

FONADAMENTI DI ELETTRONICA  
Ingegneria Informatica – Corso in Teledidattica

AA 2005/2006 - Prof. Gaudenzio Meneghesso

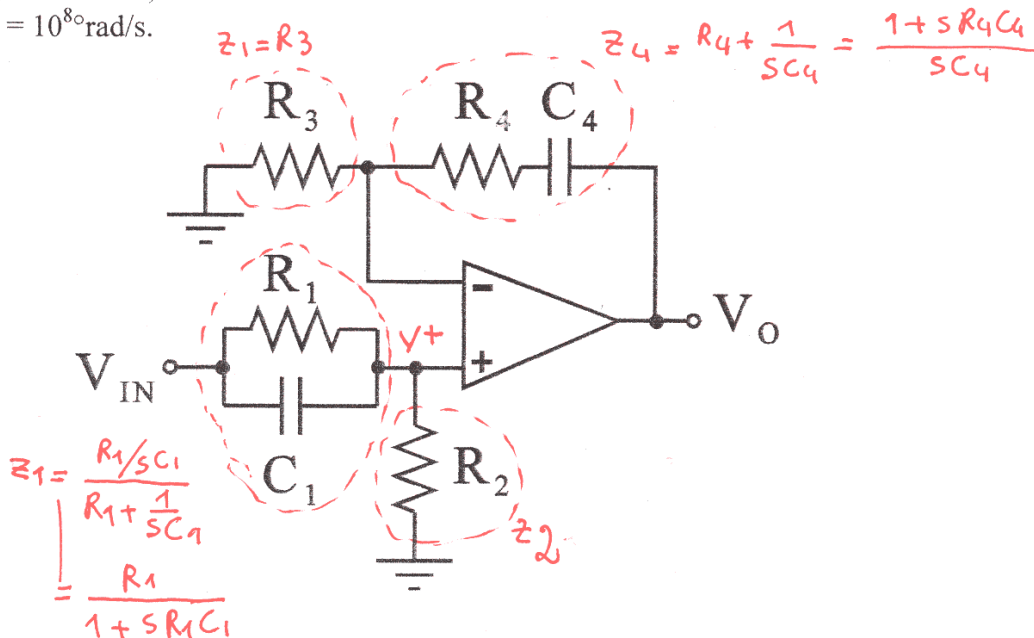
PRIMO HOMEWORK

Dato il circuito di figura, che impiega un amplificatore operazionale ideale, con i seguenti dati:

$R_1 = 20\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 10\text{k}\Omega$ ,  $R_3 = 10\text{k}\Omega$ ,  $R_4 = 100\text{k}\Omega$ ,  $C_1 = 1\text{nF}$ ;  $C_4 = 1\mu\text{F}$ .

si chiede di:

- 1) determinare l'espressione del guadagno  $W(s) = V_o(s)/V_i(s)$
- 2) tracciare:
  - a) il diagramma asintotico di Bode del modulo di  $W(s)$ ;
  - b) il diagramma asintotico di Bode della fase di  $W(s)$ . N.B.: *NON usare l'approssimazione a gradino.*
- 3) determinare, usando il diagramma di Bode asintotico, la tensione di uscita  $v_o(t)$  che corrisponde al segnale di ingresso  $v_i(t) = 5 \cdot \sin(\omega_o t)$  [V], nei seguenti casi:
  - a)  $\omega_o = 10^{-10}\text{rad/s}$ ,
  - b)  $\omega_o = 10^3\text{rad/s}$ ,
  - c)  $\omega_o = 10^8\text{rad/s}$ .



# SOLUZIONE

①

$$V^+ = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} V_{IN} = \frac{R_2}{\frac{R_1}{1+sR_1C_1} + R_2} V_{IN}$$

$$= \frac{R_2 (1+sR_1C_1)}{R_1 + R_2 (1+sR_1C_1)} V_{IN} \quad (\text{PARTITORE DI INGRESSO})$$

