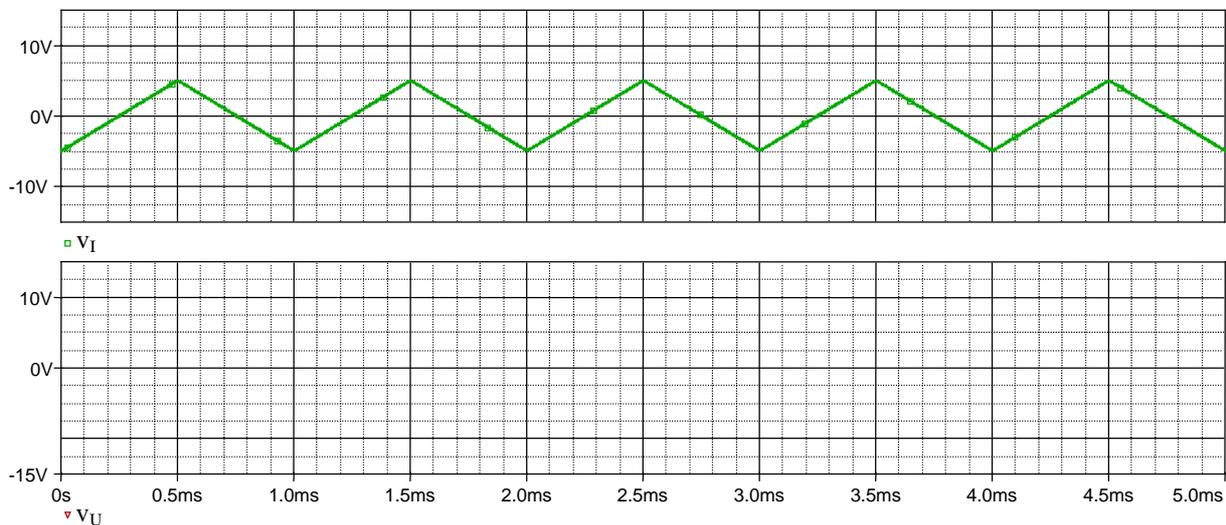
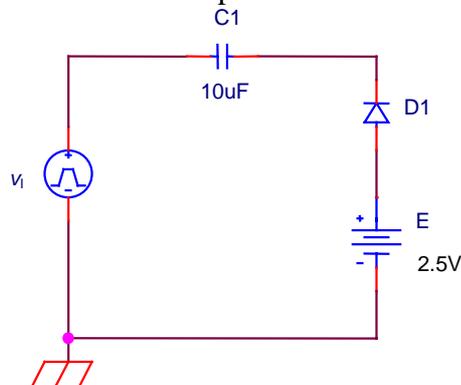


SCHEMA N°A010	Data: 3/06/2003
Nome _____	Valutazione:
Coordinate banco:      Tempo disponibile: 1ora NON è consentito uscire dall'aula, né consultare testi. NON utilizzare la penna rossa. I fogli di brutta devono essere riconsegnati. I risultati devono essere chiaramente motivati.	

### ESERCIZIO N°1

5 punti

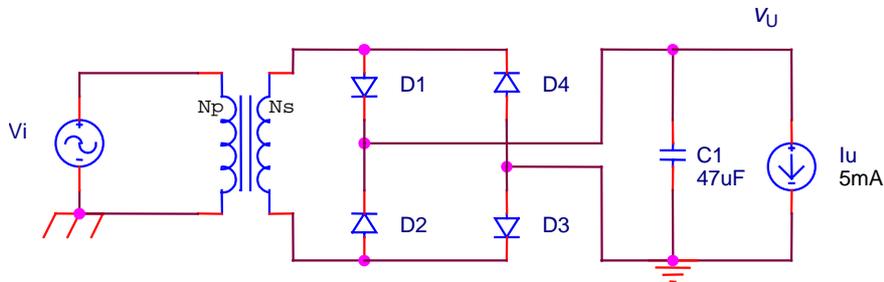
Si consideri il circuito di figura dove la forma d'onda del segnale d'ingresso  $v_I$  è triangolare, a valor medio nullo, con periodo  $T = 1 \text{ ms}$  e valore picco-picco  $V_{pp} = 10 \text{ V}$ . Disegnare la forma d'onda della tensione di uscita a regime. Si assuma il comportamento del diodo ideale.



## ESERCIZIO N°2

6 punti

Il generatore  $v_i$  è sinusoidale di frequenza 50 Hz e valore efficace 230 V. Stimare il valore minimo della tensione di uscita  $v_{Umin}$  per un rapporto spire del trasformatore  $N_p/N_s = 20$ . Si consideri il trasformatore ideale, e i diodi quasi ideali con tensione di conduzione diretta  $V_f = 0.7V$ .

