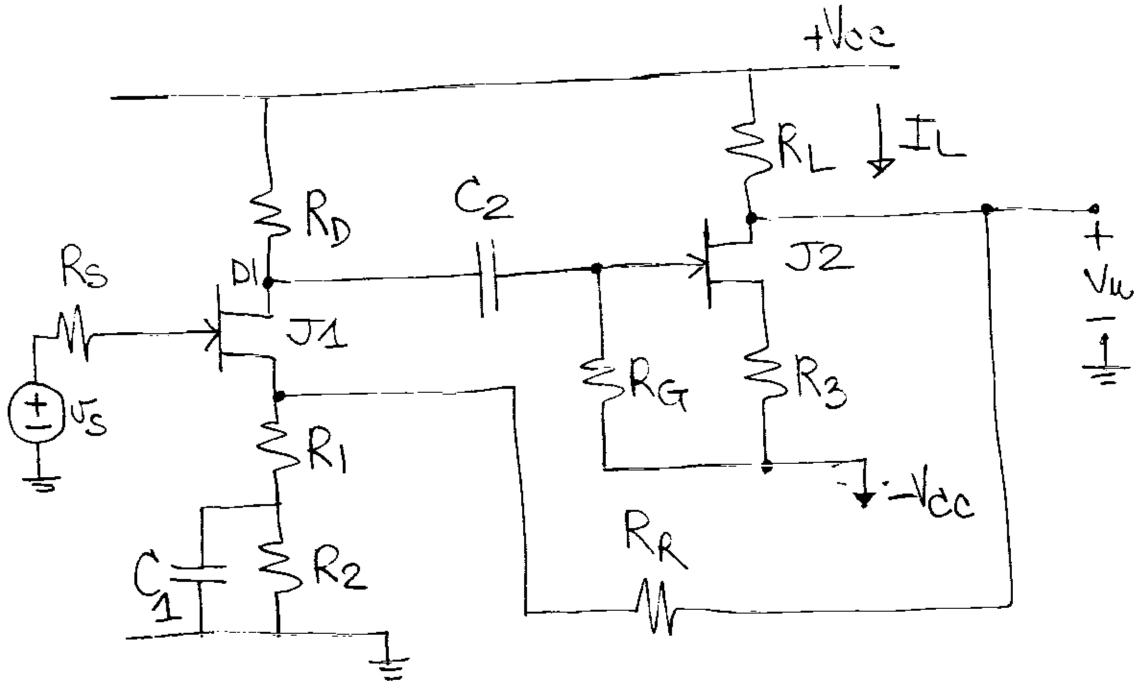
Con riferimento al circuito di figura:
1. calcolare il valore di R3 che consenta di ottenere una Vu nulla a riposo.
2. determinare la funzione di trasferimento Vu/Vs e tracciarne i diagrammi di Bode.
3. calcolare la cifra di rumore a 100 KHz considerando solo i contributi di rumore di J1 e del rumore termico della resistenza R1.

Esercizio B

Disegnare e discutere lo schema circuitale di un sistema elettronico in grado di generare in uscita un impulso della forma indicata in figura ogni volta che riceve un impulso positivo in ingresso.



1



A1

se $V_u = 0$ $\quad I_L = \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{15}{3} = 5\,mA$

$\tilde{R} = (R_1 + R_2) /\!/ R_R = 600 /\!/ 30000 = 592\,\Omega$

$V_{GS1} = -\tilde{R} I_{D1}$

dalle caratteristiche troviamo

$I_{D1} = 4\,mA \quad V_{GS1} = -2{,}4\ V$

$\frac{V_{CC} - V_{D1}}{R_D} = I_{D1} \Rightarrow V_{D1} = V_{CC} - R_D I_{D1}$

$= 15 - 2 \cdot 4 = 7\ V$

$V_{DS1} = V_{D1} + V_{GS1} = 7 - 2{,}4 = 4{,}6\ V$

$V_{S2} = -V_{CC} - V_{GS2} = -13\ V$

$R_3 = \frac{V_{S2} + V_{CC}}{I_{D2}} = \frac{2}{5{,}08} = 0.4\ k\Omega = 400\,\Omega$