(TRA  $V^+$  E  $V_O$  AMPLIFICATORE NON INVERTENTE)

$$V_O = \left(1 + \frac{Z_4}{Z_3}\right) V^+ = \left(1 + \frac{1+sR_4C_4}{sR_3C_4}\right) \left(\frac{R_2 (1+sR_1C_1)}{R_1 + R_2 (1+sR_1C_1)}\right) V_{IN}$$

$$\frac{V_O}{V_{IN}} = \frac{(1+s(R_3+R_4)C_4)}{sR_3C_4} \cdot \frac{(1+sR_1C_1)}{1+s\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}C_1} \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}$$

$$W(s) = \frac{V_O}{V_{IN}} = \frac{(1+sR_5C_4)(1+sR_1C_1)}{sR_3C_4(1+sR_pC_1)} \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}$$

$$R_5 = R_3 + R_4 = 110k$$

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{20 \cdot 10}{20 + 10}$$

$$= \frac{20}{3} k\Omega$$

$$\begin{cases} \omega_{z1} = \frac{1}{R_5 C_4} = \frac{1}{(110 k\Omega) \cdot 1 \mu F} \approx 9,09 \text{ rad/sec} \\ \omega_{z2} = \frac{1}{R_1 C_1} = \frac{1}{20 k\Omega \cdot 1 \mu F} = 5 \cdot 10^4 \text{ rad/sec} \\ \omega_p = \frac{1}{R_p C_1} = \frac{1}{\frac{20}{3} k\Omega \cdot 1 \mu F} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ rad/sec} \end{cases}$$

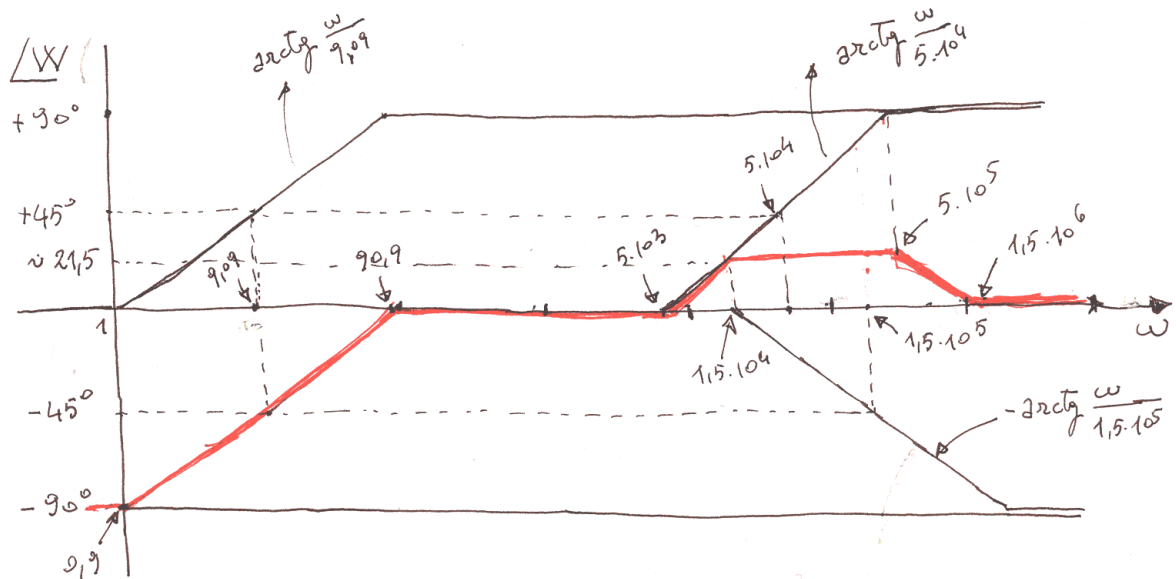
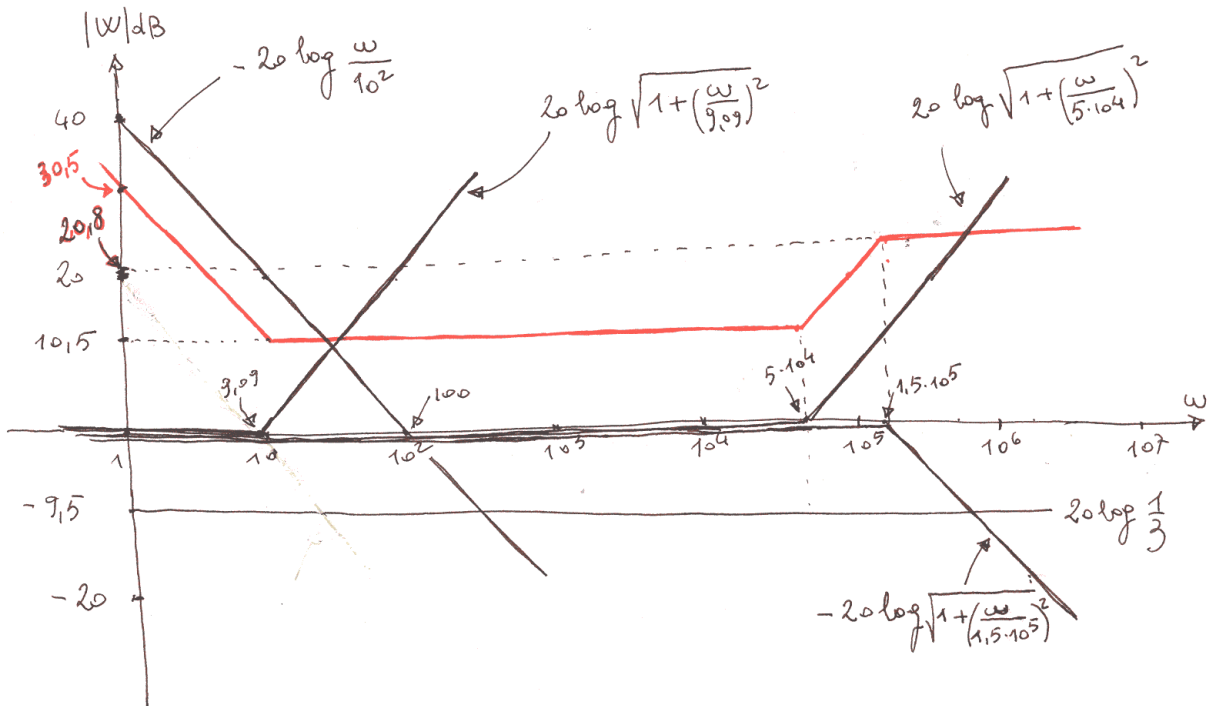
$$\omega_c = \frac{1}{R_3 C_4} = \frac{1}{10 k\Omega \cdot 1 \mu F} = 100 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

