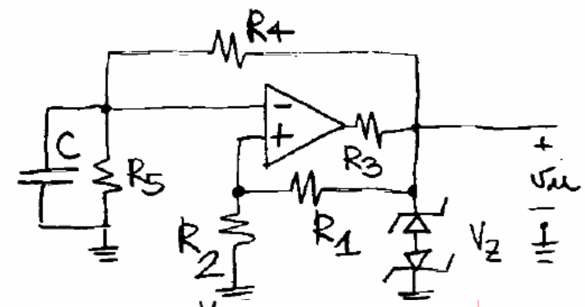
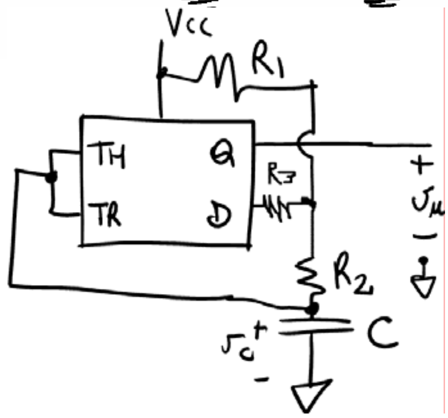
Esame di Elettronica
Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni
20 settembre 2006
Parte A

1. Si supponga di avere a disposizione un amplificatore differenziale con guadagno di tensione a centrobanda A_V = 100000 e limite superiore di banda 10 Hz. Si supponga che l'impedenza di ingresso sia 10 KΩ e l'impedenza di uscita 1 KΩ. Si introduca una reazione in modo da ottenere un'impedenza di uscita inferiore a 10 Ω e impedenza d'ingresso inferiore a 50Ω, giustificando il procedimento. Calcolare la nuova funzione di trasferimento.
2. Del generatore d'onda quadra mostrato a lato, calcolare frequenza, ampiezza e duty cycle della forma d'onda in uscita, giustificando il procedimento. Disegnare e quotare l'andamento delle tensioni di ciascun ingresso dell'operazionale e dell'uscita. R1=30 KΩ, R2=R4=R5=10 KΩ, R3=1KΩ, C=100 nF, VZ=6 V



3. Sia dato il circuito a lato, con un timer LM555. Calcolare la forma d'onda generata dal circuito, giustificando il procedimento, e rappresentare la tensione di uscita e la tensione sulla capacità sullo stesso asse dei tempi, quotando i punti rilevanti (R_1 = 4 KΩ, R_2 = 10 KΩ, R_3 = 1 KΩ, C = 2 μF).



4. Disegnare il circuito con logica CMOS che esegua la funzione logica $Y = AC + B\overline{C} + AB$ con il minimo numero di transistori. Determinare i rapporti W/L dei transistori, sapendo che n=2 e p=5.

Punteggio totale Parte A: 14

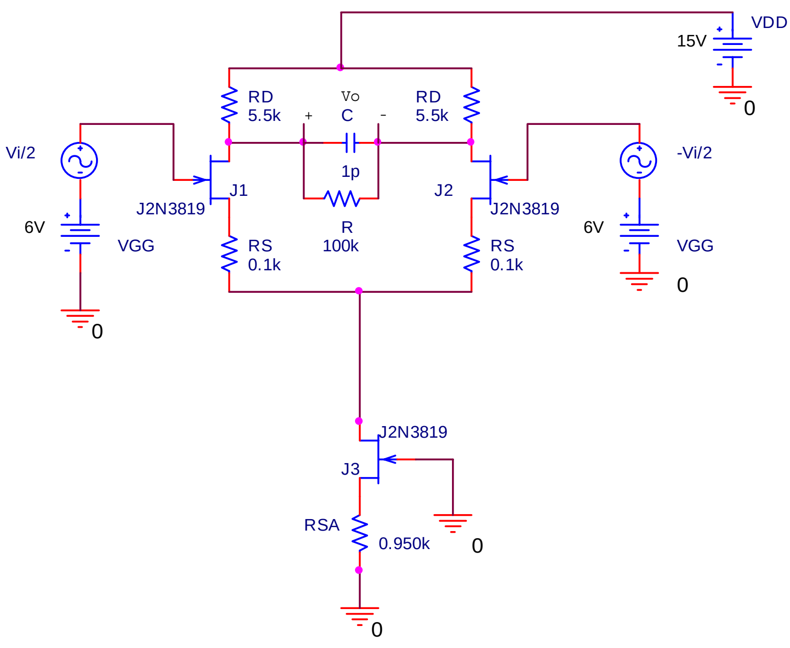
Parte B

Dato l'amplificatore disegnato in figura, calcolare:
Calcolare:
- Il punto di riposo dei transistori e i parametri di piccolo segnale
- Il guadagno differenziale a centro banda
- Il limite superiore di banda

