

Esercizio 1

Si consideri il circuito amplificatore contenente un transistore MOSFET mostrato in Fig.1, i_{in} e' un generatore di corrente di piccolo segnale.

- Calcolare il valore necessario del fattore di transconduttanza k_n che garantisca che $V_{o1} = 0 V$. Determinare, quindi, la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami).
- Determinare l'espressione ed il valore del trasferimento di piccolo segnale a media frequenza v_{o2}/i_{in} .
- Tracciare il diagramma di Bode del modulo del trasferimento di piccolo segnale v_{o1}/i_{in} , quotandone tutti i punti significativi.
- Determinare la massima dinamica positiva e negativa possibile per il nodo V_{o1} .

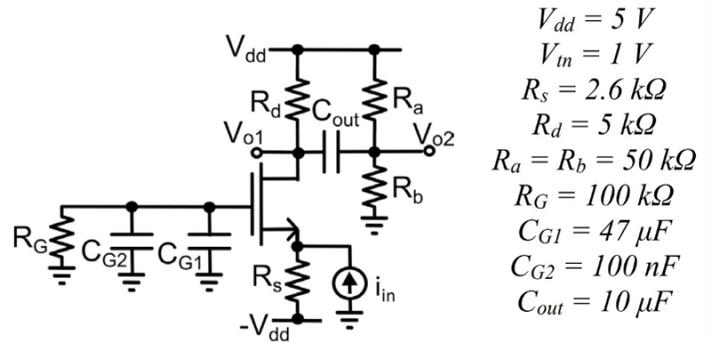
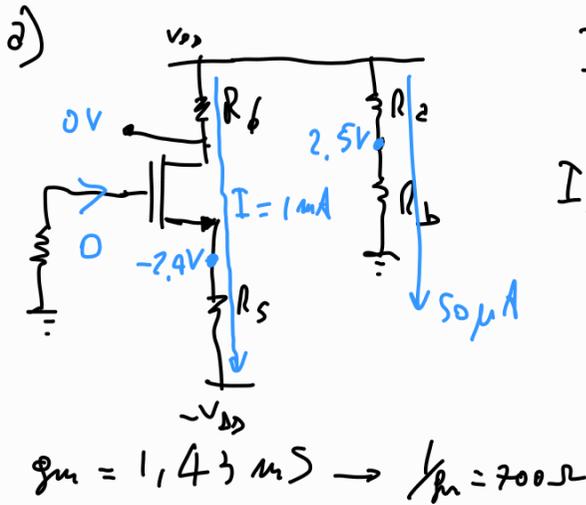


Fig. 1

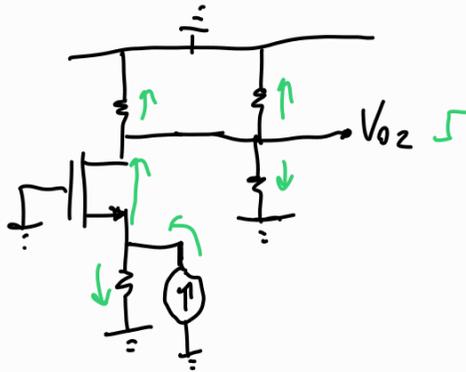


$$I_{R2} = \frac{V_{DD}}{R2 + Rb} = 50 \mu A \quad \left| \quad V_{O2} = 2,5 V$$

$$I_n = \frac{V_{DD} - 0}{Rd} = 1 mA \quad \left| \quad V_s = -V_{DD} + R_s I_n = -2,4 V$$

$$K_n = \frac{I}{V_{ov}^2} = \frac{1 mA}{(0 + 2,4 - 1)^2} = 570,2 \frac{mA}{V^2}$$

