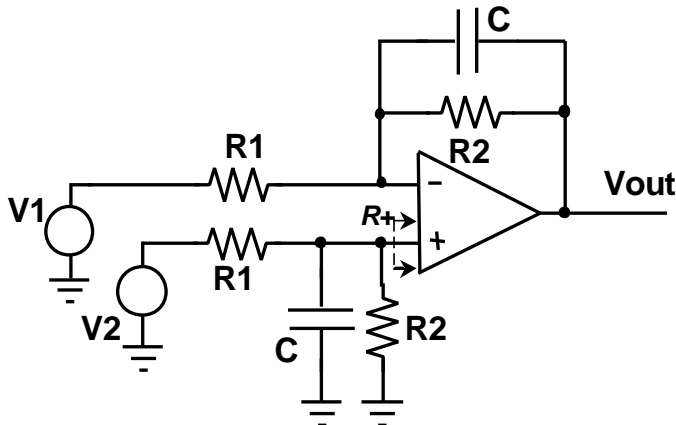


Fondamenti di Elettronica - Ingegneria Automatica e Informatica - AA 2004/2005  
 2<sup>a</sup> prova in itinere- 8 febbraio 2005

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

Esercizio 1

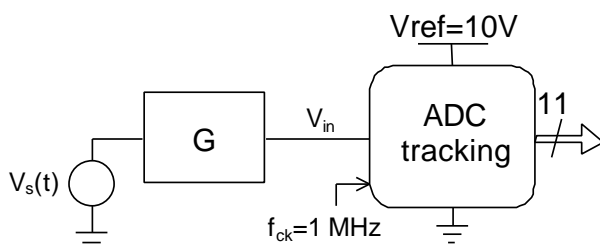


$R_1=1\text{ k}\Omega$   
 $R_2=10\text{ k}\Omega$   
 $C=100\text{ nF}$

- 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?
- Calcolare l'errore percentuale di guadagno statico assumendo che  $A_0=80\text{ dB}$ .
- Sapendo che  $V_{OS}=10\text{ mV}$ , determinare l'errore in uscita dovuto all'offset di tensione.
- Assumendo che l'operazionale sia caratterizzato da una resistenza di ingresso differenziale  $R_{id}=100\text{ k}\Omega$  e da un guadagno in continua  $A_0=80\text{ dB}$ , determinare l'espressione ed il valore della resistenza  $R_+$  vista dal morsetto positivo dell'operazionale in continua.
- 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  $GBWP=1\text{ MHz}$  ( $A_0=80\text{ dB}$ , trascurare  $R_{id}$ ). Determinare infine il margine di fase del circuito.
- Si calcoli la risposta ad un gradino di tensione di  $100\text{ mV}$  in  $V_2$  (con  $V_1=0$ ) nell'ipotesi che l'operazionale sia ideale e se ne tracci il grafico quotato.
- 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  $V_s(t)$ :



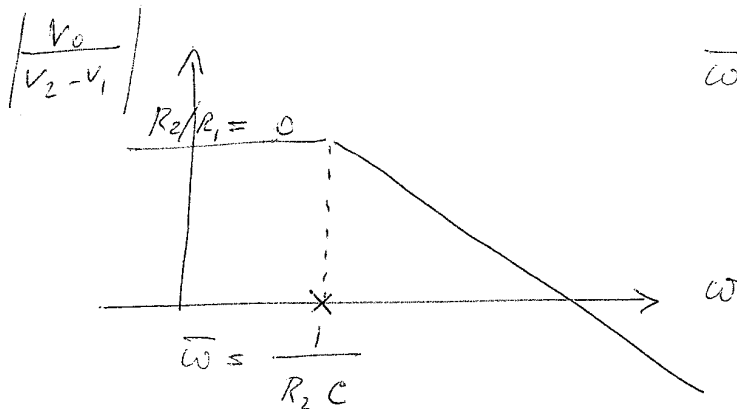
- Assumendo che il segnale di ingresso  $V_s(t)$  sia contenuto nell'intervallo  $0-1.2\text{ V}$ , determinare il minimo valore del guadagno  $G$  che assicuri una risoluzione del segnale di ingresso migliore di  $0.1\%$ .
- Disegnare lo schema a blocchi del convertitore A/D ad inseguimento e descriverne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

