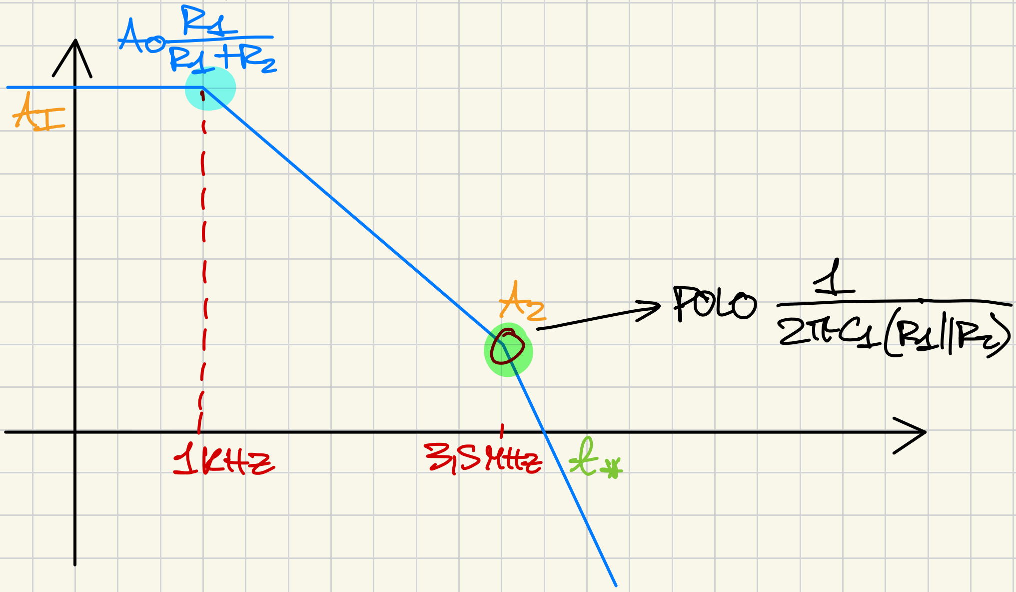
19/11/2020

1) RIPARTIAMO DALL'ESERCIZIO DELLA VOLTA SCORSA:



$f_* = 5{,}6\,MHz$

LO CONTO:

$A_I \cdot 1KHz = A_2 \cdot 3{,}5MHz \Rightarrow A_2 = 2{,}89$

f^* È IN UNA ZONA A $-40\,dB$:

$A_2 \cdot (3{,}5MHz)^2 = 1 \cdot f_*^2$

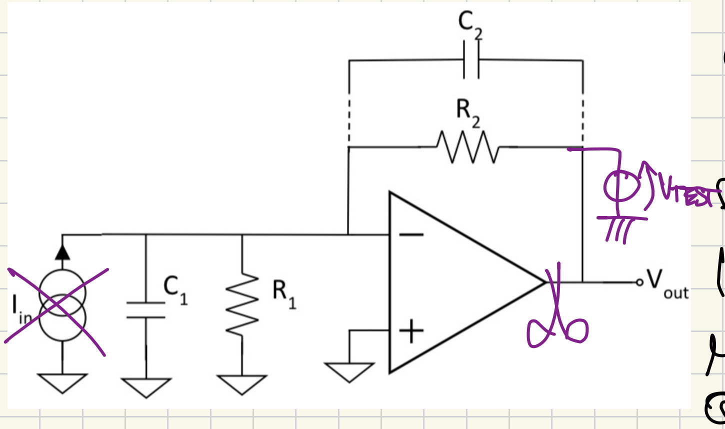
CALCOLIAMO IL MARGINE DI FASE:

$$\varphi_m = 180° - \underbrace{90°}_{\text{PIÙ DI UN ORDINE DI GRANDEZZA}} - \arctan\left(\frac{f^*}{f_{P_2}}\right) = 32°$$

ME LO ASPETTO POCO PIÙ DI 45°, ESSENDO CHE:
- A LUNGA DISTANZA IL CONTRIBUTO È DI $-90°$
- COINCIDENTE SAREBBE $\arctan(1) = 45°$

NOTA: LE FASI SONO A MULTIPLI DI 2π (PARTIRE DA $-180°$ O $+180°$ NON CAMBIA NULLA)

3)



ORA RICALCOLIAMO QUINDI IL G_{loop}

PERÒ ATTENZIONE! C_2 HA IMPATTO ANCHE SU G_{ID}!