$I_{D2} = I_L + V_{S1}/R_R = 5 + \frac{2{,}4}{30} = 5{,}08\,mA$

Parametri del circuito per il piccolo segnale

J1 : $I_{D1} = 4mA$

$V_{GS1} = -2{,}4V$

$V_{DS1} = 4{,}6V$

$g_{m1} = 2{,}64\,mS$

$C_{gd} = |C_{rss}| = 0{,}6pF$

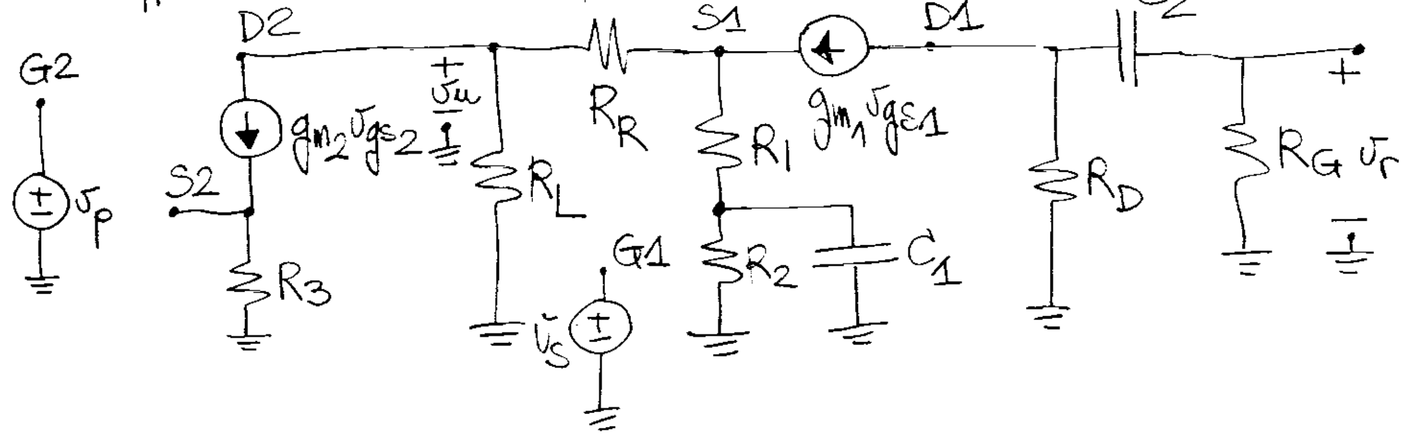
J2: $I_{D2} = 5mA$

$V_{GS2} = -2V$

$V_{DS2} = 13V$

$g_{m2} = 3{,}3\,mS$

A2 Effettuiamo una scomposizione tra il gate di J2 e massa



rete per α: quando $v_p = 0$ allora $v_{gs2} = 0$

$$\alpha_\infty = \frac{-g_{m1}\, R_D /\!/ R_G}{1 + g_{m1}[R_1 /\!/ (R_R + R_L)]} = \frac{-2{,}64 \times 1{,}875}{1 + 2{,}64 \times 10^{-3} \times 99{,}7} = 3{,}92$$

$$R_{VC_1} = R_2 /\!/ \Big[R_1 + \underbrace{(R_R + R_L) /\!/ \frac{1}{g_{m1}}}_{379\Omega}\Big] = 243\,\Omega$$

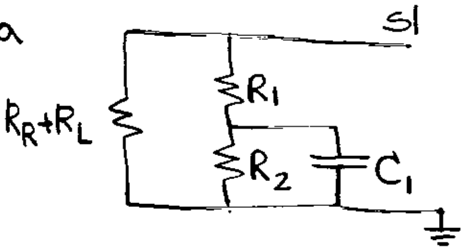
$$s_{p1} = -\frac{1}{R_{VC_1} C_1} = -41.1\ \text{Krad/s}$$

$$R_{VC_2} = R_D + R_G = 32\,K\Omega$$

$$s_{p2} = -\frac{1}{R_{VC_2} C_2} = -312{,}5\ \text{rad/s}$$

uno zero nell'origine

uno zero quando l'impedenza è infinita



$$\left[R_1+\frac{R_2}{R_2C_1s+1}\right]^{-1}=-\frac{1}{R_R+R_L}$$

$$\frac{R_2C_1s+1}{R_1R_2C_1s+R_1+R_2}=-\frac{1}{R_R+R_L}\Rightarrow (R_R+R_L)(1+R_2C_1s)=-(R_1+R_2+R_1R_2C_1s)$$