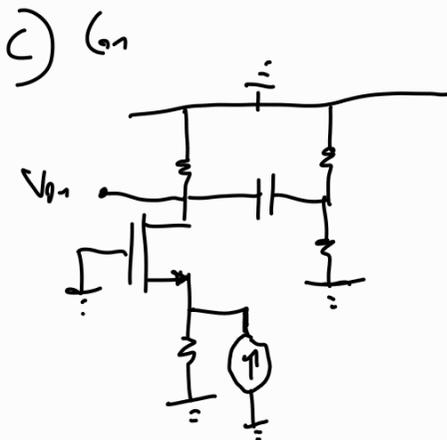
b) G_{2MF} : $C_{OUT} \approx c.c$



$$i_n = I_n \cdot \frac{R_s}{R_s + 1/g_m}$$

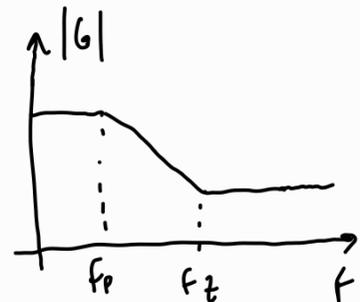
$$V_{o2} = i_n \cdot R_d // R_L // R_b$$

$$G_{MF} = \frac{R_s}{R_s + 1/g_m} \cdot R_d // R_L // R_b = 3294$$



$$G_1(0) = \frac{R_s}{R_s + 1/g_m} \cdot R_d = 3950$$

$$G_1(\infty) = G_{2MF} = 3294$$



$$\tau_p = C_{OUT} \cdot (R_d + R_L // R_b) = 300 \mu s \rightarrow f_p = 530 \text{ MHz}$$

$$\tau_z = C_{OUT} (R_L // R_b) = 250 \mu s \rightarrow f_z = 636 \text{ MHz}$$

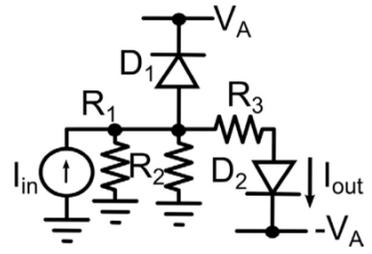
d) $V_{OUT_{MIN}} = V_G - V_A = -1 V$

$V_{OUT_{MAX}} = V_{DD} = 5 V$

Esercizio 2

Si consideri il circuito con diodi, riportato nella Fig. 2. La corrente I_{in} vari nell'intervallo $[-5mA, 5mA]$.

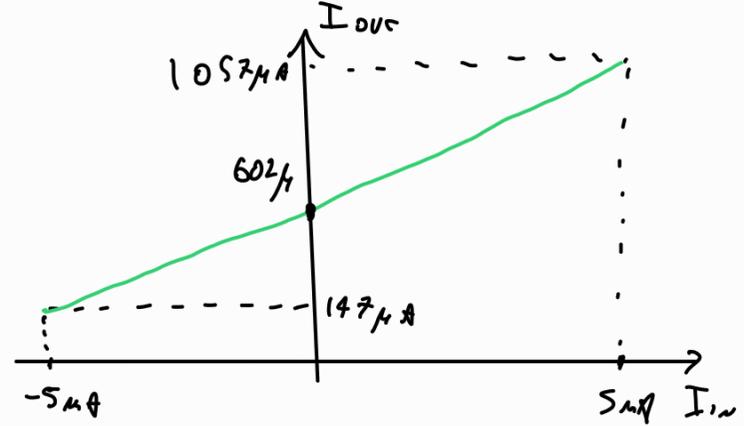
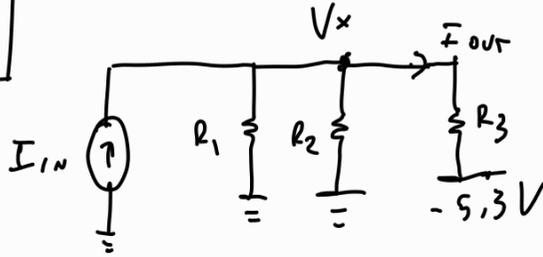
- Disegnare la caratteristica di trasferimento corrente di ingresso-corrente di uscita, assumendo i diodi ideali (tensione di accensione $0.7V$, corrente nulla in polarizzazione inversa per qualsiasi ~~tensione~~ Corrente applicata).
- Tracciare l'andamento, in funzione della corrente i_{in} , della potenza dissipata dal solo diodo $D2$, assumendo il solo diodo $D1$ caratterizzato da una tensione di *breakdown* pari a $-12V$.



