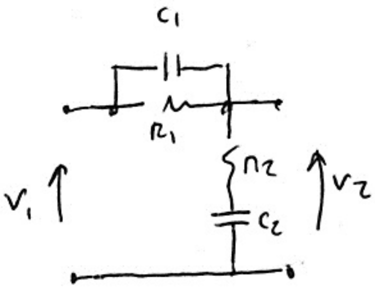
1)



DETERMINARE LA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO $F(s) = \frac{V_2}{V_1}$ DELLA RETE IN FIGURA.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$\begin{cases} Z_2 = R_2 + \frac{1}{sC_2} = \frac{1 + sR_2C_2}{sC_2} \\ Z_1 = \frac{R_1 \cdot \frac{1}{sC_1}}{R_1 + \frac{1}{sC_1}} = \frac{R_1}{1 + sR_1C_1} \end{cases}$$

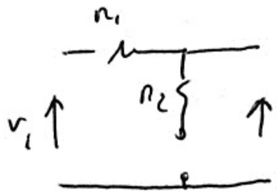
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{1 + sR_2C_2}{sC_2}}{\frac{R_1}{1 + sR_1C_1} + \frac{1 + sR_2C_2}{sC_2}} =$$

$$= \frac{(1 + sR_2C_2)(1 + sR_1C_1)}{s^2 R_1C_1R_2C_2 + s(R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2) + 1}$$

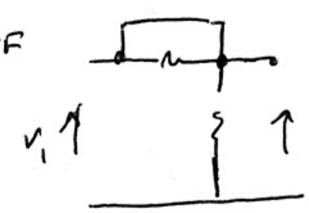
DETERMINIAMO L'ANDAMENTO DELLA FDT RAGIONANDO SUL COMPORTAMENTO DEL CONDENSATORE AL VARIARE DELLA FREQUENZA: IN BASSA FREQ. IL COND. SI COMPORTA COME UN CIRC. APERTO (IMP. ∞), IN ALTA FREQ. COME UN CORTO CIRCUITO (IMPED. ϕ)

PERTANTO I CIRCUITI EQUIVALENTI DELLA RETE ASSEGNATA IN BASSA E ALTA FREQ. SONO:

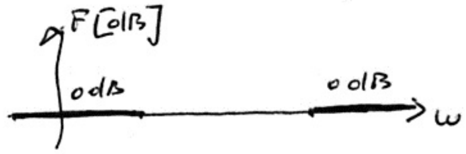
BF



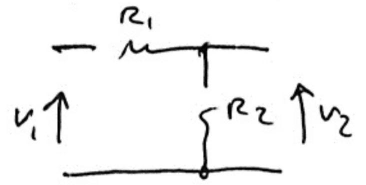
AF



IN ENTRAMBI I CASI $V_2 = V_1$ CIOÈ $F = \frac{V_2}{V_1} = 1$ (0 dB)



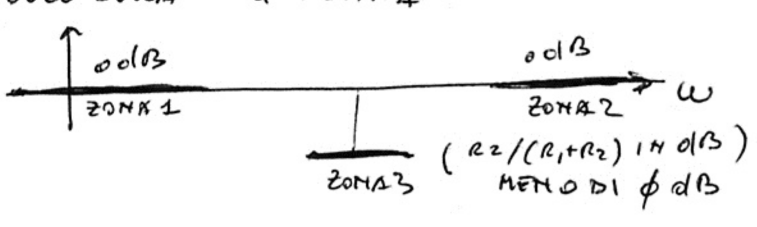
RESTA DA VEDERE COME LA RETE SI COMPORTA A FREQ. INTERMEDIE.
PARTENDO DA FREQ. MOLTO BASSE, AUMENTANDO LA FREQ., LA IMPEDENZA DEL CONDENSATORE (SOGGETTO) DIMINUISCE FINCHÈ AD UN CERTO PUNTO DIVENTA COMPARABILE CON QUELLA DEL RESISTORE CHE VEDE AI SUOI CAPI. AUMENTANDO ULTERIORMENTE LA FREQ., L'IMPED. DEL CONDENSATORE DIVENTA TANTO PICCOLA DA ESSERE ASSIMILATA A QUELLA DI UN CTO CTO.
FACCIAMO IN MODO CHE QUESTO SI VERIFICHI PRIMA PER IL COND. C2 E POI PER IL COND. C1.
A FREQ INTERMEDIE QUINDI AVREMO UNA SITUAZIONE DI QUESTO TIPO:



IL COND. C1 SI COMPORTA ANCORA COME UN CIRC. APERTO, MENTRE IL COND. C2 SI COMPORTA GIÀ COME UN CTO. CTO.

