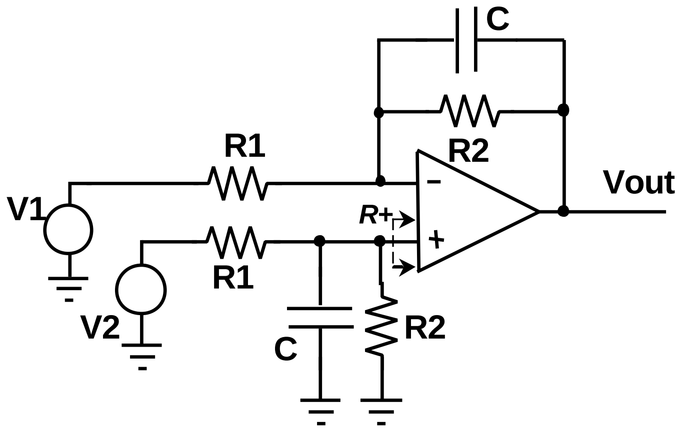
Fondamenti di Elettronica - Ingegneria Automatica e Informatica - AA 2004/2005
2ª prova in itinere- 8 febbraio 2005

Indicare chiaramente la domanda a cui si sta rispondendo. Ad esempio 1a) …

Esercizio 1

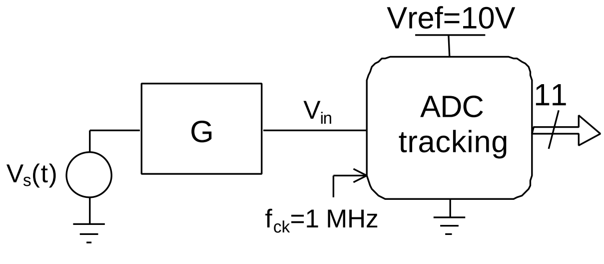


R_1=1 kΩ
R_2=10 kΩ
C=100 nF

a) Determinare V_{out} in funzione degli ingressi V_1 e V_2 nel caso di operazionale ideale. Tracciare il diagramma di Bode quotato del modulo della FdT. Che funzione svolge il circuito?
b) Calcolare l'errore percentuale di guadagno statico assumendo che A_0=80 dB.
c) Sapendo che V_{OS}=10 mV, determinare l'errore in uscita dovuto all'offset di tensione.
d) Assumendo che l'operazionale sia caratterizzato da una resistenza di ingresso differenziale R_{id}=100 kΩ e da un guadagno in continua A_0=80 dB, determinare l'espressione ed il valore della resistenza *R+* vista dal morsetto positivo dell'operazionale in continua.
e) Determinare l'espressione del guadagno d'anello e tracciarne i diagrammi (asintotici) di Bode in modulo e fase assumendo che il prodotto guadagno-banda dell'operazionale sia GBWP=1 MHz (A_0=80 dB, trascurare R_{id}). Determinare infine il margine di fase del circuito.
f) Si calcoli la risposta ad un gradino di tensione di 100 mV in V_2 (con V_1=0) nell'ipotesi che l'operazionale sia ideale e se ne tracci il grafico quotato.
g) Quale e' il valore minimo dello Slew Rate dell'operazionale per cui e' ancora valida la risposta calcolata precedentemente?

Esercizio 2

Si consideri il seguente circuito per la conversione digitale del segnale di ingresso $V_s(t)$:



a) Assumendo che il segnale di ingresso $V_s(t)$ sia contenuto nell'intervallo 0-1.2 V, determinare il minimo valore del guadagno G che assicuri una risoluzione del segnale di ingresso migliore di 0.1%.
b) Disegnare lo schema a blocchi del convertitore A/D ad inseguimento e descriverne il funzionamento.
c) Se all'uscita del blocco G vi fosse un'onda quadra di ampiezza 10 V e frequenza 1 kHz, l'ADC riuscirebbe ad agganciarla? Giustificare la risposta.
d) Se all'uscita del blocco G fosse $V_{in}(t)$=5V sin(2π f *t*) + 5V, quale sarebbe la massima frequenza della sinusoide che l'ADC e' in grado di agganciare?