$$\left[(R_R+R_L)R_2C_1+R_1R_2C_1\right]s=-(R_1+R_2+R_R+R_L)$$

$$s_{z1}=-\frac{R_1+R_2+R_R+R_L}{(R_R+R_L+R_1)R_2C_1}=\frac{-33600}{1.655}=-20{,}3\text{ Krad/s}$$

$$\alpha=\alpha_\infty\frac{s(s-s_{z1})}{(s-s_{p1})(s-s_{p2})}$$

$$\gamma_\infty=\frac{g_{m1}\left[R_1/\!/(R_R+R_L)\right]}{1+g_{m1}\left[R_1/\!/(R_R+R_L)\right]}\cdot\frac{R_L}{R_L+R_R}=0.2084\cdot0{,}091=1{,}89\cdot10^{-2}$$

$$\gamma_0=\frac{g_{m1}\left[(R_1+R_2)/\!/(R_R+R_L)\right]}{1+g_{m1}\left[(R_1+R_2)/\!/(R_R+R_L)\right]}\cdot\frac{R_L}{R_L+R_R}=0.6087\cdot0.091=5.54\cdot10^{-2}$$

il polo di γ è s_{p1}, lo zero è $s_{z3}=s_{p1}\dfrac{\gamma_0}{\gamma_\infty}=-120.4$ Krad/s

$$\gamma=\gamma_\infty\frac{s-s_{z3}}{s-s_{p1}}\qquad \gamma_{\infty\,dB}=-34.47\text{ dB}$$

$$A_\infty=\frac{-g_{m2}}{1+g_{m2}R_3}\,R_L/\!/\left[R_R+R_1/\!/\frac{1}{g_{m1}}\right]=3.88$$

$$A_0=-g_{m2}/(1+g_{m2}R_3)\cdot R_L/\!/\left[R_R+(R_1+R_2)/\!/\frac{1}{g_{m1}}\right]=3.88$$

$A_0 \simeq A_\infty = A$ costante

$$\beta A_\infty = \frac{-g_{m_2}}{1+g_{m_2}R_3} \frac{R_L}{R_L+R_R+\left(R_1 /\!/ \frac{1}{g_{m_1}}\right)} \times \frac{R_1}{R_1+\frac{1}{g_{m_1}}} R_D /\!/ R_G$$

$$= \frac{3.3}{2.32} \cdot \frac{3}{33.079} \times \frac{0.1}{0.478} \times 1.875 = -0.05$$

βA ha uno zero nell'origine e uno zero quando

$$R_1 + \frac{R_2}{1+R_2C_1s} = 0$$

$$R_1\left(1+R_2C_1s_{z\beta A}\right) + R_2 = 0$$

$$s_{z\beta A} = -\left(\frac{R_2}{R_1}+1\right)\frac{1}{R_2C_1} = -120 \text{ Krad/s}$$

$$\beta A = \beta A_\infty \frac{s(s-s_{z\beta A})}{(s-s_{p1})(s-s_{p2})}$$

$$A' = \frac{\alpha A}{1-\beta A} = \frac{\alpha_\infty A\, s(s-s_{z1})}{(s-s_{p1})(s-s_{p2}) - \beta A_\infty s(s-s_{z\beta A})}$$

denominatore

$$s^2(1-\beta A_\infty) + s(-s_{p1}-s_{p2}+\beta A_\infty s_{z\beta A}) + s_{p1}s_{p2}$$