$$\begin{aligned} V_A &= 6V \\ R_1 &= 1k\Omega \\ R_2 &= 4k\Omega \\ R_3 &= 8k\Omega \end{aligned}$$

Fig. 2

D_1 OFF
 D_2 ON



$$\begin{aligned} I_{out} &= I_{in} \cdot \frac{R_1 \parallel R_2}{R_1 \parallel R_2 + R_3} + 5,3 \cdot \frac{1}{R_1 \parallel R_2 + R_3} \\ &= 0,051 \cdot I_{in} + 602 \mu A \end{aligned}$$

$$V_x = -5,3 + I_{out} \cdot R_3$$

D_2 ON FINCHÉ $I_{out} > 0 \rightarrow I_{in} > -6,6 mA$

D_1 OFF FINCHÉ $V_x < V_A + 0,7V \rightarrow I_{in} < 9,9 mA$

$$I_{out}(-5mA) = 147 \mu A$$

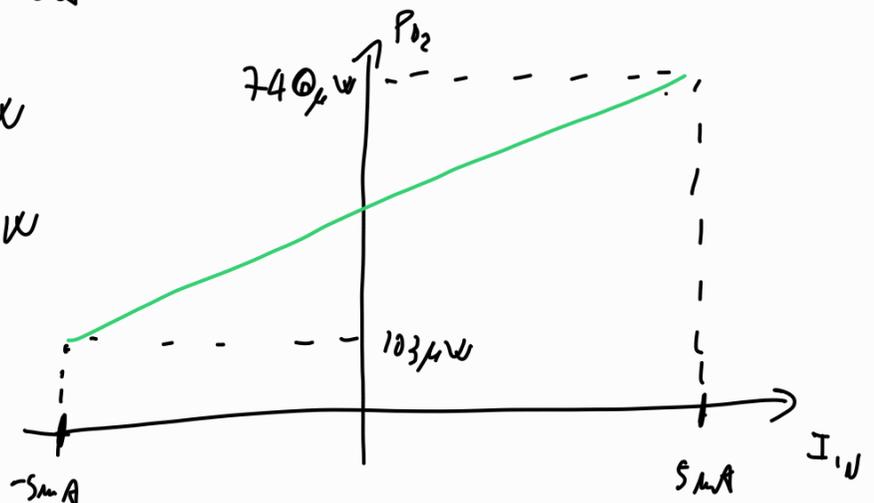
$$I_{out}(5mA) = 1057 \mu A$$

b) D_1 BREAKDOWN SE $V_x < V_A - 12V \rightarrow I_{in} < -7,6 mA$ MAI

$$P_{D2} = V_{D2} \cdot I_{out} = 0,7V \cdot I_{out}$$

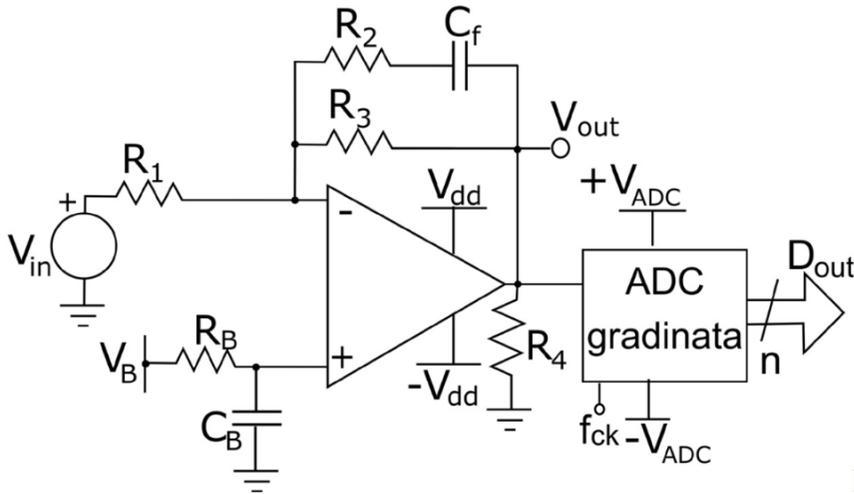
$$P_{D2}(I_{in} = -5mA) = 0,7V \cdot 147 \mu A = 103 \mu W$$