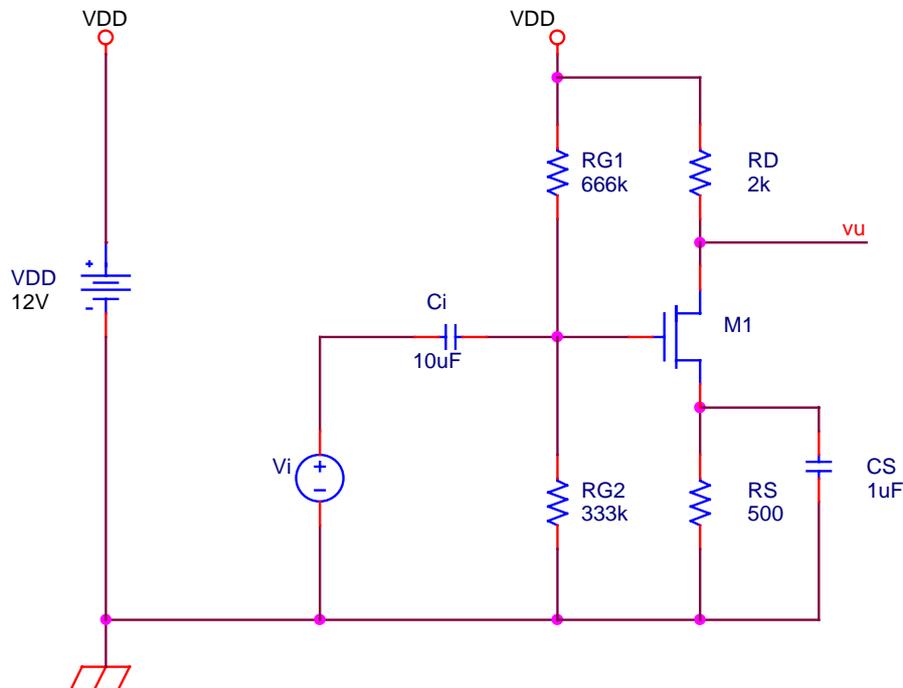


$v_{Umin}$

## ESERCIZIO N°3

7 punti

Determinare il punto di riposo del transistore NMOS  $M_1$  che è caratterizzato da una tensione di soglia  $V_T = 1 V$  e da una transconduttanza  $k_N = 2 mA/V^2$ . Valutare inoltre il parametro  $g_{fs}$  del modello per piccoli segnali.

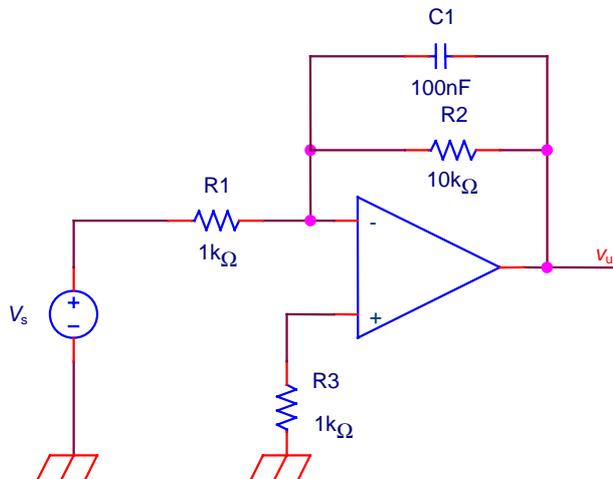


$V_{GS}$	$I_{DS}$	$g_{fs}$

### ESERCIZIO N°4

7 punti

Determinare il massimo modulo dello sbilanciamento dell'uscita  $V_{U0}$ . In tabella sono riportati i parametri statici dell'amplificatore operazionale.



$ V_{io} $	$20 \mu\text{V}$
$ I_{io} $	$10 \text{ nA}$
$I_B$	$-50 \text{ nA}$

$V_{U0}$

### ESERCIZIO N°5

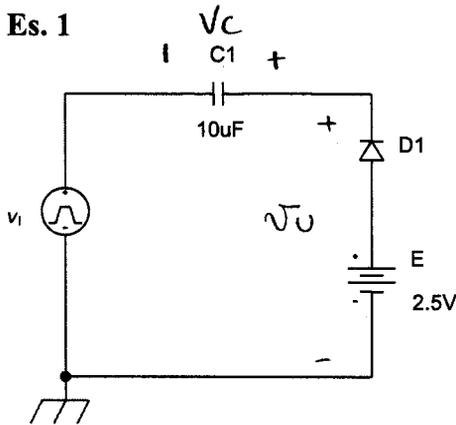
8 punti

Si consideri ancora il circuito dell'esercizio 3 e si assuma in questo caso  $g_{fs} = 5 \text{ mA/V}$ . Determinare la risposta in frequenza dell'amplificazione  $v_u/v_s$ .

