

## SOLUZIONE

① IL SEGNALE IN USCITA ALL'OP-AMP 1 HA UNA DINAMICA TRIPLA DI QUELLA DEL SEGNALE IN INGRESSO POICHÈ IL GUADAGNO IDEALE DELL'AMPLIFICATORE NON INVERTENTE DI INGRESSO

$$E' \quad G_{id_1} = \left(1 + \frac{20k\Omega}{10k\Omega}\right) = 3.$$

↓

DINAMICA DEL SEGNALE IN INGRESSO AL S&H:  $-4.5V, +4.5V$   
AFFINCHÈ L'N-MOSFET SIA SPENTO:

$$\left. \begin{array}{l} V_{GS} < V_{TN} \\ (V_{GD} < V_{TN}) \end{array} \right\} V_G < V_{TN} + V_{in_{S\&H_{min}}} = 1V - 4.5V = -3.5V$$

$$\rightarrow V_G < -3.5V$$

AFFINCHÈ L'N-MOSFET SIA ACCESO ED IN ZONA OHMICA:

$$\left. \begin{array}{l} V_{GS} > V_{TN} \\ (V_{GD} > V_{TN}) \end{array} \right\} V_G > V_{TN} + V_{in_{S\&H_{max}}} = 1V + 4.5V = +5.5V$$

$$\rightarrow V_G > +5.5V$$

QUANDO IL MOSFET È IN ZONA OHMICA LA SUA RESISTENZA VALE

$$R_{DS_{ON}} = \frac{1}{2k(V_{GS} - V_{TN}) - 2kV_{DS}} \Big|_{V_{DS}=0} = \frac{1}{2k(V_{GS} - V_{TN})}$$

$$\rightarrow V_{GS} = V_{TN} + \frac{1}{2kR_{DS_{ON}}} = 1V + \frac{1}{2mA/V^2 * 2 * 50\Omega} = 1V + 5V = 6V$$

↓

$$V_G > 6V + V_{in_{max}} = +10.5V$$

→ COMANDO DI TENSIONE DI GATE:  $V_{G_{OFF}} = -6.5V$   
 $V_{G_{ON}} = +10.5V$

$$\textcircled{2} \quad \frac{V_{out}|_{id} - V_{out}|_{rele}}{V_{out}|_{rele}} = \frac{G_{id} - G_{rele}}{G_{rele}} = \frac{G_{id} - \frac{G_{id}}{1 - 1/G_{loop}}}{G_{id}/(1 - 1/G_{loop})} =$$

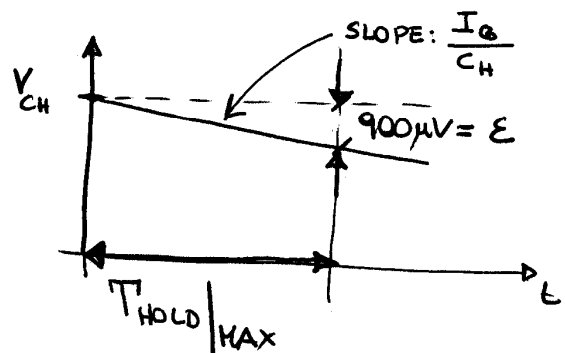
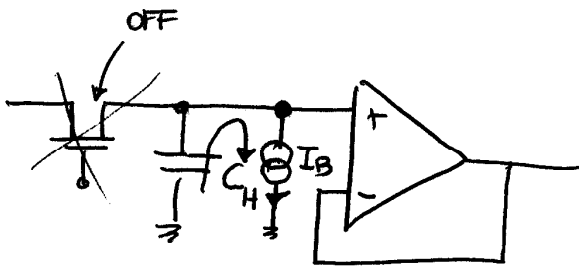
$$= -\frac{1}{G_{loop}}$$

$G_{loop} = -A_o$  IN UN BUFFER



$$+A_o = \frac{1}{0.1 \cdot 10^{-3}} = 10^4$$

$\textcircled{3}$  MASSIMA DINAMICA =  $[4.5V - (-4.5V)] = 9V \Rightarrow$  DROOP MASSIMO AMMESSO =  $900 \mu V$



$$\boxed{T_{\text{HOLD}}|_{\text{MAX}} = \frac{\epsilon \cdot I_B}{C_H} = \frac{900 \mu V \cdot 1 \mu A}{100 \text{ nF}} = 9 \text{ ms}}$$

$\textcircled{4}$  IL CASO PEGGIORE DI TRANSIZIONE SI HA QUANDO LA TENSIONE AI CAPI DELLA CAPACITÀ DEVE TRANSIRE DAL MINIMO VALORE AMMESSO AL MASSIMO VALORE AMMESSO. IN QUESTO CASO IL SALTO È DI 9V.