# SOLUZIONE 2<sup>a</sup> PROVA DEL 8/2/05 (P1)

$$1a) \quad V_{out} / V_1 = - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + s R_2 C} \cdot V_1$$

$$\begin{aligned} V_{out} / V_2 &= + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{1}{1 + s R_1 R_2 C} \left[ 1 + \frac{R_2}{R_1 (1 + s R_2 C)} \right] V_2 = \\ &= + \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + s R_2 C} \cdot V_2 \end{aligned}$$

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



$$\bar{\omega} = \frac{1}{R_2 C} = \frac{1}{10^4 \Omega \times 10^{-7} F} = 10^3 \text{ rad/s}$$

È un amplificatore delle differenze para-bando.

Guadagno 10 a bassa frequenza, pulsazione di taglio  $\bar{\omega} = 10^4$  rad/s.

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

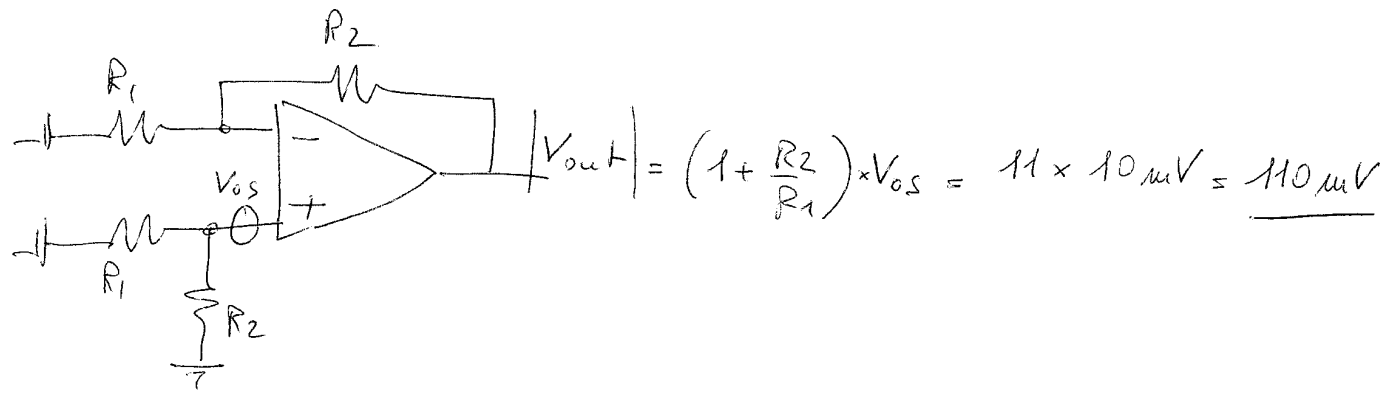
$$\text{e che Errore \% di guadagno} = \frac{G_{ID} - G_{REALE}}{G_{ID}} \times 100$$

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

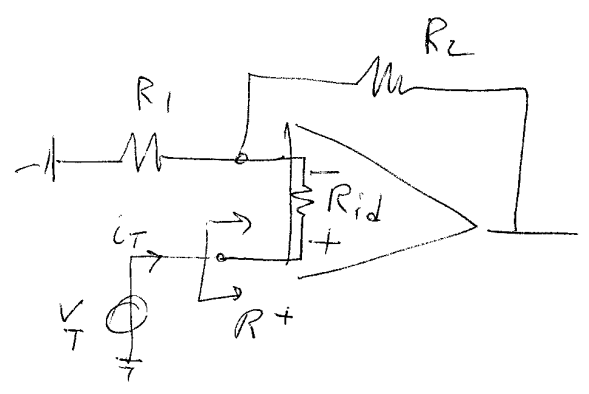
$$\text{Dato che: } G_{loop}(0) = - \frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2} = - \frac{10^4 \cdot 1k}{1k + 10k} \approx - 10^3$$

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

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



1d) Resistenza di ingresso  $R^+$ :



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

quindi esprimo  $R^+$  come:

$$R^+ = R_{oleu\ loop}^+ (1 - G_{loop})$$

$$R_{oleu\ loop}^+ = R_{id} + R_1 // R_2 \cong R_{id}$$

$$G_{loop} = -A_o \frac{R_1 // R_{id}}{R_1 // R_{id} + R_2} \cong -A_o \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