METTERE C_2 NON MIGLIORA QUINDI SOLO IL MARGINE DI FASE

$$G_{loop} = -A(s) \frac{\frac{1}{sC_1} \parallel R_1}{\left(\frac{1}{sC_1} \parallel R_1\right) + \left(\frac{1}{sC_2} \parallel R_2\right)} = -A(s) \frac{R_1}{R_1+R_2} \frac{1+sC_2R_2}{1+s(C_1+C_2)(R_1 \parallel R_2)}$$

(APPROFONDIREMO QUESTO CONTO)

MA GUARDIAMOLA: PER DIMENSIONARLA E AVERE φ_m DEVO FAR VARIARE C_2, MA COMPARE NELLO ZERO, CHE MI SERVE A CONOSCERE DOVE ATTRAVERSA L'ASSE

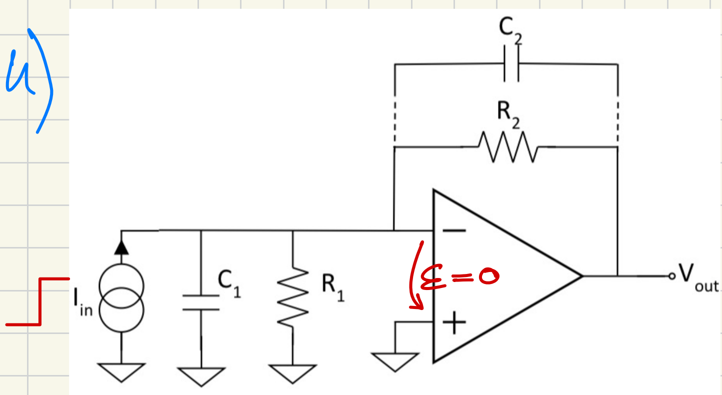
$\Rightarrow$ NON INSERIAMOCI IN QUESTA RISOLUZIONE!

MA PONIAMO ATTENZIONE! VOGLIO MARGINE DI FASE 90° E $A_0 \frac{R_1}{R_1+R_2}$ È A 1 MHz: TROPPO INDIETRO, HO SICURAMENTE $\varphi_m = 180° - 90° = 90°$ SUBITO

MA ALLORA, SCELGO ZERO E POLO COINCIDENTI, COSÌ SI CANCELLANO!

IN REALTÀ POTREI ANCHE PORRE C_2 AL PUNTO DI FAR ARRETRARE IL SUO ZERO E ANNULLARE L'EFFETTO DEL POLO INIZIALE

4)



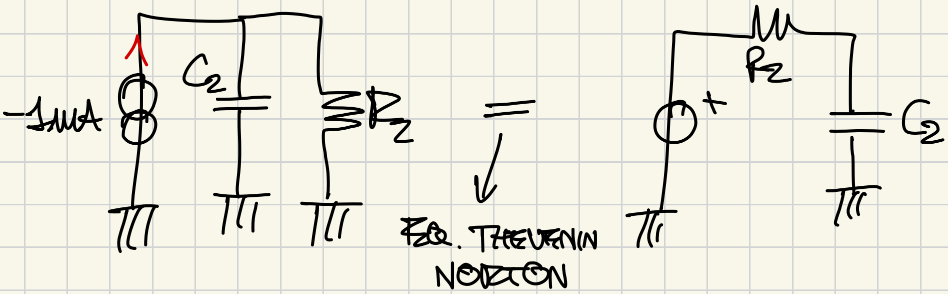
ERRORE È RICICLARE IL G_{ID} DI PRIMA!

