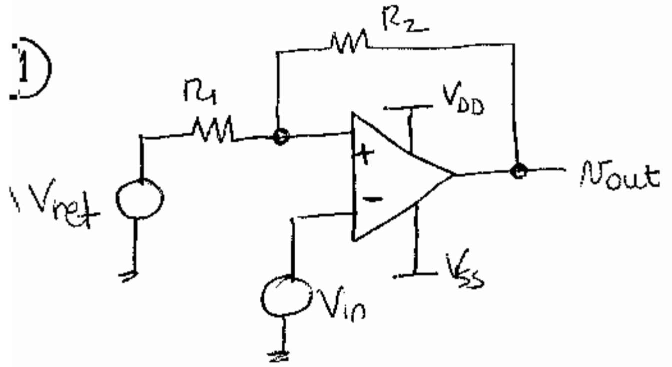
RECUPERO SECONDA PROVA – 18 FEBBRAIO 2003

ESERCIZIO A

1)



$R_1 = 1\,k\Omega$

$R_2 = 10\,k\Omega$

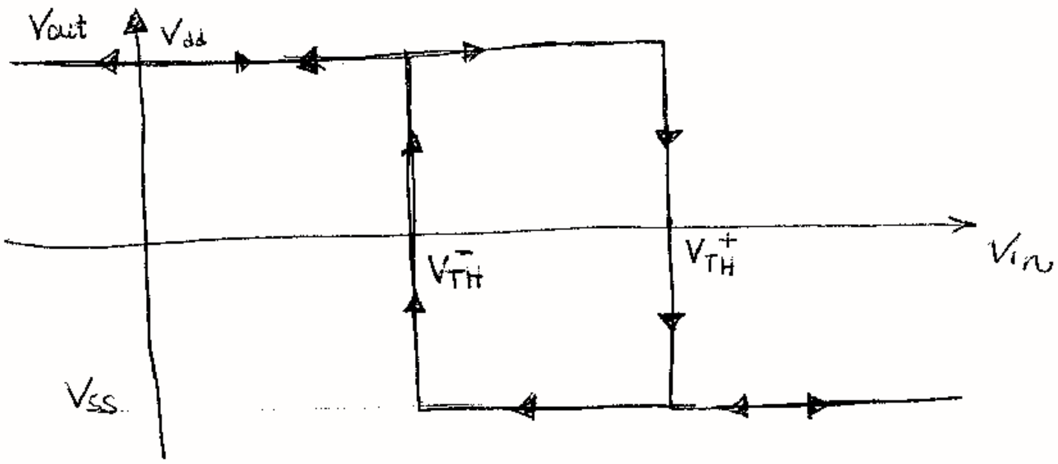
$V_{ref} = 2V$

$V_{dd} = 5V$

$V_{SS} = 0V$

Per il principio di sovrapposizione degli effetti

$$V^+ = V_{ref} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_{out} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