Fare la seguente ipotesi semplificativa
- J3 resistivo

Considerare Vgs(off) = -3 V

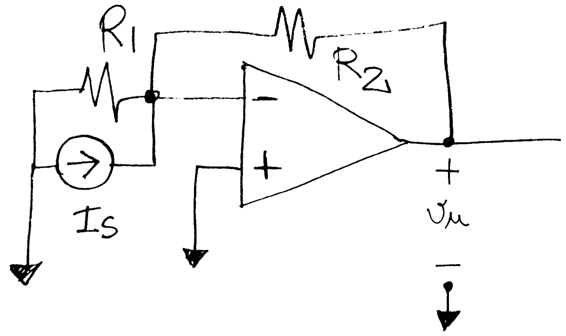
Punteggio totale Parte B: 14.



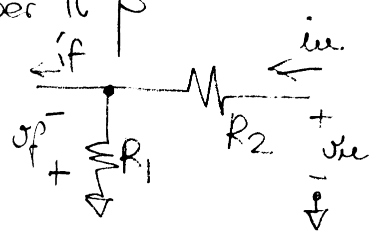
$R_{in} = 10\,K\Omega$ $\quad$ $R_{iF} < 50\,\Omega$

$R_{out} = 1\,K\Omega$ $\quad$ $R_{oF} < 10\,\Omega$

Prelievo di tensione e inserzione di corrente



Rete per il β



$$\beta = \frac{i_f}{v_u} = \frac{1}{R_2}$$

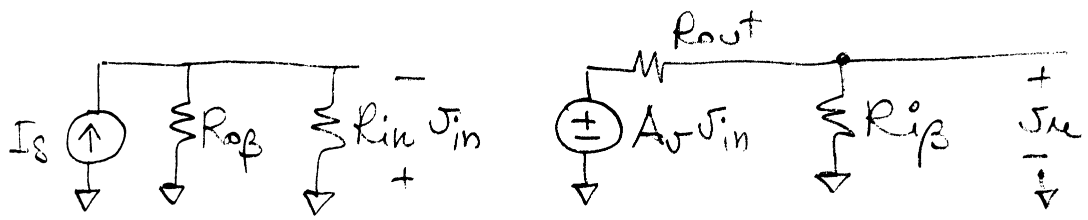
$$R_{i\beta} = \left.\frac{v_u}{i_u}\right|_{v_f=0} = R_2$$

$$i_f = \beta v_u + v_f / R_{o\beta}$$

$$R_{o\beta} = \left.\frac{v_f}{i_f}\right|_{v_u=0} = R_1 /\!/ R_2$$

$$i_u = v_u / R_{i\beta} + \cancel{k}\, v_f$$

Rete per Ae



$$A_e = \frac{v_u}{i_s} = -(R_{o\beta} /\!/ R_{in})\, A_v \frac{R_{i\beta}}{R_{out} + R_{i\beta}}$$

$$R_{IF} = \frac{R_{o\beta} /\!/ \overset{10\,k\Omega}{R_{in}}}{1 - \beta A_e} < 50\,\Omega$$

$$R_{OF} = \frac{R_{i\beta} /\!/ \overset{1\,k\Omega}{R_{out}}}{1 - \beta A_e} < 10\,\Omega$$

se assumiamo che $R_{O\beta} < 10\,k\Omega$ è sufficiente scegliere

$$|1-\beta A_e| > 100 \sim |\beta A_e| > 100$$

$$\frac{1}{\cancel{R_2}}(R_1 // R_2 // R_{in}) \overset{10^5}{A_V} \frac{\cancel{R_2}}{\underset{1\,k\Omega}{R_{out}} + R_2} > 100$$