(NON AVEVA LA C_2)

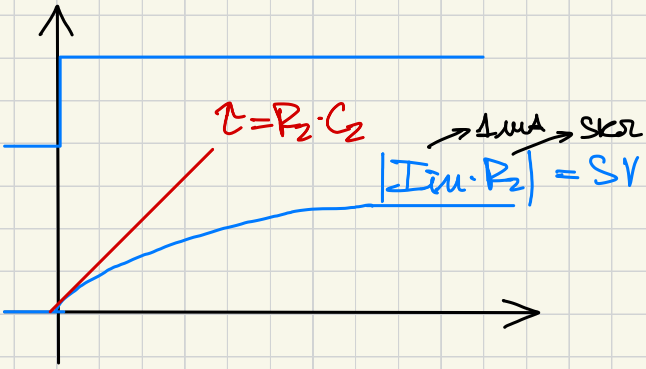
È RETROAZIONATO NEGATIVAMENTE COME PRIMA E VALE ANCORA CHE IN R_1 SCORRE 0 CORRENTE E VA TUTTA IN R_2

$$\Rightarrow G_{ID} = -R_2 \parallel \frac{1}{sC_2}$$

QUINDI, VALUTIAMO IL GRADINO:



(PASSA BASSO)



ISTANTANEAMENTE, RIMANGO A 0

APPROFONDIREMO, MA ABBIAMO USATO SOLO G_{ID} PERCHÉ IL POLO INTRODOTTO DALLA RETE DI C_2 ARRIVA A UNA FREQUENZA TALE PER CUI IL G_{LOOP} È ANCORA GRANDE (REGIME DI PICCOLO SEGNALE E POLO DOMINANTE)

TORNIAMO SUL CONTO LASCIATO DA PRIMA:

ANALIZZARLO INTUITIVAMENTE NON FUNZIONA: "POLI INTERAGENTI" DEI DUE CONDENSATORI "IN MEZZO", CIOÈ A FREQUENZA $f \neq 0$ E $\neq \infty$

$$G_{LOOP} = -A(s)\,\frac{\frac{1}{sC_1} \parallel R_1}{\left(\frac{1}{sC_1} \parallel R_1\right) + \left(\frac{1}{sC_2} \parallel R_2\right)} = -A(s)\,\frac{\frac{R_1}{1+sC_1R_1}}{\frac{R_1}{1+sC_1R_1} + \frac{R_2}{1+sC_2R_2}} =$$

$$R \parallel \frac{1}{sC} = \frac{R}{1+sCR}$$

$$= -A(s)\cdot\frac{(1+sC_1R_1)}{(1+sC_1R_1)}\;\frac{R_1}{R_1+R_2\frac{1+sC_1R_1}{1+sC_2R_2}} =$$

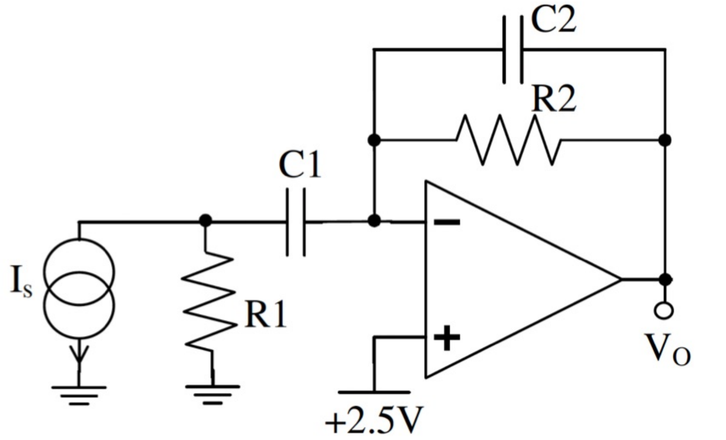
$$= -A(s)\,\frac{R_1}{\frac{R_1(1+sC_2R_2)+R_2(1+sC_1R_1)}{1+sC_2R_2}} = -A(s)\,\frac{R_1\cdot(1+sC_2R_2)}{R_1+R_2+sR_1R_2(C_1+C_2)}$$

$$= -A(s)\,\frac{R_1}{R_1+R_2}\;\frac{1+sC_2R_2}{1+s(C_1+C_2)\underbrace{\left(\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\right)}_{R_1//R_2}}$$