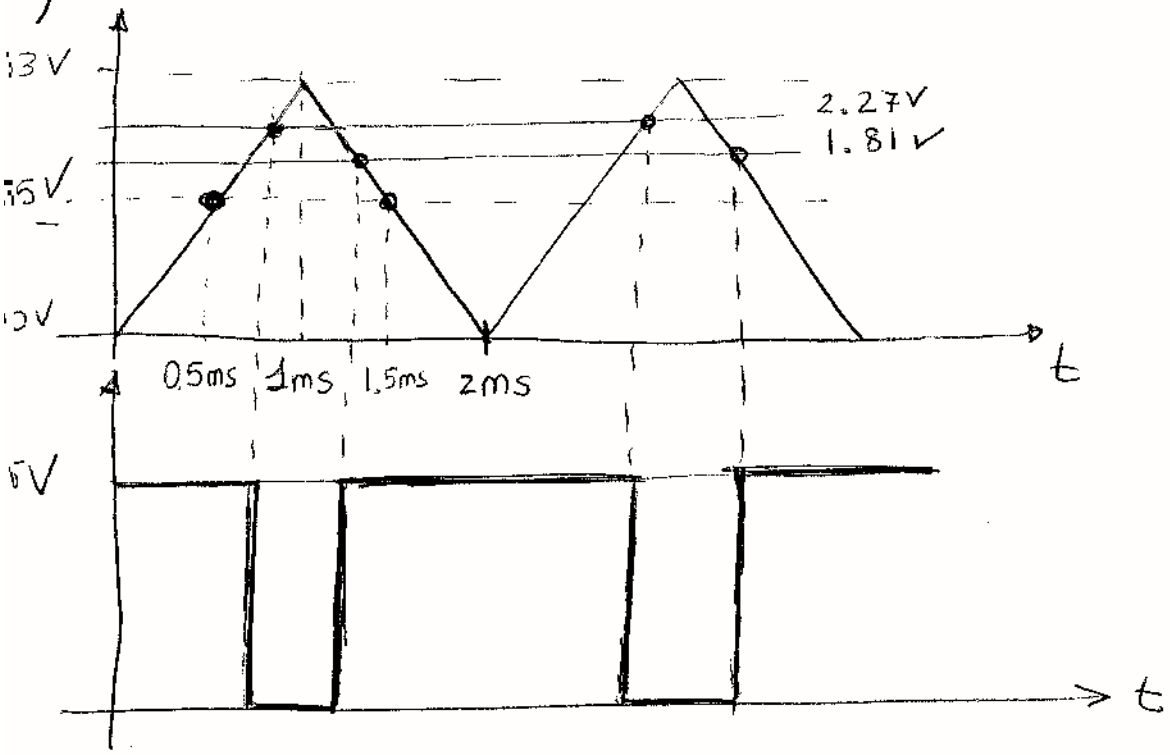
$$V_{TH}^+ = V_{ref} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_{DD} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 2V \cdot \frac{10k}{10k + 1k} + 5V \frac{1k}{1k + 10k} =$$

$$= 2V \times \frac{10}{11} + 5V \times \frac{1}{11} = 2.273\ V$$

$$V_{TH}^- = V_{ref} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_{SS} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 2V \times \frac{10k}{10k + 1k} + 0V \frac{1k}{1k + 10k} =$$

$$= 2V \times \frac{10}{11} = 1.818\ V$$

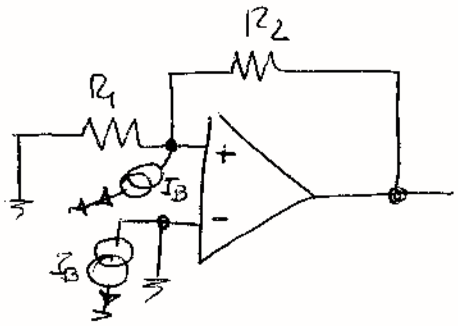
2)



Quando V_{in} cresce e supera V_{TH}^{+} $\Rightarrow$ $V_{out} = V_{SS} = 0$

Quando V_{in} decresce e diviene minore di V_{TH}^{-} $\Rightarrow$ $V_{out} = V_{DD} = 5V$

3)



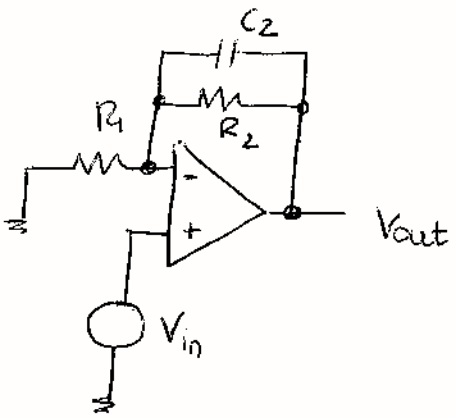
I_B al morsetto invertente non contribuisce perchè è richiamata da massa.