se scegliamo $R_2 = 1\,k\Omega$ abbiamo poi una condizione su R_1 e siamo sicuri che $R_{O\beta} = R_1 // R_2 < 10\,k\Omega$

abbiamo

$$\frac{(R_1 // \overset{909}{R_2 // R_{in}}) A_V}{2 R_{out}} > 100$$

$$R_1 // (909) > \frac{100 \cdot 2 \cdot 10^3}{10^5} = 2$$

possiamo scegliere $R_1 = 10\,\Omega$

abbiamo $1 - \beta A_e = 1 + \frac{R_1 // R_2 // R_{out}\, A_V}{R_2 + R_{out}} = 500$

$$R_{IF} = \frac{10}{500} = 0{,}02\,\Omega$$

$$R_{OF} = \frac{500}{500} = 1\,\Omega$$

$$A_{F_0} = \frac{A_{e_0}}{1-\beta A_{e_0}} = \frac{500 \cdot 1000}{500} = 1000\,\Omega$$

$$f_H = f_p(1-\beta A_e) = 5\,KHz$$

$$A_F = \frac{A_{F_0}}{1 + j\, f/f_H}$$

2

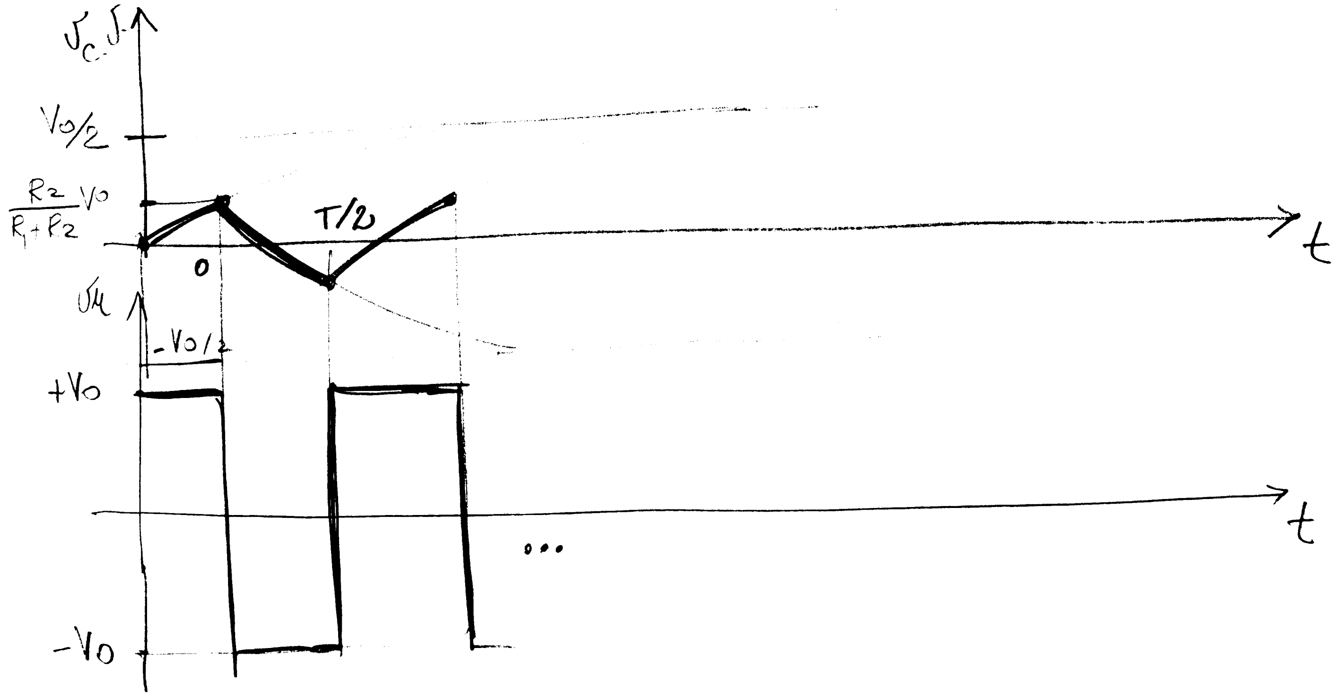
Supponiamo che per t = 0 la capacità sia scarica e $v_u = +V_0 = \frac{V_z}{2} + V_\gamma = 6{,}6\,V$

> la capacità si carica con costante di tempo $\tau = R_4 /\!/ R_5\, C = 0{,}5\,ms$ e asintoto $V_0 \frac{R_5}{R_4 + R_5} = V_0/2 = 3{,}3\,V$.