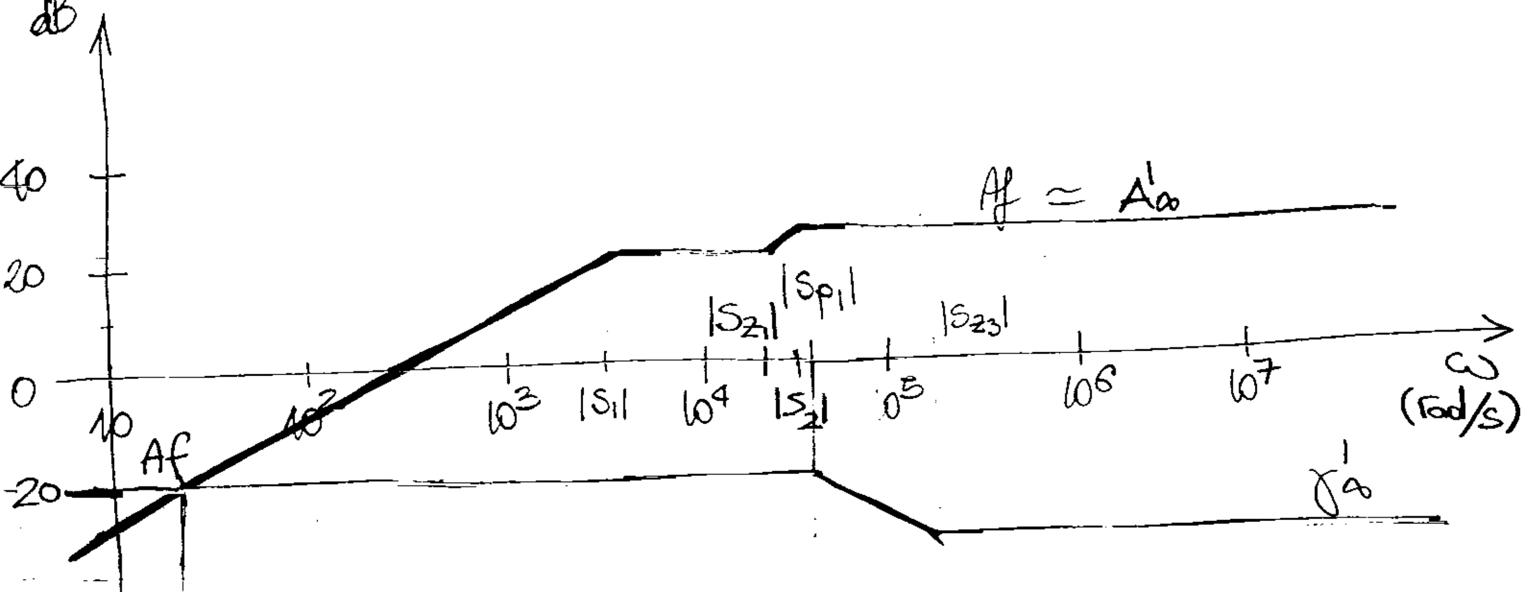
$$s^2\, 1.05 + s\, 35412 + 12.8\cdot 10^6$$

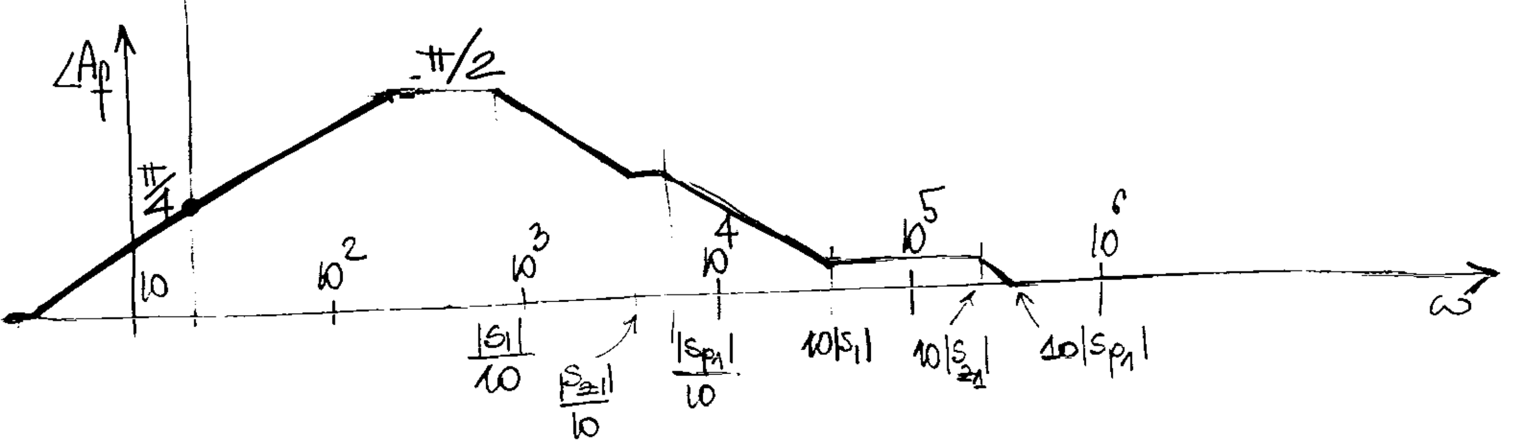
$$s = \frac{-35412 \pm 34644}{2\times 1.05} = \begin{cases} \to -365.7 \text{ rad/s} = s_1 \\ \to -33360 \text{ rad/s} = s_2 \end{cases}$$