I_B al morsetto non invertente sposta le soglie di un fattore

$$\Delta V = -I_B \; R_1 // R_2 = -10\mu A \, (1k // 10k) = -9.1 mV$$

ESERCIZIO B

1)



Configurazione non invertente: $V_{out} = V_{in}\left(1+\frac{Z_2}{Z_1}\right)$

$$Z_2(s) = \frac{R_2}{1+sC_2R_2}$$

$$\ldots \frac{1}{R_1} = \frac{R_1 + sC_2R_2R_1 + R_2}{R_1(1+sC_2R_2)} = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\frac{1+sC_2R_{//}}{1+sC_2R_2}$$

$$Z_1(s) = R_1$$

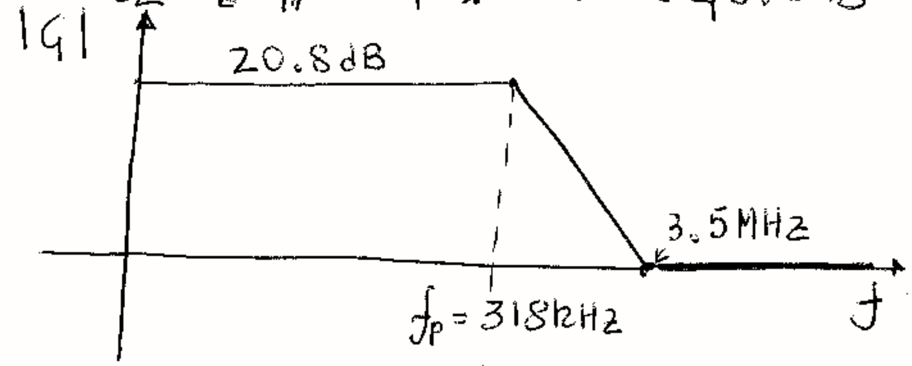
Procediamo, alternativamente, per ispezione:

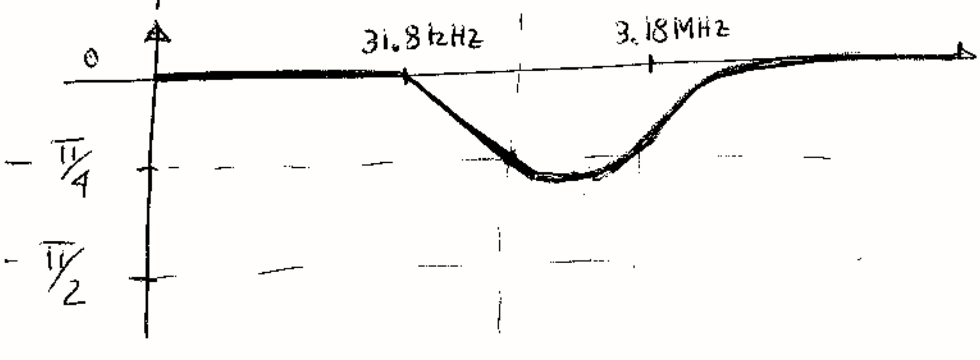
$$G_{id} = G_{id}(0)\,\frac{1+s\tau_z}{1+s\tau_p}$$ ← in alta frequenza è un buffer!

$$G_{id}(0) = 1+\frac{R_2}{R_1} = 1+\frac{10k}{1k} = 11$$

$$\tau_p = C_2R_2 = 50pF * 10k\Omega = 500ns \Rightarrow f_p = \frac{1}{2\pi\tau_p} = 318\,kHz$$

$$\tau_z = C_2R_{//} = 50pF * 909\Omega = 45.5ns \Rightarrow f_z = 3.5MHz$$

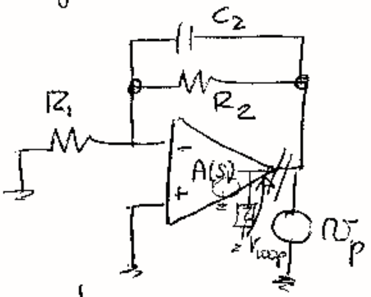




3) GBWP = 1MHz

Calcoliamo $G_{loop}(s)$ per poi calcolare $G_{anolata}(s)$ e determinare per via grafica il guadagno reale dello stadio