> Quando $v^- = v^+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_0 = \frac{6{,}6}{4} = \underline{\underline{1.65\ V}}$

il comparatore commuta.

> Successivamente la capacità si scarica con la stessa costante di tempo e asintoto $-V_0/2$. La nuova commutazione avviene quando $v^- = \frac{-R_2}{R_1 + R_2} V_0 = -1{,}65\,V$



La forma d'onda è simmetrica. Calcoliamo il semiperiodo. T/2.
Espressione della tensione sulla capacità:

$$v_C(t) = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_0 + \frac{V_0}{2}\right) e^{-t/\tau} - \frac{V_0}{2}$$

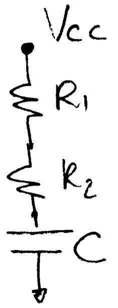
$$v_C(T/2) = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_0$$

$$-\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} + \frac{1}{2}\right) e^{-T/2\tau} - \frac{1}{2}$$

$$0{,}25 = 0{,}75\, e^{-T/2\tau} \qquad T = 2\tau \ln 3 = \quad s$$

Supponiamo che a $t=0$ la capacità C sia scarica.

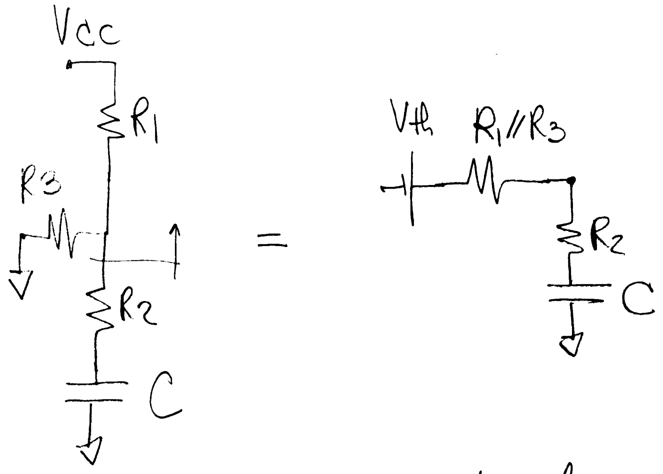
se $v_C = 0$ abbiamo $Q=1$ e D in alta impedenza. C si carica attraverso R_1 e R_2 a tensione V_{cc}