SOLUZIONE 2ª PROVA DEL 8/2/05

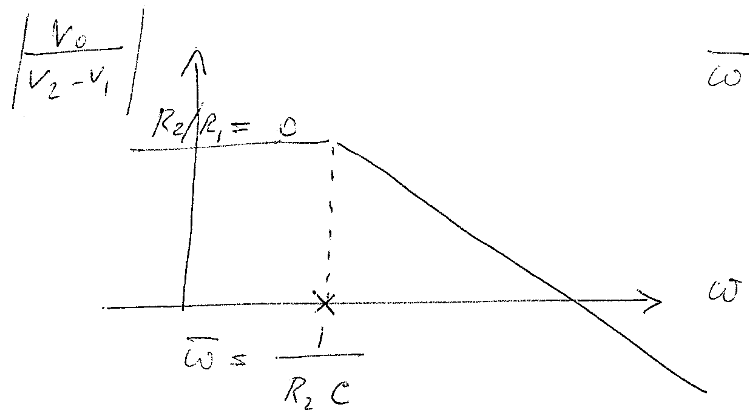
1a)

$$V_{out}\Big|_{V_1} = -\frac{R_2}{R_1}\,\frac{1}{1+sR_2C}\cdot V_1$$

$$V_{out}\Big|_{V_2} = +\frac{R_2}{R_1+R_2}\,\frac{1}{1+s\,R_1\|R_2\,C}\left[1+\frac{R_2}{R_1(1+sR_2C)}\right]V_2 =$$

$$= +\frac{R_2}{R_1}\,\frac{1}{1+sR_2C}\cdot V_2$$

$$\Rightarrow V_{out} = (V_2-V_1)\,\frac{R_2}{R_1}\,\frac{1}{1+sR_2C}$$



$$\bar{\omega} = \frac{1}{R_2C} = \frac{1}{10^4\,\Omega\times 10^{-7}\,F} = 10^3\ \text{rad/s}$$

E' un amplificatore delle differenze passa-basso. Guadagno 10 a bassa frequenza, pulsazione di taglio $\bar{\omega} = 10^4$ rad/s.

1b) Ricordando che: $$G_{REALE} = \frac{G_{IDEALE}}{1-\frac{1}{G_{loop}}}$$

e che Errore % di guadagno $= \dfrac{G_{ID}-G_{REALE}}{G_{ID}}\times 100$

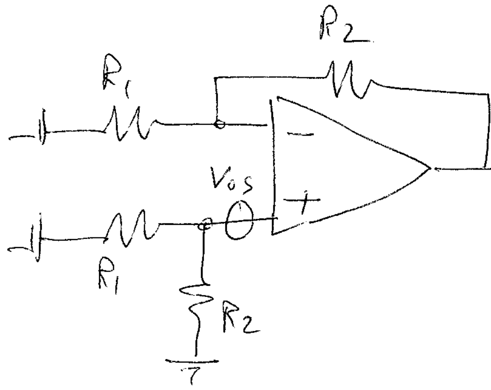
troviamo: $$\text{Errore \%} = \frac{1}{1-G_{loop}(0)}\times 100$$

Dato che: $$G_{loop}(0) = -\frac{A_0R_1}{R_1+R_2} = -10^4\,\frac{1k}{\cancel{1k}+10k} \cong -10^3$$

$$\Rightarrow \text{Errore \%} = \frac{1}{1+10^3}\times 100 \cong \underline{0.1\,\%}$$

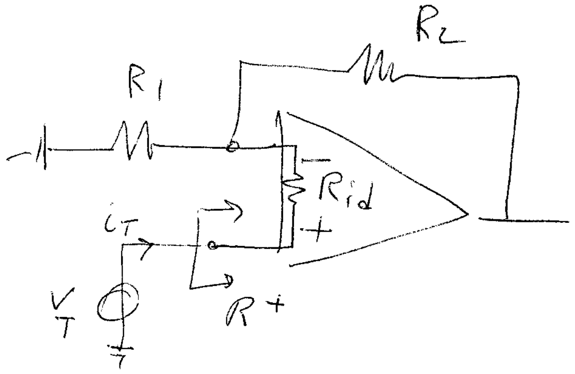
P2

1c) Tensione di uscita dovuta all'offset di tensione V_{OS}



$$|V_{out}| = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\times V_{OS} = 11 \times 10\,mV = \underline{110\,mV}$$