$$G_{loop}(s) = -\frac{R_1}{R_1 + \frac{R_2}{1+sC_2R_2}} \quad A(s) =$$

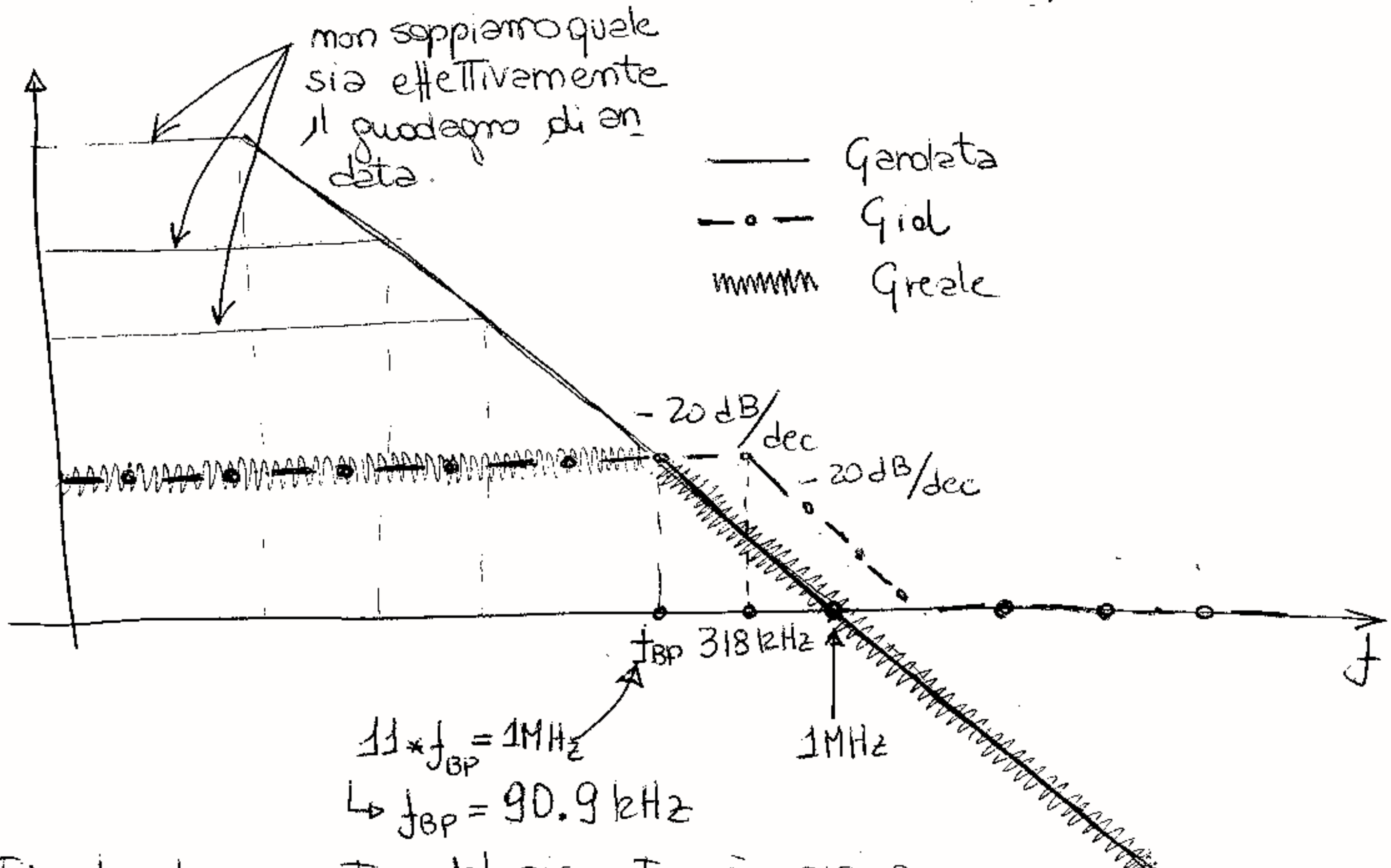


$$= -\frac{R_1}{R_1+R_2}\frac{A_0}{} \cdot \frac{1+sC_2R_2}{1+sC_2(R_1 \| R_2)} \cdot \frac{1}{1+s\tau_0}$$