$$A'_\infty = \frac{\alpha_\infty A}{1-\beta A_\infty} = 14.48 \qquad A'_{\infty\, dB} = 23.2$$

$$A_f = \underbrace{\frac{A'_\infty\, s(s-s_{z1})}{(s-s_1)(s-s_2)}}_{A'} + \underbrace{\gamma_\infty \frac{(s-s_{z1})}{(s-s_{p1})}}_{\gamma}$$

disegnamo i diagrammi di Bode di A' e γ separatamente e facciamo la somma graficamente

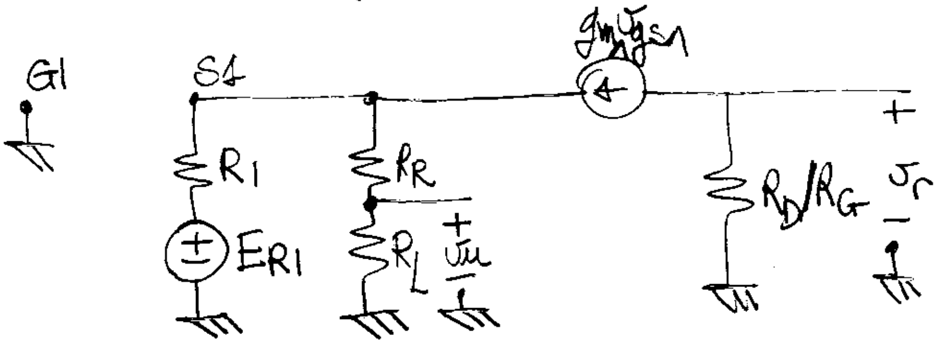




A 100 KHz i condensatori C_1 e C_2 si possono considerare un corto circuito.

Il generatore equivalente di rumore di tensione di J_1 è già riportato in ingresso

contributo di R_1 (dobbiamo calcolare α_{R1} e γ_{R1})



$$\gamma_{R_1\infty} = \frac{v_u}{E_{R_1}} = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{R_1 // (R_L + R_R) // \frac{1}{g_{m1}}}{R_R + R_L} \times R_L = 0.072$$

$$\alpha_{R_1\infty} = \frac{v_r}{E_{R_1}} = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{R_1 // (R_L + R_R) // \frac{1}{g_{m1}}}{\frac{1}{g_{m1}}} \cdot R_D // R_G = 3{,}92$$

$$A_{fR1_\infty} = \frac{\alpha_{R_1\infty} A_\infty}{1 - \beta A_\infty} + \gamma_{R_1\infty} = 15.2$$