SE L'OP-AMP 1 RIUSCISSE A FORNIRE IN INGRESSO AL MOSFET UN GRADINO DI TENSIONE

$$V_{CH} = \Delta V [1 - e^{-t/\tau}]$$

$$\tau = C_H R_{DS(on)} = 100 \text{ nF} \cdot 50 \Omega = 5 \mu s$$

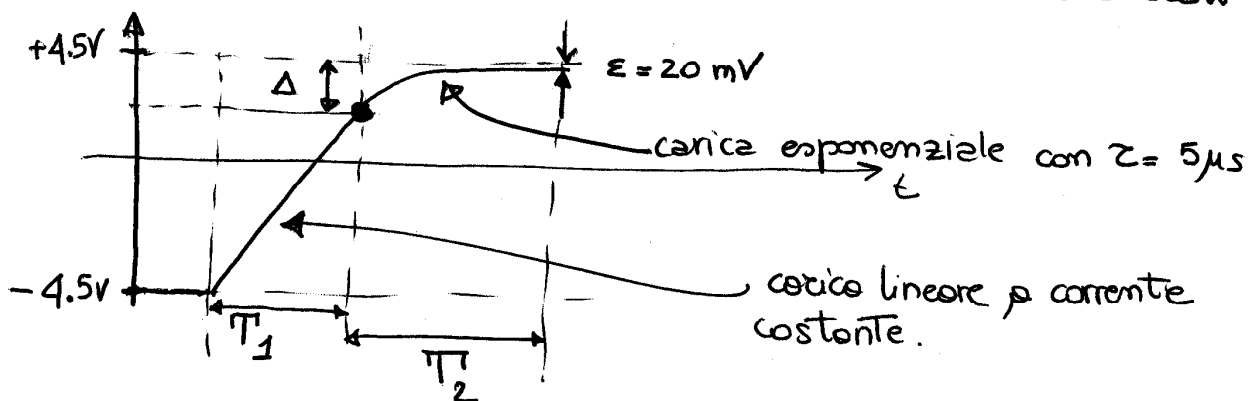
LA MASSIMA CORRENTE DI USCITA  $I_{out|_{max}}$  DELL' OP-AMP 1 LIMITA

LA MASSIMA PENDENZA DEL SEGNALE AI CAPI DELLA CAPACITA' AL VALORE:

$$\left. \frac{dV_{ch}}{dt} \right|_{max} = \frac{I_{out|_{max}}}{C_H} = \frac{20 \text{ mA}}{100 \text{ nF}} = 0.2 \text{ V}/\mu\text{s}$$

↓

IL MINIMO TEMPO DI CAMPIONAMENTO E' IMPOSTO DALLA MASSIMA CORRENTE DI USCITA DELL' OPAMP 1 E NON DAL SUO SLEW-RATE



CALCOLIAMO QUANTO VALE IL SALTO RESIDUO  $\Delta$  QUANDO LA PENDENZA DEL SEGNALE UGUAGLIA LA MAX PENDENZA AMMESSA

$$\frac{\Delta}{\tau} = \frac{I_{out|_{max}}}{C_H} \Rightarrow \Delta = I_{out|_{max}} * R_{PS_{ON}} = 20 \text{ mA} * 50 \Omega = 1 \text{ V}$$

↑  
MAX  
PENDENZA DEL  
SEGNALE IN INGRESSO

$$T_1 = \frac{\Delta V - \Delta}{\left. \frac{dV_{ch}}{dt} \right|_{max}} = \frac{9 \text{ V} - 1 \text{ V}}{0.2 \text{ V}/\mu\text{s}} = 40 \mu\text{s}$$

CALCOLIAMO IL TEMPO  $T_2$ :  $\Delta e^{-T_2/\tau} = \epsilon \Rightarrow T_2 = \tau \ln \frac{\Delta}{\epsilon} = 5 \mu\text{s} \ln \frac{1 \text{ V}}{20 \text{ mV}}$

$$f_s|_{max} = \left[ 2 (T_1 + T_2) \right]^{-1} = (120 \mu\text{s})^{-1} = 8.3 \text{ kHz} \approx 20 \mu\text{s}$$