$\tau_1 = (R_1+R_2)C = 28\ ms$

asintoto V_{cc}

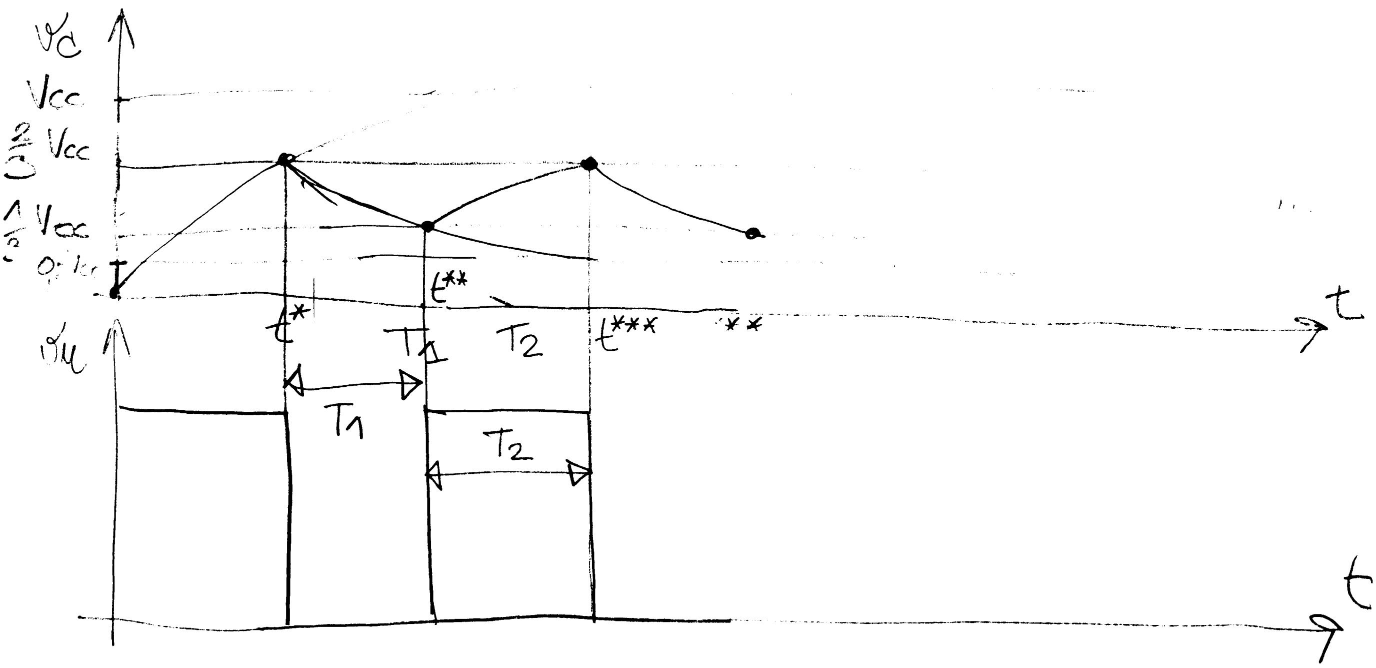
quando $v_C = \frac{2}{3}V_{cc}$ il timer commuta: $Q=0$ e D è a massa



$V_{th} = V_{cc}\frac{R_3}{R_1+R_3} = 0.2\,V_{cc}$ ← asintoto

$\tau_2 = (R_1 // R_3 + R_2)C = 21.6\ ms$

Quando $v_C = \frac{1}{3}V_{cc}$ si ha la nuova commutazione



Calcoliamo prima T_1

$t^* < t < t^{**}$

$$v_c(t) = \left(\frac{2}{3}V_{cc} - 0.2\,V_{cc}\right) e^{-\frac{t-t^*}{\tau_1}} + 0.2\,V_{cc}$$

$$v_c(t^{**}) = \frac{1}{3}V_{cc}$$

$$\frac{1}{3}\cancel{V_{cc}} = \left(\frac{2}{3} - 0{,}2\right)\cancel{V_{cc}}\, e^{-t^*/\tau_1} + 0{,}2\,\cancel{V_{cc}}$$

$$\left(\frac{1}{3} - 0.2\right) = \left(\frac{2}{3} - 0{,}2\right) e^{-T_1/\tau_1}$$

$$0{,}13 = 0{,}47\, e^{-T_1/\tau_1} \rightarrow T_1 = \tau_1 \ln \frac{0{,}47}{0{,}13} =$$

$t^{**} < t < t^{***}$

$$v_c(t) = (1 - 0{,}2)V_{cc}\, e^{-\frac{t-t^{**}}{\tau_2}} + V_{cc}$$

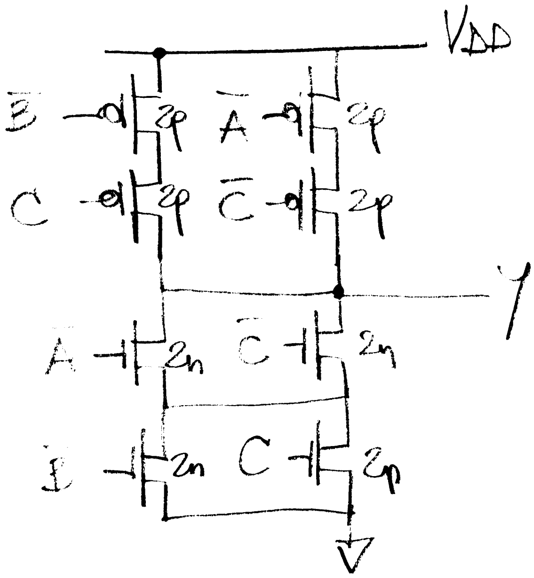
$$v_c(t^{***}) = \frac{2}{3}V_{cc} = -(1 - 0{,}2)\,V_{cc}\, e^{-T_2/\tau_2} + V_{cc}$$