$$P_{D2}(I_{in} = 5mA) = 0,7V \cdot 1057 \mu A = 740 \mu W$$



Esercizio 3

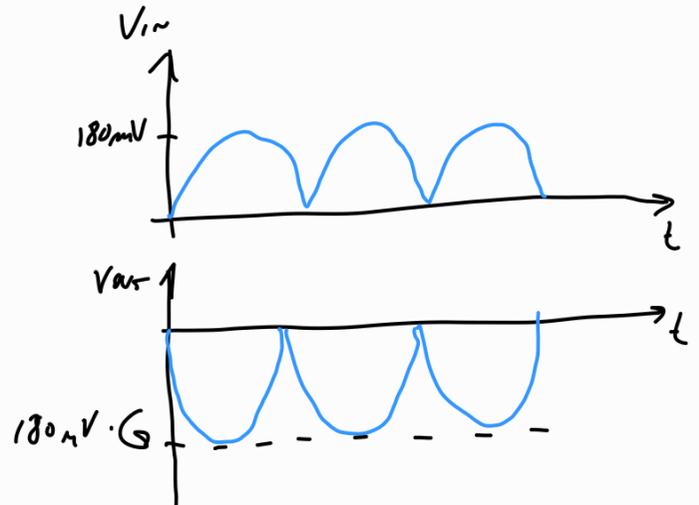
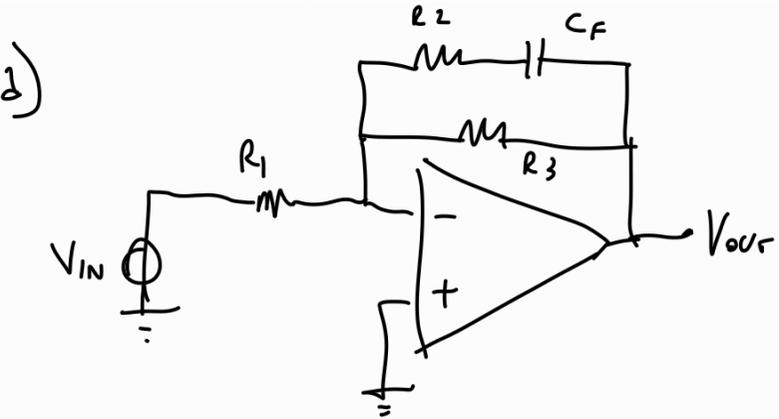
Si consideri la catena di acquisizione per segnali, mostrata in Fig. 3. L'ADC sia del tipo a gradinata. Gli amplificatori operazionali saturino alle tensioni di alimentazione e V_{in} sia un generatore di tensione sinusoidale che eroga segnali $V_{in} = 180mV |\sin(\omega t)|$.



- $V_{dd} = 6V$
- $R_B = 200k\Omega$
- $C_B = 470\mu F$
- $R_1 = 1.5k\Omega$
- $R_2 = 10k\Omega$
- $R_3 = 25k\Omega$
- $R_4 = 50\Omega$
- $C_f = 47pF$
- $V_{ADC} = 3.3V$
- $n = 13\text{ bits}$

Fig. 3

- a) Assumendo $V_B = 0V$, determinare il massimo ed il minimo valore di picco della tensione V_{out} , a seconda della frequenza del segnale di ingresso e la risoluzione ottenibile in ingresso nei due casi limite, assumendo l'amplificatore operazionale ideale.
- b) Si assuma ora $V_B = 100mV$, V_{in} sia un gradino positivo di tensione di ampiezza $180mV$ e l'amplificatore operazionale sia ideale, disegnare l'andamento nel tempo della tensione di uscita V_{out} , quotandone tutti i punti significativi. Questo segnale sarebbe convertibile dall'ADC?
- c) Assumendo nuovamente $V_B = 0V$, determinare la minima frequenza di clock, f_{ck} , che deve possedere l'ADC nelle ipotesi che la frequenza del segnale di ingresso sia di $2Hz$.
- d) Determinare il margine di fase del circuito amplificatore nelle ipotesi che l'amplificatore operazionale sia caratterizzato da un prodotto guadagno-larghezza di banda pari a $GBWP = 75MHz$.