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

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

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

$$A(s) = \frac{A_o}{1 + s/\omega_o}$$

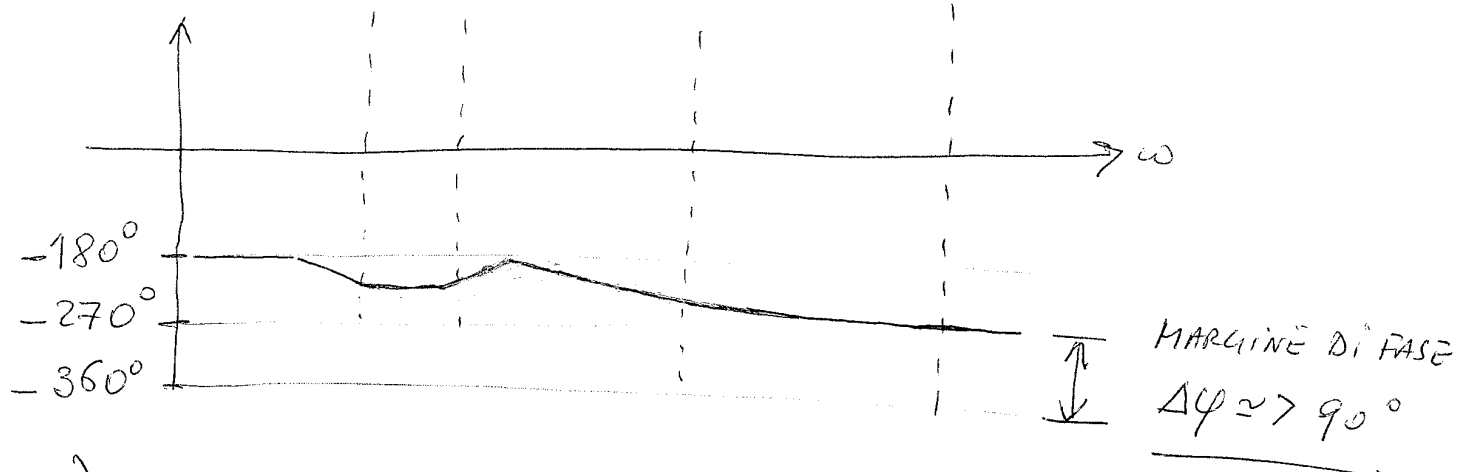
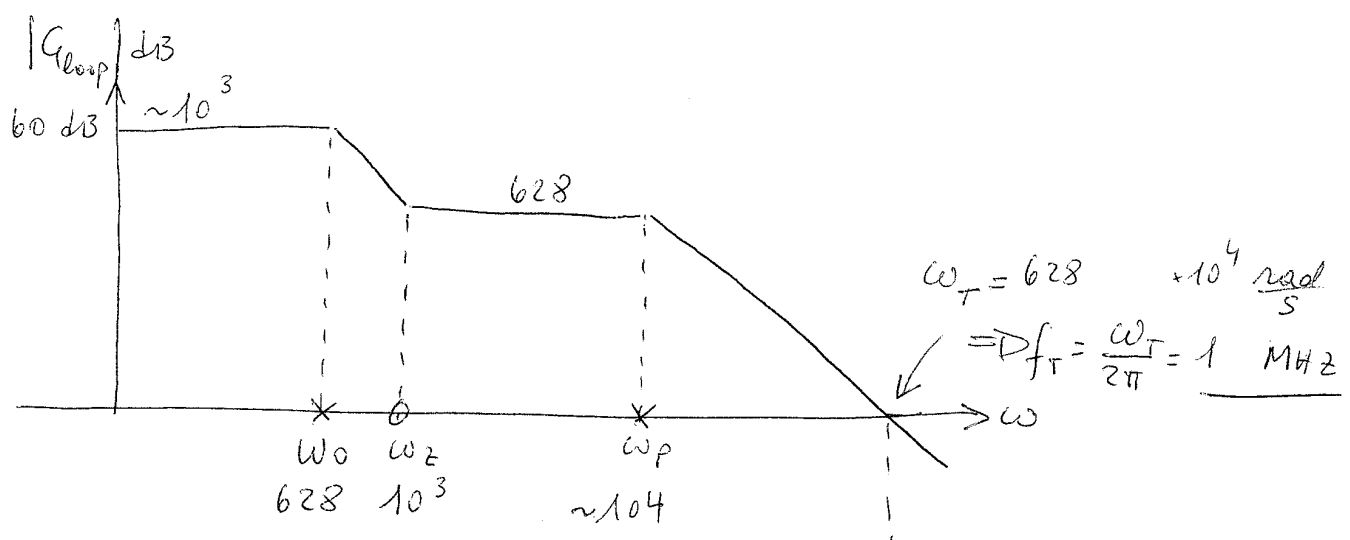
con  $\omega_o = \frac{GBWP + 2\pi}{A_o} = 628 \text{ rad/s}$