1d) Resistenza di ingresso R^+:



Nel caso asintotico $A_0 \to \infty$ si ha $(v^+ - v^-) \to 0$ e quindi $i_T \to 0$ da cui: $\underline{R^+ \to \infty}$

Quindi esprimo R^+ come:

$$R^+ = R^+_{openloop}(1 - G_{loop})$$

$$R^+_{openloop} = R_{id} + R_1 // R_2 \cong R_{id}$$

$$G_{loop} = -A_0 \frac{R_1 // R_{id}}{R_1 // R_{id} + R_2} \simeq -A_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow R^+ \cong R_{id}(1 - G_{loop}) = 100k\Omega(1 + 10^3) \cong \underline{100\,M\Omega}$$

1e) Si trova: $G_{loop}(s) = -A(s)\dfrac{R_1}{R_1 + Z_2}$ dove

$$Z_2 = R_2 // \frac{1}{sC} = \frac{R_2}{1 + sR_2C}$$

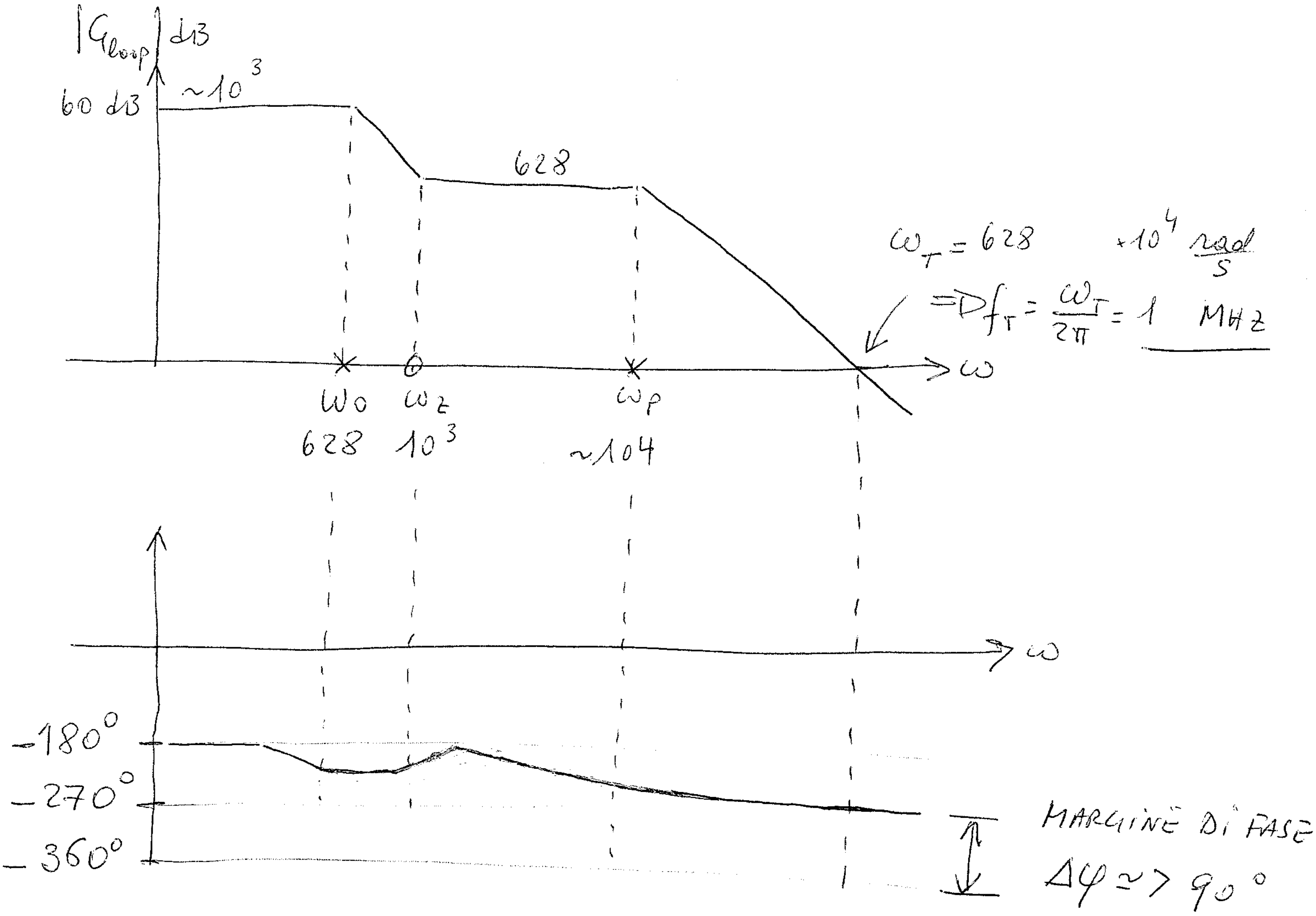
$$A(s) = \frac{A_0}{1 + s/\omega_0} \quad \text{con} \quad \omega_0 = \frac{GBWP \times 2\pi}{A_0} = 628\ \text{rad/s}$$