pulsazione alla quale il polo nell'origine attraversa l'asse  $\omega$ .

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 k\Omega}{20 k\Omega + 10 k\Omega} = \frac{1}{3} \quad \text{termine costante}$$

$$\begin{cases} |W|_{dB} = 20 \log \frac{1}{3} + 20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{9,09}\right)^2} + 20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{5 \cdot 10^4}\right)^2} - \\ \quad - 20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{1,5 \cdot 10^5}\right)^2} - 20 \log \frac{\omega}{10^2} \\ \angle W = 2\pi \arg \frac{\omega}{9,09} + 2\pi \arg \frac{\omega}{5 \cdot 10^4} - 2\pi \arg \frac{\omega}{1,5 \cdot 10^5} - \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

2



$$\begin{aligned}
 W(s) &= \frac{R_3 C_4 (s + \omega_{z1}) R_1 C_1 (s + \omega_{z2})}{s R_3 C_4 \cdot R_p C_1 (s + \omega_p)} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\
 &= \frac{(R_3 + R_4) (s + \omega_{z1}) R_1 (s + \omega_{z2})}{s \cdot R_3 \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)} (s + \omega_p)} \cdot \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \\
 &= \frac{R_3 + R_4}{R_3} \frac{(s + \omega_{z1}) (s + \omega_{z2})}{s (s + \omega_p)} = A_0 \frac{(s + \omega_{z1}) (s + \omega_{z2})}{s (s + \omega_p)}
 \end{aligned}$$

$$\lim_{s \rightarrow \infty} W(s) = A_0 = 11$$

$$20 \log 11 \approx 20,8$$

GUARDARNO CENTRO BANDA

③

a)

$$\text{per } \omega = 10^{-1} \text{ rad/sec} \quad |W|_{dB} \approx 50 \quad \angle W = -90^\circ$$

$$V_o = 10^{\frac{50,5}{20}} \cdot 5 = 1675$$

$$\angle V_o = \angle V_i + \angle W = -\frac{\pi}{2}$$

$$v_i = 1675 \sin\left(10^{-1} \cdot t - \frac{\pi}{2}\right)$$

b)

$$\text{per } \omega = 10^3 \text{ rad/sec} \quad |W|_{dB} = 10,5 \text{ dB} \quad \angle W = 0$$

$$V_o = 10^{\frac{10,5}{20}} \cdot 5 \approx 16,75$$

$$\angle V_o = 0$$

$$v_o = 16,75 \sin(10^3 \cdot t)$$

c)

$$\text{per } \omega = 10^8 \text{ rad/sec} \quad |W|_{dB} \approx 20,8 \text{ dB} \quad \angle W = 0$$

$$V_o = 10^{\frac{20,8}{20}} \cdot 5 = 54,82 \text{ V}$$

$$v_o = 54,82 \sin(10^8 \cdot t)$$