da cui si ottiene:

$$G_{loop}(s) = \underbrace{\frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2}}_{G_{loop}(0) \approx 10^3} \frac{1}{1 + s/\omega_0} \frac{1 + s \overbrace{R_2 C}^{\tau_2}}{1 + s \underbrace{R_1 // R_2 C}_{\tau_p}}$$

$$\tau_2 = R_2 C = 10^4 \Omega \times 10^{-7} F = 10^{-3} s \rightarrow \omega_2 = 10^3 \text{ rad/s}$$

$$\tau_p = R_1 // R_2 C = \sim 10^3 \Omega \times 10^{-7} F = \sim 10^{-4} s \rightarrow \omega_p = \sim 10^4 \text{ rad/s}$$

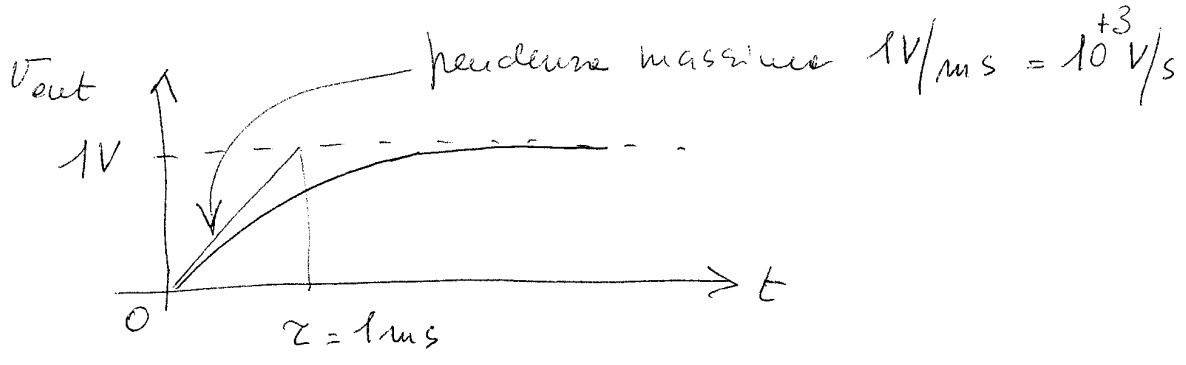


1f) Nel dominio delle TdL la risposta del circuito ad un gradino di 100mV vale:

$$V_{out}(s) = V_2(s) \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + sR_2 C} \quad \text{dove } V_2(s) = \frac{0.1V}{s}$$

Da cui l'anti-trasformata:

$$v_{out}(t) = 0.1V \times \frac{R_2}{R_1} (1 - e^{-t/\tau}) \quad \tau = R_2 C = 10^{-3} s$$



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

~ 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:

$$\frac{10\text{V}}{2048} \frac{1}{G_{min}} \leq \frac{1.2\text{V}}{1000} \Rightarrow G_{min} = \frac{1000}{2048} \frac{10\text{V}}{1.2\text{V}} = 4.069$$

$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\text{LSB}_{ADC}} \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\text{LSB richiesto all'ingresso}}$

2b) Vedi dispense / libri di testo

2c) La scalinata del DAC sale con "pendenza" massima di  $\frac{V_{ref}}{2^n} \cdot f_{ck} = 4.88 \times 10^{-3}\text{V/\mu s}$ .  
 L'onda quadrata ha un semiperiodo di 500μs. In 500μs il DAC arriva a 2.44V, non a 10V, quindi il segnale non viene appagato.

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