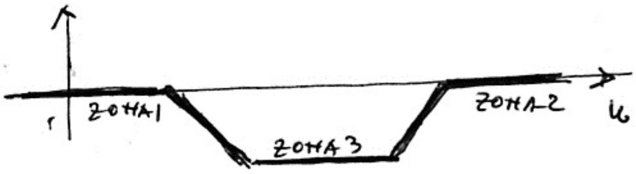
IN QUESTA CONDIZIONE $\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ ($\frac{V_2}{V_1} < 1$ E QUINDI < 0dB)

PERTANTO IL MODULO DELLA FdT. SARÀ



2)

A QUESTO PUNTO SI TRATTA DI "COLLEGARE" IL COMPORTAMENTO DELLA RETE NEI 3 CAMPI DI FREQUENZA: CI SARÀ UNA TRANSIZIONE CHE PORTA DA ϕ dB (ZONA 1) AL VALORE MINORE (ZONA 3) PER POI TORNARE ANCORA A ϕ dB (ZONA 2) -
QUINDI CI SARÀ UN POLO E UNO ZERO NEL PRIMO INTERVALLO DI FREQ. TRA LA ZONA 1 E LA ZONA 3, E POI CI SARÀ UNO ZERO E UN POLO CHE DALLA ZONA 3 CONSENTONO DI ARRIVARE ALLA ZONA 2 -
QUINDI IL MODULO DELLA FDT SARÀ

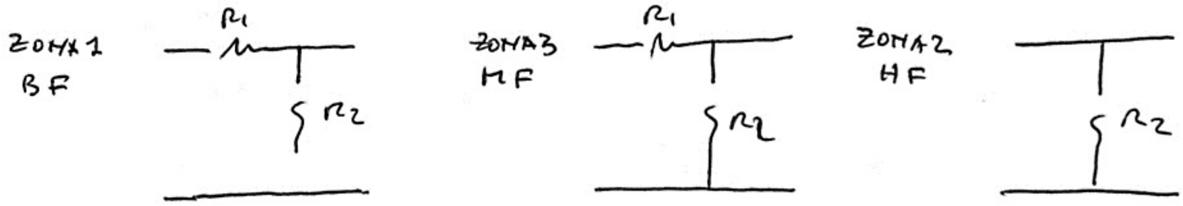


2 POLI E 2 ZERI

TRA LA ZONA 1 E LA ZONA 3 IL RESPONSABILE DELLA TRANSIZIONE È IL COND. C_2 CHE PASSA DA CIRCUITO APERTO A CTO. CTO. (DIMINUENDO $Z_2 \Rightarrow$ DIMINUISCE $F = \frac{Z_2}{Z_1+Z_2}$)

MENTRE TRA LA ZONA 3 E LA ZONA 2 IL RESPONSABILE È IL COND. C_1, CHE DA CIRC. APERTO DIVENTA CTO. CTO. (DIMINUISCE Z_1 E QUINDI AUMENTA $F = \frac{Z_2}{Z_1+Z_2}$) -

I CIRC. EQUIVALENTI NELLE 3 ZONE (BF, MF, HF) SONO



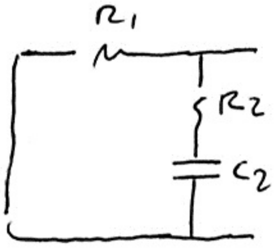
LA RETE PRESENTA 2 POLI E 2 ZERI: DETERMINIAMOLI

I 2 CONDENSATORI C_1 E C_2 SONO <u>INDIPENDENTI</u> NON ESSENDO NÉ IN SERIE NÉ IN PARALLELO TRA LORO (QUESTO SIGNIFICA CHE I POLI SONO 2) -

I 2 CONDENSATORI SONO <u>INTERAGENTI</u> PERCHÈ CIASCUNO DI ESSI VEDE AI PROPRI CAPI UNA IMPEDENZA CHE COMPRENDE ANCHE L'ALTRO CONDENSATORE; QUINDI I 2 POLI SI INFLUENZANO RECIPROCAMENTE (DIPENDONO DA ENTRAMBI I CONDENSATORI) -

FACCIAMO IN MODO CHE CIASCUN POLO DIPENDA DA UN SOLO CONDENSATORE; QUINDI

a) FACCIAMO INTERVENIRE IL CONDENSATORE C_2 QUANDO GLI EFFETTI DELL'ALTRO (C_1) SONO ANCORA NULLI (C_1 ANCORA CIRCUITO APERTO) -