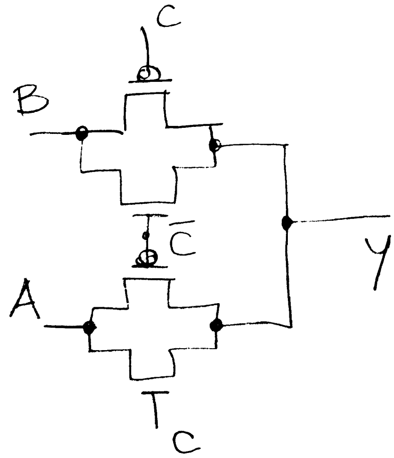
$$0{,}33 = 0{,}8\, e^{-T_2/\tau_2} \rightarrow T_2 = \tau_2 \ln \frac{0{,}8}{0{,}33} =$$

4)

C \ AB	00	01	11	10
0	0	1	1	0
1	0	0	1	1

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

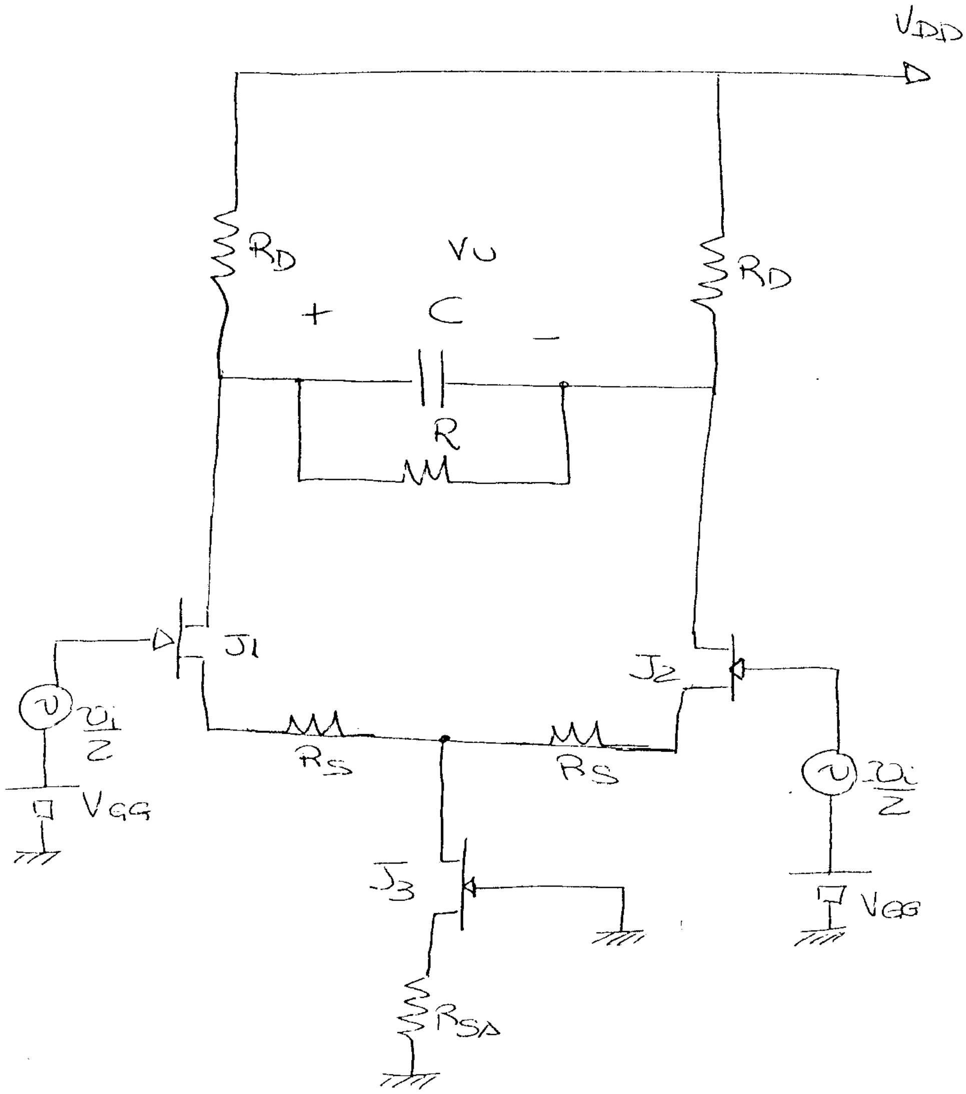




Compito di Elettronica

20 Settembre 2006

PARTE B



$V_{DD} = 15V$

$V_{GG} = 6V$

$C = 1\,pF$

$R_D = 5{,}5\,k\Omega$

$R_S = 100\,\Omega$

$R = 100\,k\Omega$

$R_{SA} = 950\,\Omega$

J_1, J_2, J_3 : 2N3819

$V_{GS(off)} = -3V$

J_3 resistivo

- Punto di riposo

Ipotesi di lavoro: J_1, J_2, J_3 in zona di saturazione

$V_{GS_3} = -R_{SA} I_{DS3}$

Dalla caratteristica di trasferimento $\begin{cases} V_{GS_3} = -1{,}9V \\ I_{DS_3} = 2mA \end{cases}$

$I_{DS1} = I_{DS2} = \frac{I_{DS3}}{2} = 1\,mA$

→ che manuale $V_{GS1} = -2{,}2V = V_{GS_2}$

Non scorre corrente in R per la simmetria del circuito.

$V_{D1} = V_{D2} = V_{DD} - R_D I_{DS1} = 9,5\ V$

$V_{S1} = V_{S2} = V_{GG} - V_{GS_1} = 8,2V$

$V_{DS1} = V_{DS2} = 1,3V$