Non conosciamo A_0 e τ_0 indipendentemente, ma solo il prodotto $\frac{A_0}{2\pi\tau_0} = GBWP$

$$G_{anolata}(s) = -G_{id}(s)G_{loop}(s) = +\left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)\frac{1+sC_2R_{//}}{1+sC_2R_2}\frac{1}{1+s\tau_0}\frac{R_1 A_0}{R_1+R_2}\cdot\frac{1+sC_2R_2}{1+sC_2(R_1 \| R_2)}$$

$$= +\frac{A_0}{1+s\tau_0}$$



⇓

effettiva banda passante del circuito è pari a 90.9 kHz.

3) Considero segnali nella banda passante

$V_{in_{ADC}} = G_{id} * V_{in} = 11 * V_{in}$

$\Downarrow$

ampiezza picco-picco segnale in ingresso all'ADC:

$$11 \times 0.4V = 4.4V$$

$\Downarrow$

per avere risoluzione di almeno $\frac{V_{PP}}{2000}$:

$$\frac{V_{FS}}{2^m} = \frac{V_{PP}}{2000}$$

$$V_{FS} = +2.5V - (-2.5V) = 5V$$

$$\frac{5V}{2^m} = \frac{4.4V}{2000} \Rightarrow 2^m = \frac{5V}{4.4V} * 2000 = 2272$$

$$\Downarrow m = \log_2 2272 = 11.15 \Rightarrow 12 \text{ bit}$$

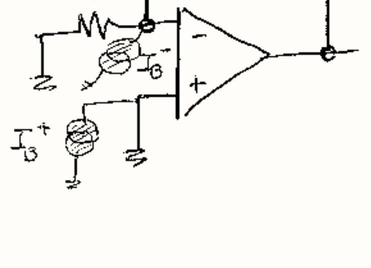
Errore di quantizzazione: valore efficace (r.m.s.) $= \frac{LSB}{\sqrt{12}} =$

$$= \frac{V_{FS}}{2^m} \frac{1}{\sqrt{12}} = \frac{5V}{2^{12}} \frac{1}{\sqrt{12}} = 0.35\, mV r.m.s$$

$\Downarrow$

$$\sigma_{quant}\Big|_{in} = \sigma_{quant} \frac{1}{G_{id}} = 0.35mV \frac{1}{11} = 32\mu V \text{ r.m.s}$$

4) Calcoliamo l'effetto di I_{bias} dell'op. amp. 1 (I_B è una grandezza DC $\Rightarrow C_2$ è un circuito aperto)



I_B^+ non conta perchè fluisce direttamente a massa

$V_{out_{I_B^-}} = \pm R_2 I_{B^-}$ poichè il morsetto invertente è un nodo di Terra virtuale e non può fluire corrente in R_1.

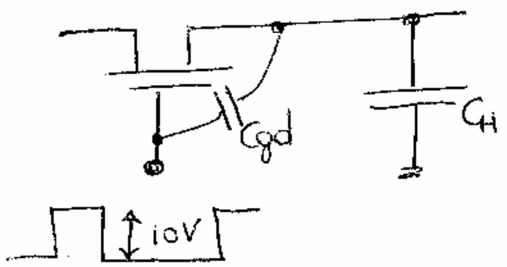
$$V_{out}\Big|_{I_B} < 0.1\,LSB = \frac{V_{FS}}{2^{n}} * \frac{1}{10} = \frac{5V}{2^{12}}\,\frac{1}{10} = 122\mu V$$