da cui si ottiene:

$$G_{loop}(s) = -\underbrace{\frac{A_0 R_1}{R_1+R_2}}_{G_{loop}(0)\simeq 10^3} \frac{1}{1+s/\omega_0} \frac{1+s\overbrace{R_2C}^{\tau_z}}{1+s\underbrace{R_1/\!/R_2C}_{\tau_p}}$$

$\tau_z = R_2C = 10^4\Omega \times 10^{-7}F = 10^{-3}s \rightarrow \omega_z = 10^3$ rad/s

$\tau_p = R_1/\!/R_2C = \sim 10^3\Omega \times 10^{-7}F = \sim 10^{-4} \rightarrow \omega_p = \sim 10^4$ rad/s



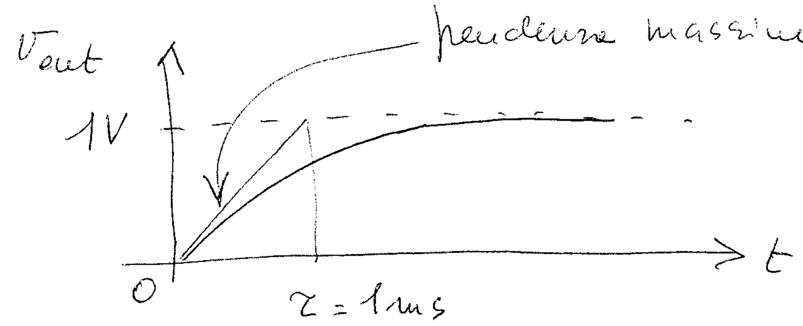
1f) Nel dominio delle TdL la risposta del circuito ad un gradino di 100mV vale:

$$V_{out}(s) = V_2(s)\frac{R_2}{R_1}\frac{1}{1+sR_2C} \quad \text{dove } V_2(s) = \frac{0.1V}{s}$$

Da cui l'antitrasformata:

$$V_{out}(t) = 0.1V \times \frac{R_2}{R_1}\left(1-e^{-t/\tau}\right) \qquad \tau = R_2C = 10^{-3}s$$

(P4)



1g) Perché l'A.O. non limiti per S.R. la risposta calcolata al punto f occorre che $\underline{SR > 10^3\ V/s}$.

~ o ~ o ~

2a) La risoluzione dell'ADC, riferita all'ingresso, deve essere migliore di quanto richiesto, che è pari a 0.1% del segnale.
Quindi deve essere:

$$\underbrace{\frac{10V}{2048}}_{LSB_{ADC}} \frac{1}{G_{min}} \leq \underbrace{\frac{1{,}2V}{1000}}_{\text{LSB richiesto all'ingresso}} \Rightarrow G_{min} = \frac{1000}{2048}\frac{10V}{1{,}2V} = \underline{4.069}$$

2b) Vedi dispense / libri di testo

2c) La scalinata del DAC sale con "pendenza" massima di $\frac{V_{ref}}{2^n} \cdot f_{ck} = 4.88 \times 10^{-3}\ V/\mu s$ -
L'onda quadra ha un semiperiodo di 500μs. In 500μs il DAC arriva a 2,44V, non a 10V, quindi il segnale non viene agganciato.

2d) Vale la condizione $5V \cdot 2\pi f \leq 4.88 \times 10^{-3} \frac{V}{\mu s}$ da cui $\underline{f \leq 155\ Hz}$