BASSA f $G = -\frac{R_3}{R_1} = -16,67$

$V_{out}^{PK} = 180mV \cdot (-16,67) = -3V$

$LSB_w = LSB_{ADC} / G = 48,3\mu V$

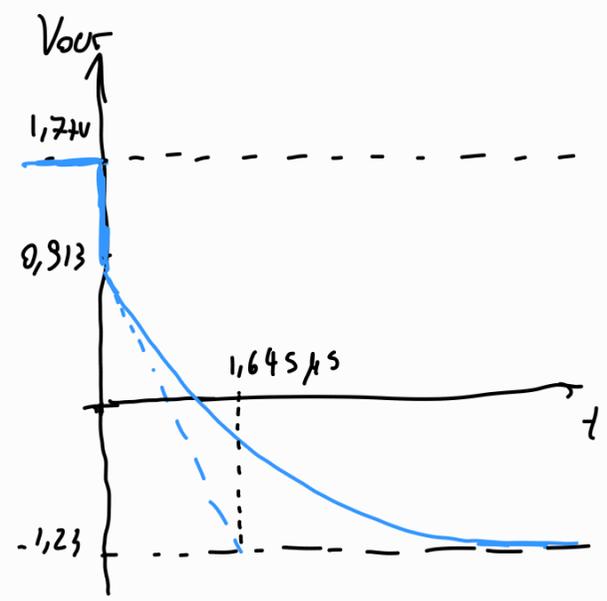
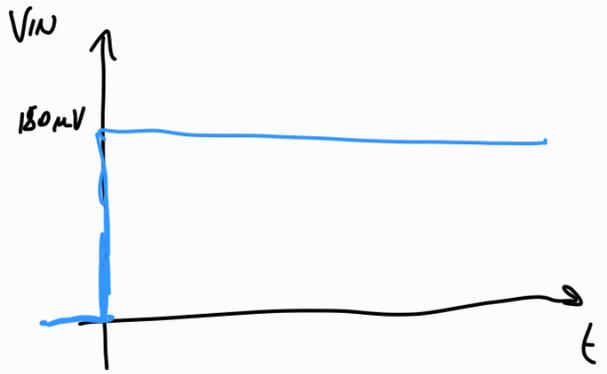
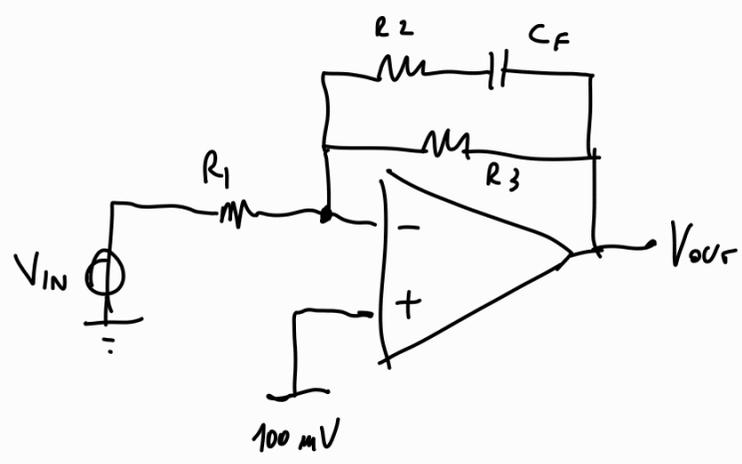
ALTA f $G = -\frac{R_2 // R_3}{R_1} = -4,76$ $\rightarrow 7,14k$

$V_{out}^{PK} = -857mV$

$LSB_{in} = LSB_{ADC} / G = 169,3\mu V$

$LSB_{ADC} = \frac{6,6}{2^{13}} = 805,2\mu V$

b)



EFFETTO DI \$V_B\$

$$V_{out} = V_B \cdot \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right) = 1,77 \text{ V}$$