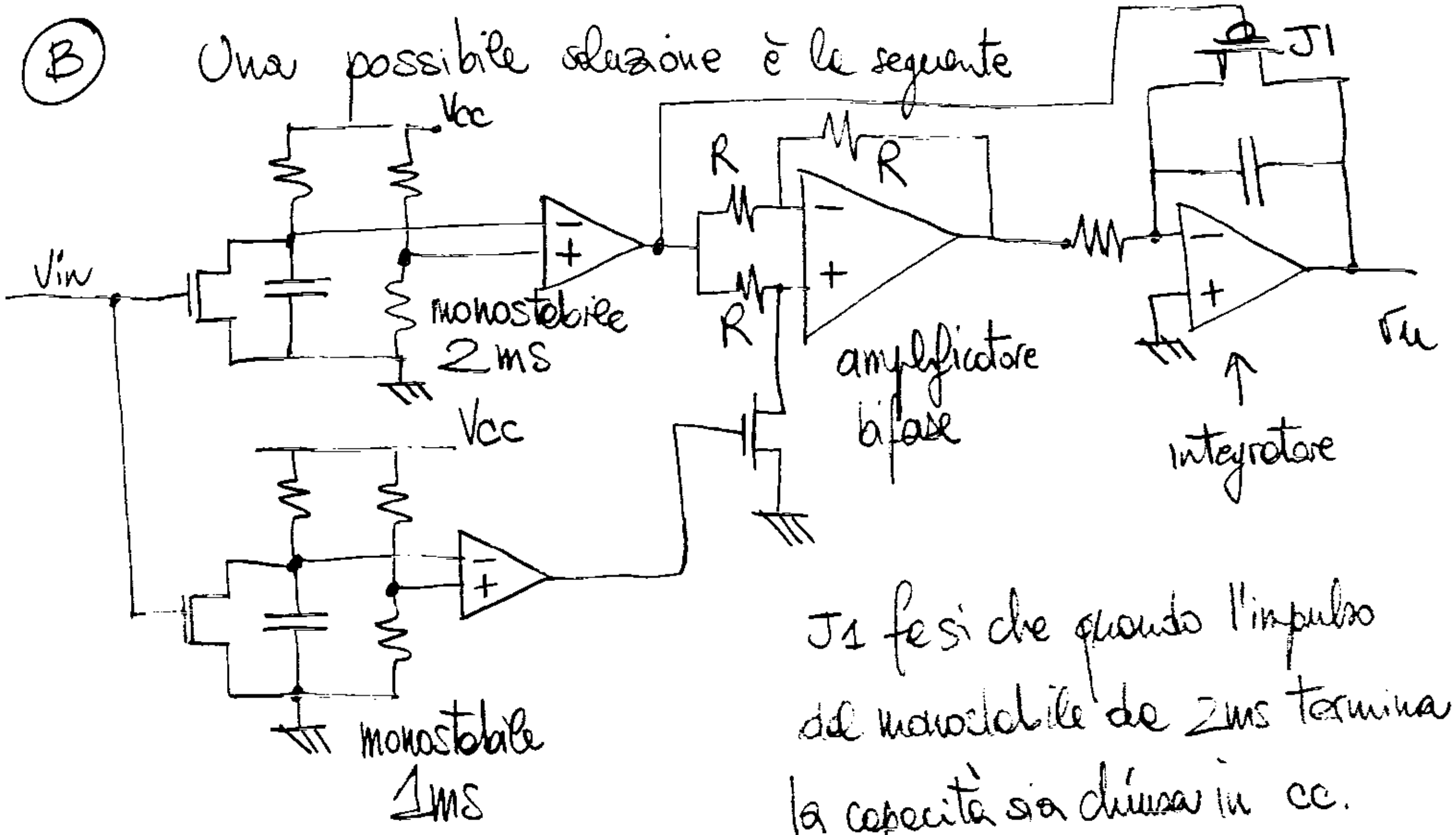
$$S_{E_1} = \frac{4KT}{g_{m1}} \frac{2}{3} = 4{,}17 \cdot 10^{-18}\ V^2/Hz$$

$$S_{R_1} = 4KTR_1 = 1{,}66 \cdot 10^{-18}\ V^2/Hz$$

$$F = 1 + \frac{S_{E_1} + S_{R_1} \frac{|A_{fR1\infty}|^2}{|A_{f\infty}|^2}}{4KTR_S} = 1 + \frac{4{,}17 \cdot 10^{-18} + 1{,}66 \cdot 10^{-18} \cdot 1{,}1}{1{,}664 \cdot 10^{-16}} =$$

$$= 1{,}036 \Rightarrow \boxed{0.15\ dB}$$

(B) Una possibile soluzione è la seguente



J1 fa sì che quando l'impulso del monostabile da 2ms termina la capacità sia chiusa in cc.