Da cui

$V_{DS1} \geq V_{GS1} - V_{GS(off)}$

$1,3V \geq -2,2V - (-3V)$ OK

Verificata ipotesi di funzionamento in zona di saturazione per J_1, J_2

$V_{D3} = V_{S1} - R_S I_{DS1} = 8,1\ V$

$V_{S3} = R_{SA} I_{DS1} = 1,9V$

$V_{DS3} = V_{D3} - V_{S3} = 6,2V$

$V_{DS3} \geq V_{GS_3} - V_{GS(off)}$

$6,2V \geq -1,9V - (-3V)$ OK

Punti di riposo

$J_1, J_2 = \begin{cases} V_{GS_{1,2}} = -2,2V \\ I_{DS_{1,2}} = 1\ mA \end{cases}$

$J_3 = \begin{cases} V_{GS_3} = -1,9V \\ I_{DS_3} = 2\ mA \end{cases}$

Calcolo : parametri di piccolo segnale

$g_{m1} = g_{m2} = g_m = 2\ mS$

$g_{m3} = 2,8\ mS$

$r_{d1,2} = 83\ k\Omega$

$r_{d3} = 71,4\ k\Omega$

Dal manuale

$C_{iss1,2} = 2,4\ pF$

$C_{gd1,2} = 1,2\ pF$

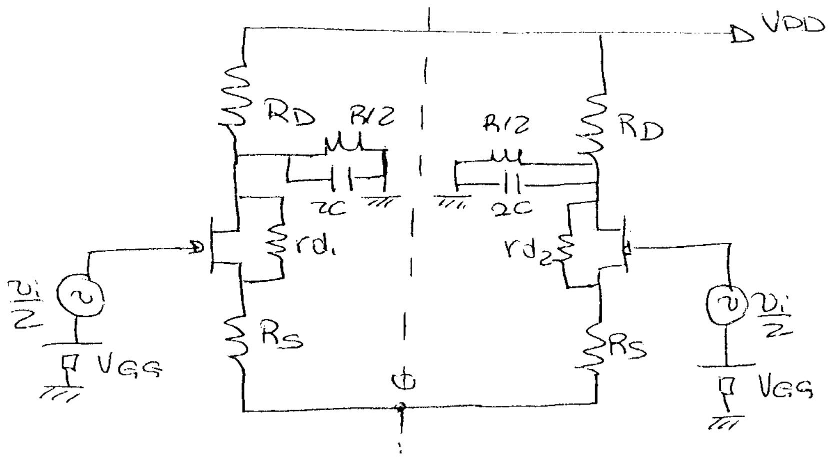
$C_{rss1,2} = 1,2\ pF$

$C_{gs1,2} = 1,2\ pF$

J_3 resistivo

- AMPLIFICAZIONE A CENTRO BANDA

Dato la simmetria del circuito e visto che le sollecitazioni risultano uguali e opposte, per le variazioni il nodo 0 si può considerare a massa.