VOGLIO 1+QUALCOSA $\Rightarrow$ DIVIDO PER R_1+R_2

2) Si assuma l'amplificatore operazionale ideale e $I_S(t)=A\sin(2\pi ft)$ con A=100nA e f=1kHz

1) Determinare la funzione di trasferimento ideale $T_{ID}(s)=\frac{Vo}{Is}$ e tracciare su un grafico quotato il diagramma di Bode del suo modulo.
2) Determinare la tensione $V_O(t)$ e rappresentarla su un grafico quotato.
3) **Trascurando la capacità C_2**, valutare la stabilità del circuito.
4) Si consideri ora un OpAmp non compensato con due poli a 10Hz e 100kHz. Rivalutare la stabilità del circuito nelle condizioni del punto 3.



ENTRA UNA SINUSOIDE, ESCE UNA SINUSOIDE CHE DALL'AUTOMATICA SAPPIAMO AVERE STESSA FREQUENZA AMPIEZZA PARI A QUELLA IN INGRESSO × GUADAGNO E SFASATA DELLA FASE DELL'OPAMP

DATI:

$R_1 = 1M\Omega$

$R_2 = 10M\Omega$

$C_1 = 100nF$

$C_2 = 1pF$

Amplificatore Operazionale:

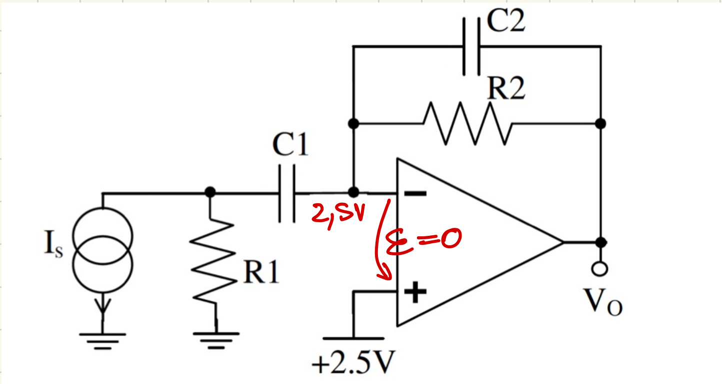
$f_o = 10Hz$

$GBWP = 1MHz$

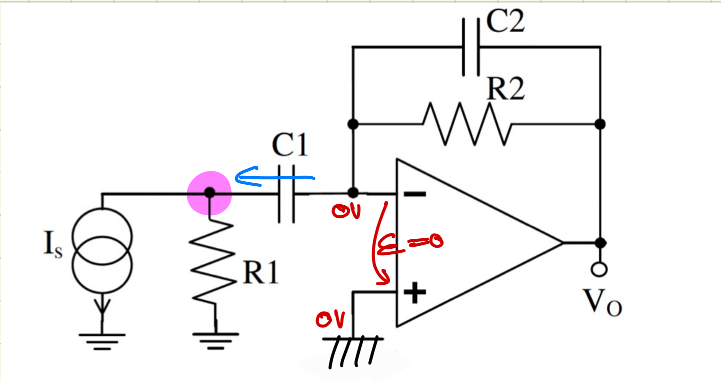
1) POTREI APPLICARE PSE CON I DUE GENERATORI, CHE È LA VIA PIÙ FACILE MA PIÙ LENTA

OPPURE, TUTTO ASSIEME:

CIRCUITO È RETROAZIONATO, NEGATIVAMENTE:



VEDIAMO PRIMA PSE:
2,5V OFF:



VOGLIO GUARDARE A I_{C_1}, PERCHÉ SARÀ QUELLA CHE VA IN R_2 E C_2

È IN COMUNE TRA C_1 ED R_1

MA QUINDI $R_1 // C_1$: APPLICO PARTITORE DI CORRENTE:

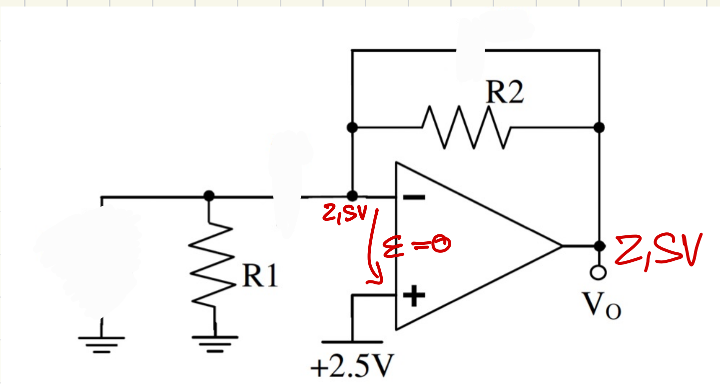
$$I_{C_1} = I_S \cdot \frac{R_1}{R_1 + \frac{1}{sC_1}}$$

→ "L'ALTRA"
→ "LEI + L'ALTRA"

QUESTA SCORRERÀ IN $R_2 // C_2$:

$$V_{out} = I_{C_1} \cdot R_2 // \frac{1}{sC_2}$$

QUESTO RISULTATO È PARZIALE PERÒ
SPENGO IL GEN DI CORRENTE:



C_1 È APERTO PERCHÉ 2,5V È COSTANTE (E ANCHE C_2) MA QUINDI SU $C_2 // R_2$ CIRCOLA 0 CORRENTE PERCHÉ HO SOLO CIRCUITO APERTO E NON PUÒ VENIRE DALL'OPAMP

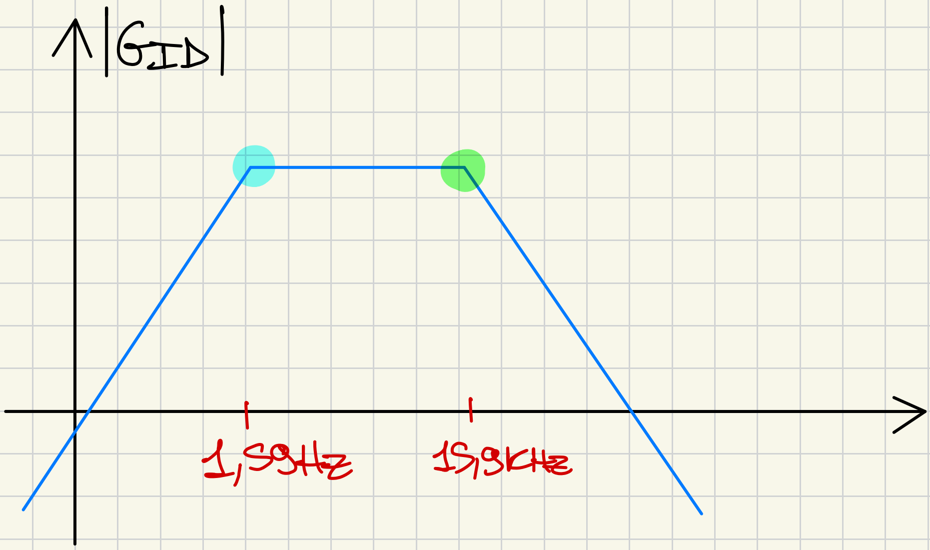
⇒ HO $V_{out} = 2,5V$

⇒ V_{out} È LA SOMMA DEI DUE

$$\Rightarrow V_{out} = I_s \cdot \frac{sC_1R_1}{1+sC_1R_1} \cdot \frac{R_2}{1+sC_2R_2} \cancel{+2{,}5V}$$

1,59 Hz   15,9 kHz

↳ LA PARTE COSTANTE DOVUTA ALLA POLARIZZAZIONE NON CI SERVE



ABBIAMO UNO ZERO NELL'ORIGINE E DUE POLI

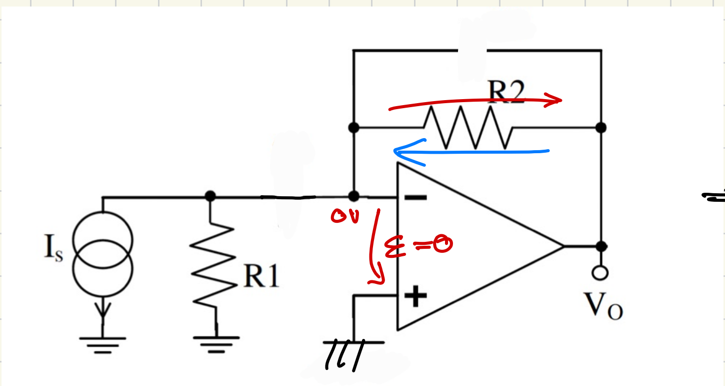
PRIMA OSSERVAZIONE:

1 kHz È LA FREQUENZA DELL'USCITA E, PER QUANTO PRIMA DIPENDERÀ DAL GUADAGNO.

NOTO CHE $1{,}59\,Hz < 1\,kHz < 15{,}9\,kHz$ E QUINDI SARÀ IN QUESTA "ZONA PIATTA"

ORA, NOTIAMO CHE IL PRIMO POLO, DATO DA UNA FREQ. PIÙ BASSA DI 1 kHz, VUOL DIRE CHE STO OPERANDO CON C_1 CORTO CIRCUITO ($1\,kHz \gg$ SUO POLO), SAREBBE "COME SE FOSSE ∞"

INVECE, POLO DI $C_2 \gg 1\,kHz \Rightarrow C_2$ È APERTO

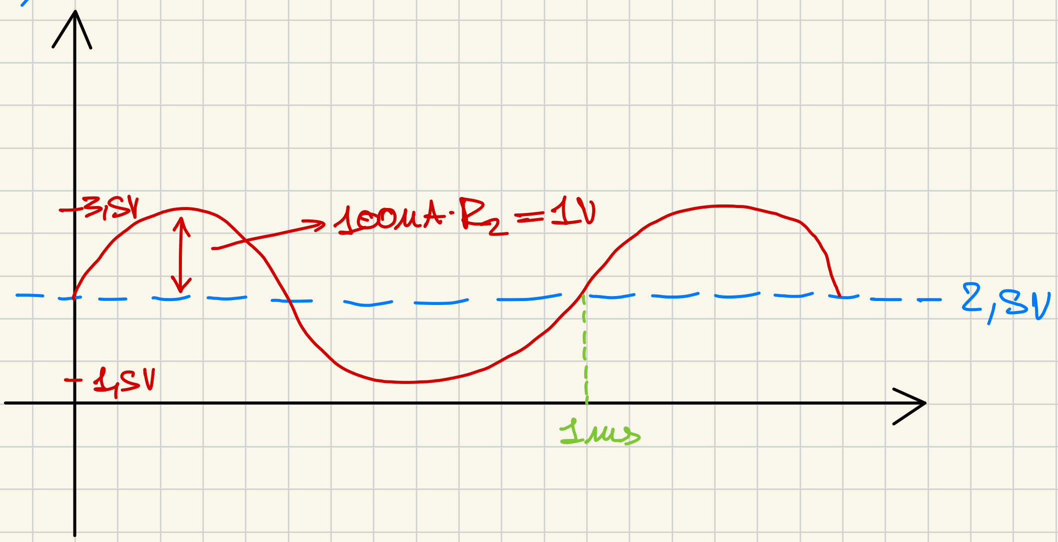


$\Rightarrow V_{out} = 0V + I_s R_2$

NOTA: QUI NON POSSO RAGIONARE COME LA VOLTA SCORSA A 0 E $+\infty$, PERCHÉ C_1 E C_2 "SI VEDONO"

ATTENZIONE: AVREI COMUNQUE POTUTO SOSTITUIRE 1 KHz NELLA FORMULA

2) TRACCIAMO V_{OUT}:



MA ATTENZIONE: LA SINUSOIDE È ANCHE MODIFICATA IN RAGIONE DELLA FASE DEL SISTEMA:

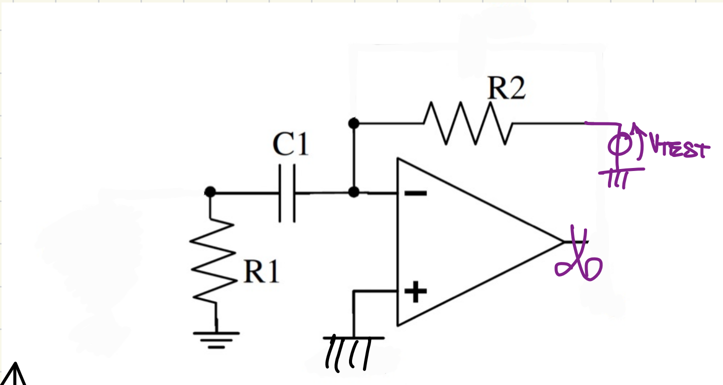
$$\varphi = \underbrace{90^\circ}_{\text{ZERO ORIGINE}} - \underbrace{90^\circ}_{\text{PRIMO POLO MOLTO DISTANTE}} - \underbrace{0^\circ}_{\text{SECONDO POLO MOLTO DISTANTE}}$$

$= 90^\circ - 89{,}9^\circ - 3{,}6^\circ \cong -3^\circ$ (CHE NON RAPPRESENTIAMO PERCHÉ MOLTO FISSI)

(PIÙ PRECISO)

$\hookrightarrow \arctan\left(\frac{1KHz}{15{,}9KHz}\right)$

3)



$$\Rightarrow G_{LOOP} = -A(s)\frac{R_1+\frac{1}{sC_1}}{R_1+\frac{1}{sC_1}+R_2}$$

$$= -A(s)\frac{1+sC_1R_1}{1+sC_1(R_1+R_2)}$$

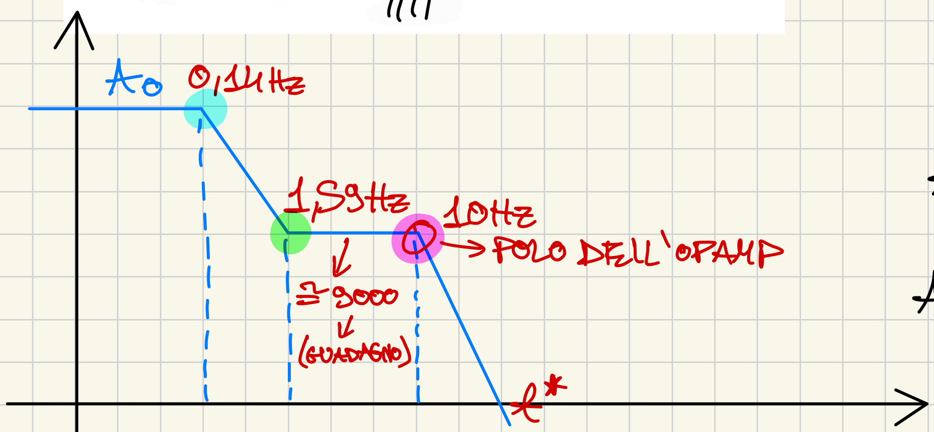
$\rightarrow$ 1,59Hz

$\rightarrow$ 0,14Hz

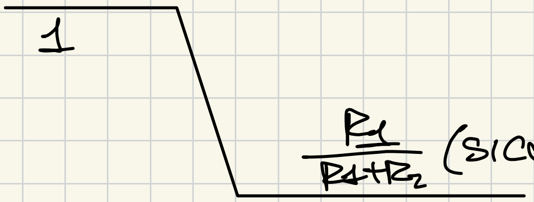
INTUITIVAMENTE:

AD ∞ (C_1 CORTO) $\rightarrow \frac{R_1}{R_1+R_2}$

A 0 $\rightarrow \frac{1}{1} = 1$



QUINDI VADO DA:



$\frac{R_1}{R_1+R_2}$ (SICURAMENTE < 1)

IL POLO È "COSA VEDE C_1": $C_1 \cdot (R_1+R_2)$

STAVOLTA IL POLO DELL'OPAMP NON È IL PIÙ BASSO! (10 Hz)

COME AL SOLITO, $f^* = 90\,kHz$

MA DEVO CALCOLARE LA FASE? NON SERVE: $10\,Hz \ll 90\,kHz$

$\Rightarrow \varphi_m = 180° - 90° + 90° - 90° = 90°$