EFFETTO DI \$V_{IN}\$

\$t = 0^+\$
 $G_{flange} = -4,76 \rightarrow \Delta V_{out} = -857 \text{ mV}$

$$V_{out}(0^+) = 1,77 + G_{flange} \cdot \Delta V_{in} = 0,913 \text{ V}$$

\$t = +\infty\$
 $G_{DC} = -16,67 \rightarrow \Delta V_{out} = -3 \text{ V}$

$$V_{out} = 1,77 + G_{DC} \cdot \Delta V_{in} = -1,23 \text{ V}$$

$$\tau_p = C_F \cdot (R_2 + R_3) = 1,645 \mu\text{s}$$

CONVERTIBILE ALL'ADC

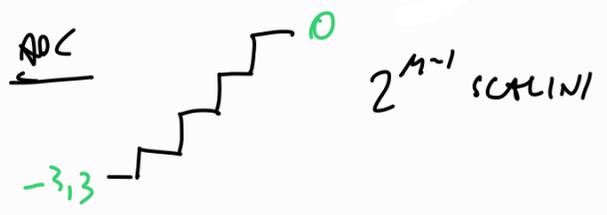
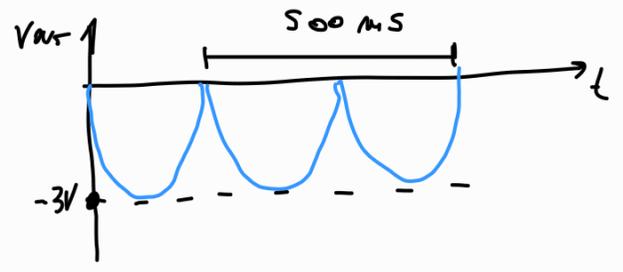
c) NO S&H → SEGNALE D'USO VARIABILE
 POCO DURANTE LE CONVERSIONI

$$\Delta V_{sig} < \epsilon \rightarrow \left| \frac{dV}{dt} \right|_{max} \cdot T_{conv} < \frac{1}{2} \text{ LSB}$$

$$\left| \frac{dV}{dt} \right|_{max} = 2\pi F \cdot A$$

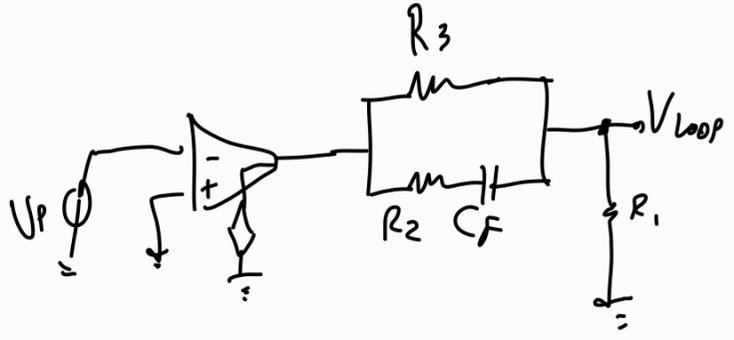
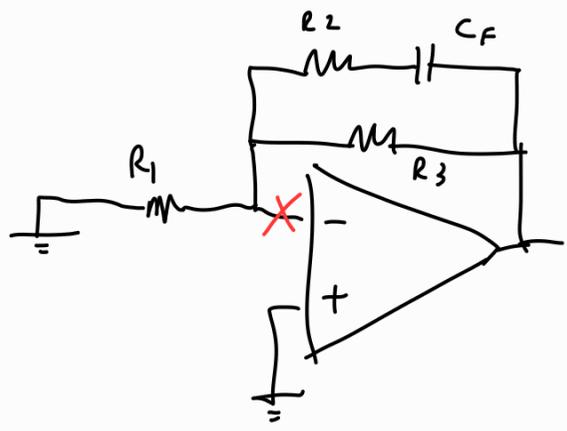
$$2\pi F \cdot A \cdot \frac{2^{n-1}}{f_{cu}} < \frac{1}{2} \text{ LSB} \rightarrow f_{cu} > \frac{2\pi F A \cdot 2^{n-1} \cdot 2}{\text{LSB}} = 383 \text{ MHz}$$