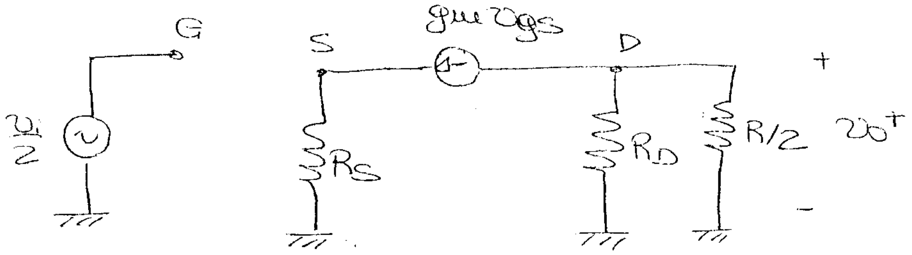
Si può quindi scomporre il circuito in 2 parti simmetriche.

Inoltre poiché

$$\begin{cases} rd_{1,2} \gg \left[R_D // \frac{R}{2}\right] \Rightarrow rd_{1,2} > 10\left[R_D // \frac{R}{2}\right] & \text{OK} \\ \text{e} \\ rd_{1,2} \gg R_S \Rightarrow rd_{1,2} > 10\, R_S & \text{OK} \end{cases}$$

è possibile trascurare $rd_{1,2}$.

Quindi il circuito per le variazioni si riduce a



$$v_o^+ = -\frac{v_i}{2}\,\frac{g_m (R_D // R/2)}{1 + g_m R_S} = \frac{v_o}{2}$$

Analogamente

$$v_o^- = \frac{v_i}{2} \frac{g_m (R_D // R/2)}{1 + g_m R_S} = \frac{v_o}{2}$$

$$v_o = v_o^+ - v_o^-$$

$$\rightarrow A_d = - \frac{g_m (R_D // R/2)}{1 + g_m R_S} = -8{,}3$$

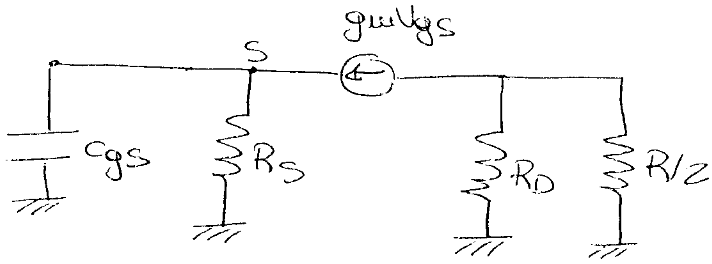
- LIMITE SUPERIORE DI BANDA

$$f_H = \frac{1}{2\pi\left[\sum_i R_{V_{Ci}} C_i\right]}$$

Anche in questo caso è possibile studiare una parte del circuito

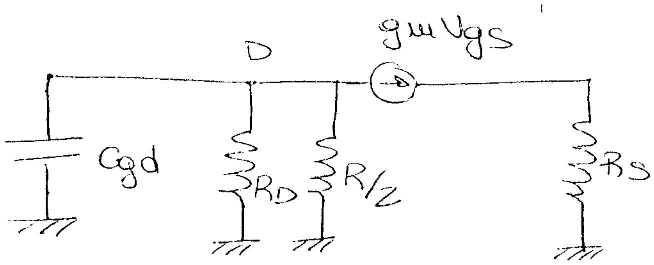
- $R_{V_{2C}} = (R_D // R/2) = 4{,}95\ k\Omega$

- $R_{V_{C_{gs}}}$



$$R_{V_{C_{gs}}} = R_S // \frac{1}{g_m} = 83{,}3\ \Omega$$

- $R_{V_{C_{gd}}}$



$$R_{V_{C_{gd}}} = (R_D // R/2) = 4.95\ k\Omega$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi\left[R_{V_{C_{gd}}} C_{gd} + R_{V_{C_{gs}}} C_{gs} + R_{V_{2C}}\, 2C\right]} = 9{,}95\ MHz$$