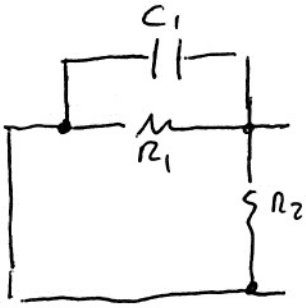


CON C_1 CTO APERTO, SPEGNENDO IL GEN. DI INGRESSO V_1 IL CONDENSATORE C_2 VEDE AI SUOI CAPI UNA RESIST. EQUIV. PARI A R_1+R_2.
QUINDI IL POLO DOVUTO A C_2 SI TROVA CON

$$s = -\frac{1}{(R_1+R_2)C_2}$$

3)

b) FACCIAMO INTERVENIRE IL CONDENSATORE C_1 QUANDO GLI EFFETTI DI C_2 SONO COMPLETAMENTE ESPLICATI (C_2 CTO.CTO)



CON C_2 CTO. CTO., SPEGNENDO IL GEN. DI INGRESSO V_1 IL CONDENSATORE C_1 VEDE AI SUOI CAPI UNA RESIST. EQUIV. PARI A $R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2}$

QUINDI IL POLO DOVUTO A C_1 SI TROVA CON

$$S = -\frac{1}{\frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} \cdot C_1}$$

(IL VALORE DEI 2 POLI È APPROSSIMATO, PERCHÈ ABBIAMO TRASCURATO L'INTERAZIONE DEI 2 CONDENSATORI) -

PER QUANTO RIGUARDA GLI ZERI, QUESTI SI DETERMINANO IMPONENDO ALLA RETE LE CONDIZIONI CHE AZZERANO LA TENSIONE IN USCITA -

IL PRIMO ZERO SI OTTIENE ANNULLANDO L'ESPRESSIONE DELL'AMMETTENZA SERIE $Y_1(S)$, CIOÈ:

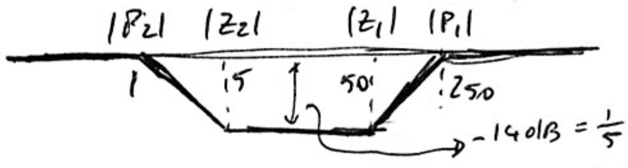
$$Y_1(S) = SC_1 + \frac{1}{R_1} = 0 \quad \to \quad S = -\frac{1}{R_1 C_1}$$

IL SECONDO ZERO SI RICAVA ANNULLANDO L'ESPRESSIONE DELL'IMPEDENZA ~~PARALLELO~~ $Z_2(S)$, CIOÈ:

$$Z_2(S) = R_2 + \frac{1}{SC_2} = 0 \quad \to \quad S = -\frac{1}{R_2 C_2}$$

GLI ZERI DIPENDONO DA UN SOLO CONDENSATORE → QUINDI I VALORI SONO ESATTI, MENTRE I POLI SONO APPROSSIMATI PERCHÈ ABBIAMO TRASCURATO L'INTERAZIONE TRA I DUE CONDENSATORI -

IMPONIAMO CHE LA RETE SODDISFI LE SPECIFICHE SEGUENTI



$$F(S) = \frac{\left(1+\frac{S}{5}\right)\left(1+\frac{S}{50}\right)}{(1+S)\left(1+\frac{S}{250}\right)} = \frac{\frac{1}{5}(S+5)\cdot\frac{1}{50}(S+50)}{\frac{1}{250}S^2 + S\left(1+\frac{1}{250}\right)+1} = \frac{(S+5)(S+50)}{S^2+251+250}$$

DOVRÀ ESSERE
$$\begin{cases} R_2 C_2 = \frac{1}{5} \\ R_1 C_1 = \frac{1}{50} \\ \frac{R_2}{R_1+R_2} = \frac{1}{5} \end{cases}$$

CON $R_2 = 1\Omega$ RISULTA

$$C_2 = \frac{1}{5R_2} = \frac{1}{5}\,F$$

$$R_1 = 4R_2 = 4\Omega$$

$$C_1 = \frac{1}{50 R_1} = \frac{1}{50 \cdot 4} = \frac{1}{200}\,F$$

$C_2 >> C_1$
INTERVIENE PRIMA IL CONDENSATORE DI CAPACITÀ MAGGIORE.

4)

CON I VALORI RICAVATI, GLI ZERI SONO PRECISI, MENTRE I POLI SONO APPROSSIMATI PERCHÉ ABBIAMO TRASCURATO L'INTERAZIONE TRA I DUE COND.