⇓

$$I_B \times R_2 = 122\mu V \Rightarrow I_B = \frac{122\mu V}{R_2} = 12.2\,mA$$

↳ la massima corrente di bias ammissibile è pari a **12.2 mA**

)



$$V_{CH} = \Delta V_G \frac{C_{gd}}{C_{gd} + C_H}$$

$$\frac{1}{2} LSB = \frac{V_{FS}}{2^{n+1}} = \frac{5V}{2^{13}} = 0.61\,mV$$

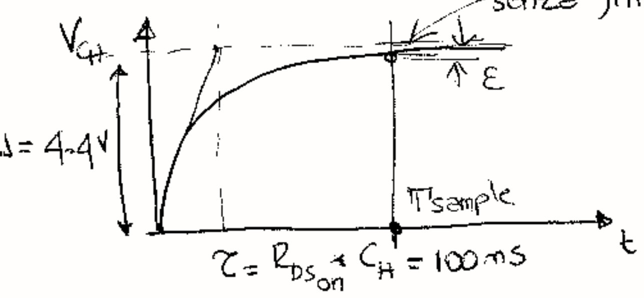
$$\frac{1}{2} LSB = \Delta V_G * \frac{C_{gd}}{C_{gd} + C_H}$$

$$\frac{\Delta V_G}{\frac{1}{2} LSB} = \frac{C_{gd} + C_H}{C_{gd}}$$

$$\frac{\Delta V_G}{\frac{1}{2} LSB} = 1 + \frac{C_H}{C_{gd}} \Rightarrow C_{gd} \leq \frac{C_H}{\frac{\Delta V_G}{\frac{1}{2} LSB} - 1} = \frac{1nF}{\frac{10V}{0.61mV} - 1} =$$

$$= 61\,fF$$

) La massima variazione di tensione su C_H è pari a $G_{id} * V_{pp} = 4.4V$



$$\frac{dV_{CH}}{dt}\Big|_{MAX} = \frac{\Delta}{\tau} = 44\,V/\mu s$$

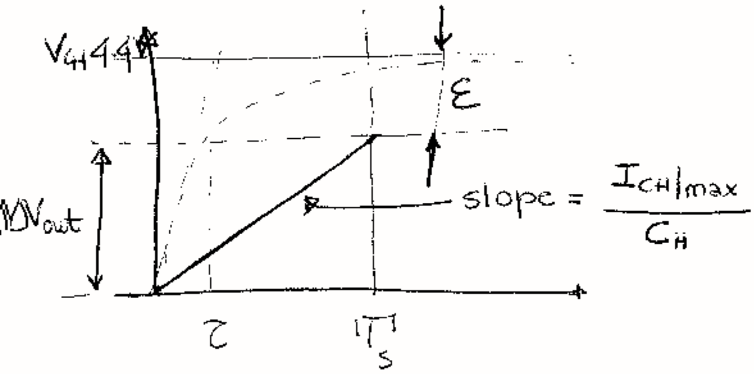
$$I_{CH}\Big|_{max} = C_H \cdot \frac{dV_{CH}}{dt}\Big|_{max} = 44\,mA$$

↓

Se $I_{out_{max}} = 50\,mA$ ⇒ la carica della capacità avviene esponenzialmente poiché l'operazionale è in grado di fornire corrente sufficiente (la corrente richiesta dalla rete di retroazione è pari a $\frac{4.4V}{R_1 + R_2} = 40\mu A$)

↳ $\varepsilon = \Delta \exp(-T_S/\tau) = 4.4V \exp\left(-\frac{500 ms}{100 ms}\right) = 29.6\,mV \Rightarrow \varepsilon_{LSB} = 24.3\,LSB$

: Se $I_{out}|_{max} = 5mA \Rightarrow I_{CH}|_{max} = 5mA - 40\mu A = 4.96 mA \simeq 5mA$



$$\Delta V_{out} = \frac{I_{CH}|_{max}}{C_H} * T_S = \frac{5 \ mA}{1nF} * 500 ns = 2.5V$$

⇓

$$\varepsilon = 4.4V - 2.5V = 1.9V \Rightarrow \varepsilon_{LSB} = 1557 \ LSB$$

)) $T_{HOLD} = 300\mu s$

Per non avere errori nella conversione:

$$T_{HOLD} > T_{conv}$$

Per un ADC ad approssimazioni successive

$$T_{conv} = \frac{n}{f_{ck}}$$

⇓

$$f_{ck}\Big|_{MIN} = \frac{n}{T_{conv}} = \frac{n}{T_{HOLD}} = \frac{12}{300\mu s} = 40 \ kHz.$$