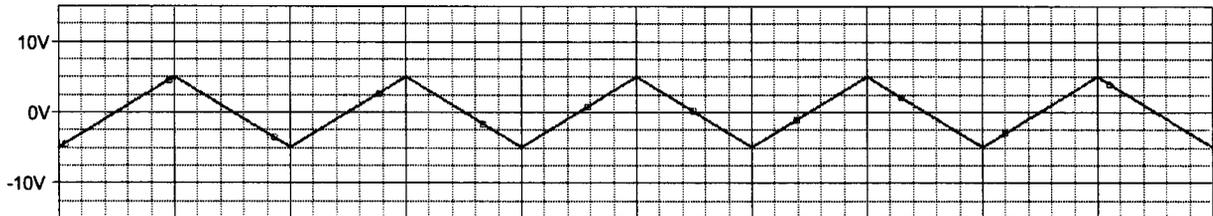
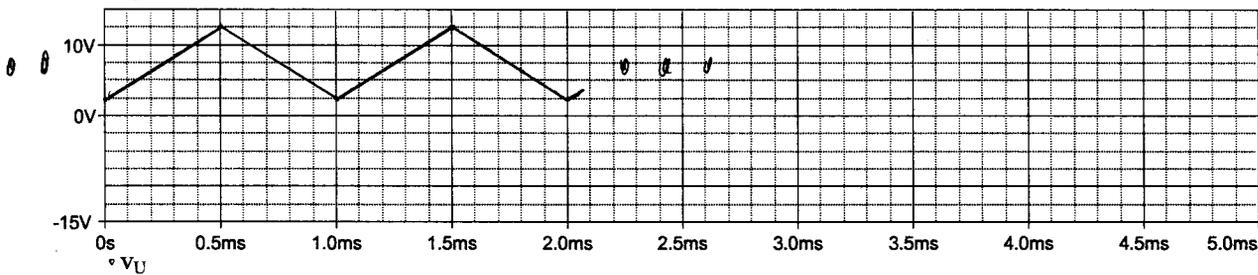
$v_u/v_s$

## Soluzione A010 del 3/6/2003

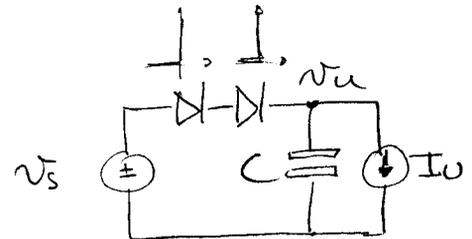
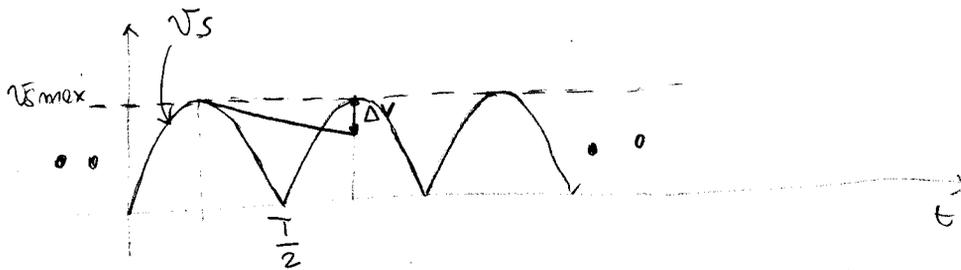
Es. 1



Fissatone in alto a 2.5V. La capacità si carica con la polarità indicata in figura a  $\max\{-v_i + E\} = 7.5V$   
 Quindi  $v_u = v_i + V_C = v_i + 7.5V$

 $v_i$ 

Es. 2



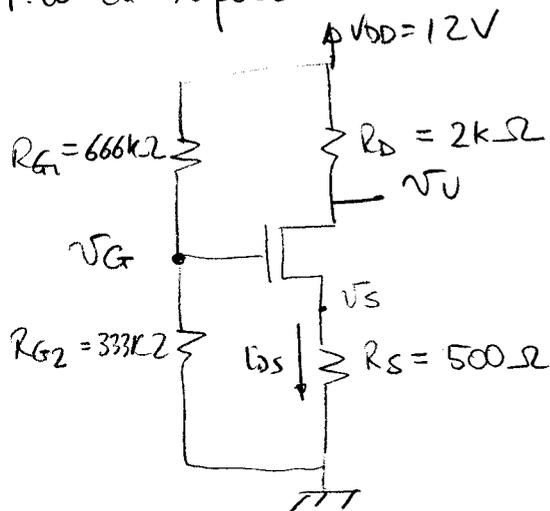
$$\Delta V = \frac{T}{2} \cdot \frac{I_u}{C} = 1.06 V$$