\swarrow 242
 \swarrow 3V
 \swarrow 805,7 μV



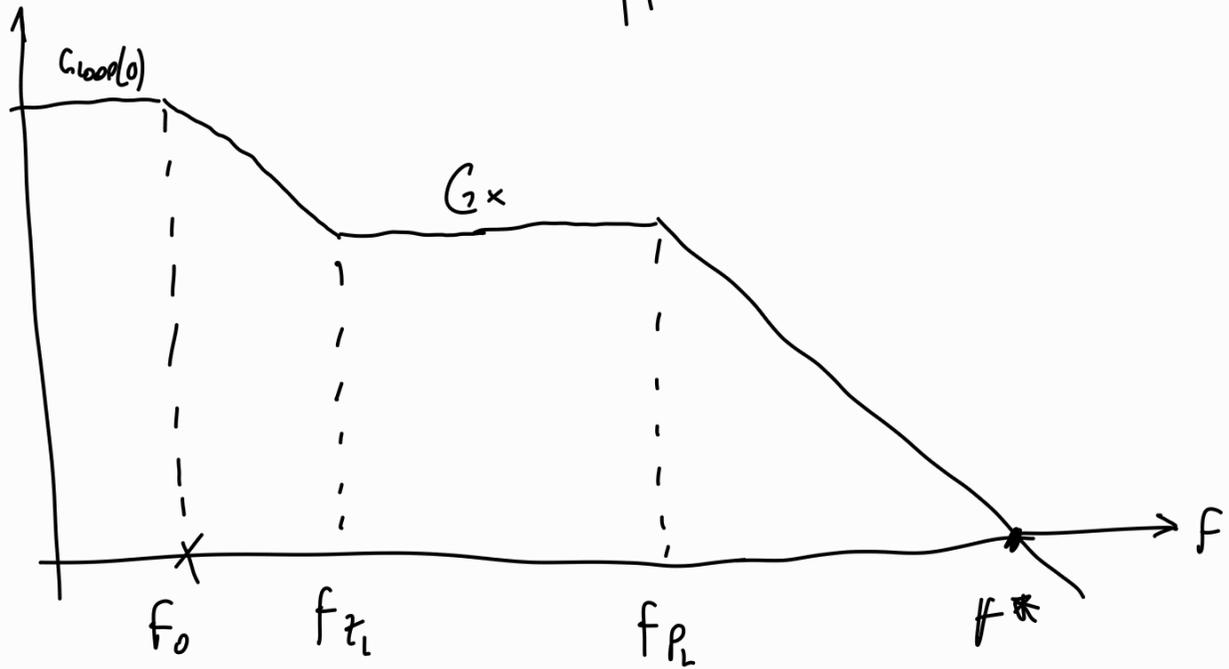
quindi il tempo di conversione da impiegare puo' essere inferiore al tempo di conversione proprio di un gradinata, poiche' e' sufficiente che il contatore conti fino a \$2^{n-1}\$ per arrivare a 0V.

d) $\varphi_M = ?$



$$G_{Loop} = -A_o \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3} \cdot \frac{1}{1 + sZ_o} \cdot \frac{1 + sZ_z}{1 + sZ_p}$$

$$\begin{cases} Z_p = C_F \cdot (R_2 + R_1 \parallel R_3) = 536,5 \text{ ns}, f = 297 \text{ kHz} \\ Z_{z1} = C_F (R_2 + R_3) = 1,645 \text{ } \mu\text{s}, f = 96,8 \text{ kHz} \\ (Z = R_3 \parallel (R_2 + \frac{1}{sC}) \rightarrow \infty) \end{cases}$$



$$G_{Loop}(0) \cdot f_0 = G_x \cdot f_{z1}$$

$$A_o \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot f_0 = G_x \cdot f_{z1}$$

$$G_{BWRP} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = G_x \cdot f_{z1}$$

$$G_x = 101$$

$$f^* = G_x \cdot f_{pL} \approx 30 \text{ MHz}$$

$$\begin{aligned} \varphi_M &= 360^\circ - 180^\circ - 2 \tan^{-1} \left(\frac{f^*}{f_0} \right) + 2 \tan^{-1} \left(\frac{f^*}{f_{z1}} \right) - 2 \tan^{-1} \left(\frac{f^*}{f_{pL}} \right) \\ &\approx -90^\circ + 89,8^\circ - 89,4^\circ \\ &= 50,4^\circ \end{aligned}$$