IL VALORE ESATTO DEI POLI SI RICAVA SOSTITUENDO I VALORI DEI COMPONENTI NELL'ESPRESSIONE ESATTA DELLA FdT.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{(1+sR_2C_2)(1+sR_1C_1)}{s^2R_1C_1R_2C_2 + s(R_1C_1+R_2C_2+R_1C_2)+1}$$

SOSTITUENDO SI OTTIENE

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{(1+0{,}2s)(1+\frac{s}{50})}{\frac{s^2}{250}+s\left(\frac{1}{50}+\frac{10}{50}+\frac{40}{50}\right)+1} = \frac{\frac{1}{5}(s+5)\frac{1}{50}(s+50)}{\frac{1}{250}(s^2+51.5s+250)} = \frac{(s+5)(s+50)}{s^2+255s+250}$$

CALCOLANDO IL VALORE ESATTO DEI POLI DELLA FdT SI HA

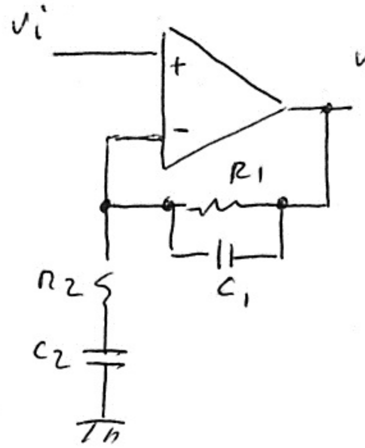
$$P_{12} = \begin{cases} -0{,}984 \\ -254{,}016 \end{cases}$$

(VALORI OTTENUTI CONSIDERANDO L'INTERAZIONE TRA I DUE CONDENSATORI)

LEGGERMENTE DIVERSI DAI VALORI APPROSSIMATI $\begin{cases} -1 \\ -250 \end{cases}$ VALORI OTTENUTI CONSIDERANDO I CONDENSATORI NON INTERAGENTI –

5)

RETE 1



DETERMINARE LA FdT, POLI / ZERI, DIAG. BODE

$R_2 = 1\,\Omega$

$C_2 = \frac{1}{5}\,F$

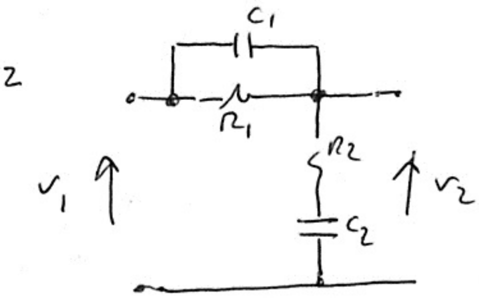
$R_1 = 4\,\Omega$

$C_1 = \frac{1}{200}\,F$

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} = \dots = \frac{s^2 R_1C_1R_2C_2 + s(R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2) + 1}{(1 + sR_2C_2)(1 + sR_1C_1)}$$

QUESTA ESPRESSIONE È IL RECIPROCO DELL'ESPRESSIONE TROVATA PER LA SEG. RETE

RETE 2



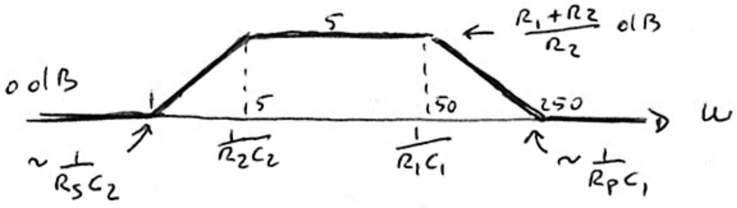
I VALORI DEI COMPONENTI SONO GLI STESSI

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

I POLI DELLA RETE 1 SONO GLI ZERI DELLA RETE 2

MENTRE GLI ZERI DELLA RETE 1 SONO I POLI DELLA RETE 2

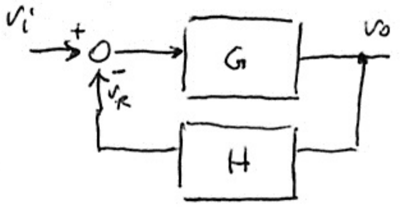
IL DIAGRAMMA DEL MODULO DELLA RETE 1 È



$R_S = R_1 + R_2$

$R_P = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

LA RETE 1 PUÒ ESSERE VISTA COME UN SISTEMA RETROAZIONATO



$$F = \frac{G}{1 + GH}$$

CON $GH \gg 1$ $\quad F \simeq \frac{1}{H}$

GUADAGNO DELL'OPERAZIONALE

CON $\begin{cases} G = \frac{V_0}{V_d} = \frac{V_0}{V^+ - V^-} \simeq \infty \\ H = \frac{V_R}{V_0} = \frac{V^-}{V_0} \end{cases}$

RETE IN RETROAZIONE