$$v_{smax} = \left( \frac{230\sqrt{2}}{20} - 1.4 \right) V = 14.82$$

$$v_u = v_{smax} - \Delta V = 13.8 V$$

Es. 3

P.to di riposo:



$$V_G = \frac{R_{G2} \cdot V_{DD}}{R_{G1} + R_{G2}} = 4V$$

ip. NMOS saturo:

$$I_{DS} = \frac{K_N (V_{GS} - V_T)^2}{2}$$

$$V_{GS} = V_G - R_S I_{DS} ; I_{DS} = \frac{V_G - V_{GS}}{R_S}$$

$$\frac{V_G - V_{GS}}{R_S} = \frac{K_N (V_{GS} - V_T)^2}{2}$$

$$x = V_{GS} - V_T$$

$$\frac{V_G - V_T - x}{R_S} = \frac{K_N x^2}{2} ; x^2 + 2x - 6 = 0$$

$$x_{1,2} = -1 \pm \sqrt{1+6} = \begin{cases} -1 + \sqrt{7} \\ N.A \end{cases}$$

$$V_{GS} = V_T + (-1 + \sqrt{7}) = \sqrt{7} = 2.65V$$

$$I_{DS} = 2.71 \text{ mA}$$

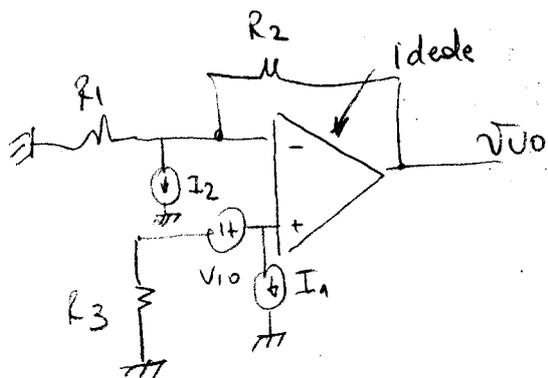
$$V_D = V_{DD} - R_D \cdot I_{DS} = 6.58V$$

$$V_{GD} = -2.58V < V_T \Rightarrow \text{NMOS saturo}$$

$$g_{fs} = \left. \frac{\partial I_{DS}}{\partial V_{GS}} \right|_Q = \left. K_N (V_{GS} - V_T) \right|_Q = 3.3 \text{ mA/V}$$

Es. 4

Max. sbilanciamento



$$\begin{cases} I_1 = I_B + I_{i0}/2 \\ I_2 = I_B - I_{i0}/2 \end{cases}$$

$$v_{U0} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{i0} - R_3 I_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + R_2 I_2 =$$

$$= \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{i0} + \left[ R_2 - R_3 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \right] I_B - \left[ R_3 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + R_2 \right] \frac{I_{i0}}{2}$$

11

-1k I<sub>B</sub>

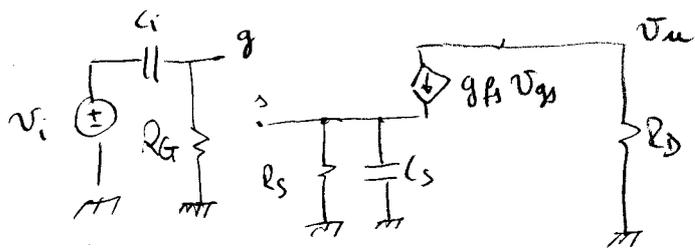
21k

$$|v_{U0}|_{\max} = \frac{11 |v_{i0}|}{220 \mu\text{V}} + \frac{1\text{k} |I_B|}{50 \mu\text{V}} + \frac{21\text{k} |I_{i0}|}{2} = 375 \mu\text{V}$$

105 μV

Es. 5

Analisi per piccoli segnali:



$$R_G = R_{G1} \parallel R_{G2} = 222 \text{ k}\Omega$$

$$v_g = \frac{R_G v_s}{R_G + \frac{1}{C_S s}} = \frac{R_G C_S s v_s}{1 + R_G C_S s}$$

$$v_{gs} = v_g - g_m v_{gs} \left( R_S \parallel \frac{1}{C_S s} \right)$$

$$v_{gs} = \frac{v_g}{1 + g_m \frac{R_S}{1 + R_S C_S s}} = \frac{1 + R_S C_S s}{1 + R_S C_S s + g_m R_S} v_g$$

$$v_{U0} = -R_D g_m v_{gs} = \frac{-R_D g_m (1 + R_S C_S s)}{1 + g_m R_S + R_S C_S s} \cdot \frac{R_G C_S s}{1 + R_G C_S s} v_s$$

Sostituendo  $s$  con  $j2\pi f$  si ottiene la risposta in frequenza.