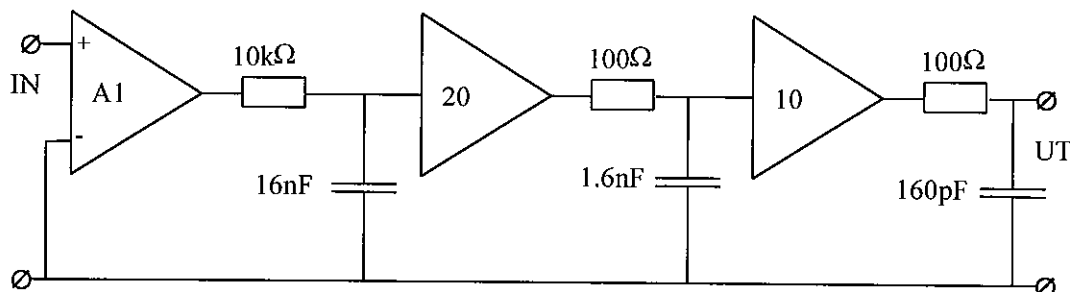


**Skriftligt prov i TILLÄMPAD ELEKTRONIK för Dataingenjörslinjen,
Elektroingenjörslinjen samt Systemtekniklinjen.
1998.03.28 kl 9-14.**

Hjälpmedel: Miniräknare, "den gula formelsamlingen" och physics-handbook.
Redovisa val av komponentvärden. Motivera lösningarna!!!
Tyvärr har jag inte möjlighet att komma till provtillfället. Om det är någon frågeställning som verkar oklar försök lösa uppgiften som ni tror att den skall lösas och ange vad som är oklart så tas detta med i bedömningen av uppgiften.

Hälsningar
Göran T

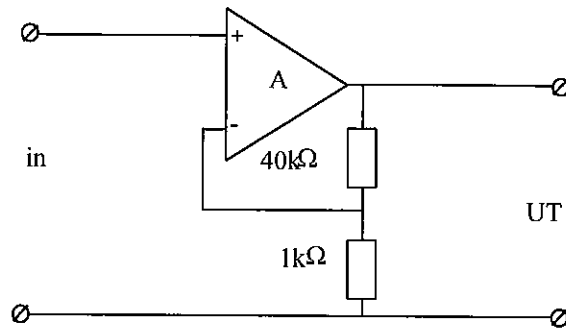
1. En förstärkare kan beskrivas med nedanstående modell.



- a) Hur stor är A1 då $|UT/IN|$ har en asymptotisk lutning av -20dB/dekad ovanför brytfrekvensen bestämd av $R=10\text{k}\Omega$ och $C=16\text{nF}$ samt att polen f_2 bestämd av $R_2=100\Omega$ och $C_2=1.6\text{nF}$ skall ligga på nivån $|UT/IN|=20\text{dB}$. Efter f_2 är den asymptotiska lutningen -40dB/dekad fram till f_3 . 4p
- b) Bestäm fasvridningen för UT/IN då $|UT/IN|=0\text{dB}$ 2p
- c) Vid vilket värde på β (i det motkopplade systemet) är systemet på gränsen till instabilt? 2p
2. Konstruera ett aktivt låpassfilter av typen Butterworth. Övre gränshfrekvensen (-3dB) skall vara 2000Hz . Vid 4000Hz skall dämpningen vara 35dB . Lämpliga kopplingar att dimensionera finns i bilagan. 8p

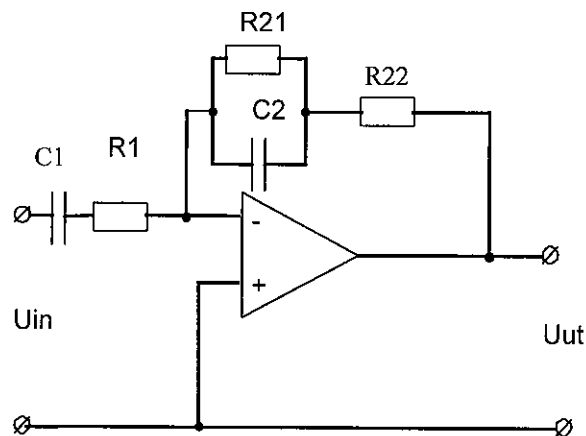
3. Operationsförstärkaren nedan (ej motkopplad) har en spänningförstärkning $A=10000$, en ingångsimpedans $100\text{k}\Omega$ och utgångsimpedans $1\text{k}\Omega$. Beräkna spänningförstärkning, in och utgångsimpedans för kopplingen?

8p



4. Antag Operationsförstärkaren ideal. Tag fram uttrycket för den frekvensberoende spänningförstärkning för nedanstående förstärkare. Ur uttrycket skall klart framgå asymptotiska brytpunkter enligt sedvanlig notation.

8p



5. a) Rita upp den asymptotiska amplitudkaraktistiken för uppgift 4 med följande komponentvärden: $R1=1\text{k}$ $R21=10\text{k}$ $R22=15\text{k}$ $C1=1\mu\text{F}$ $C2=1\text{nF}$

6p

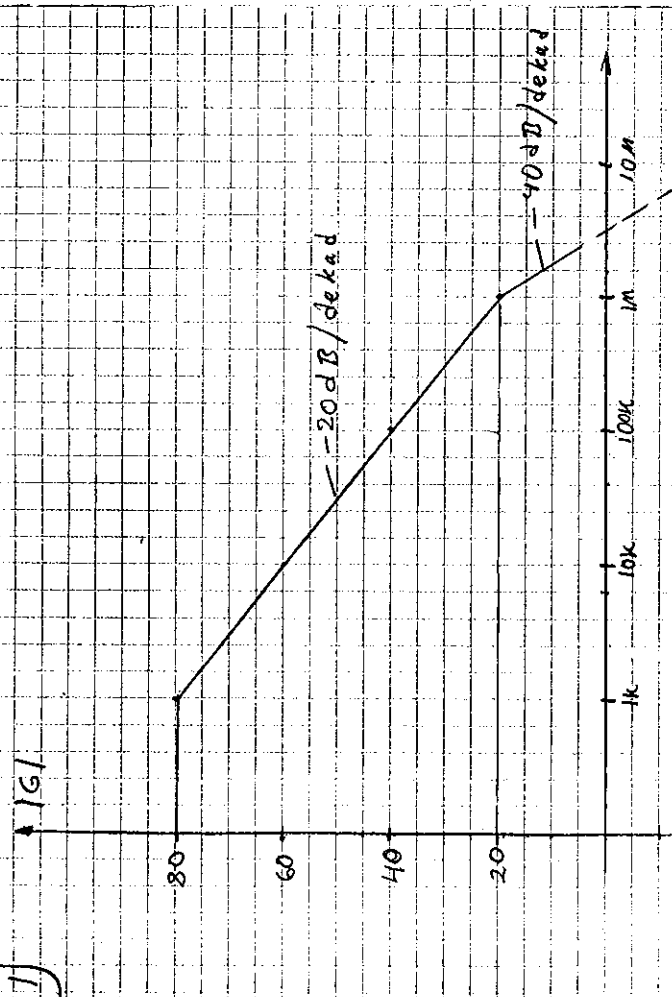
- b) Hur stor är den exakta spänningförstärkningen i dB för $f=159\text{Hz}$

2p

Några Formler:Stabilitet

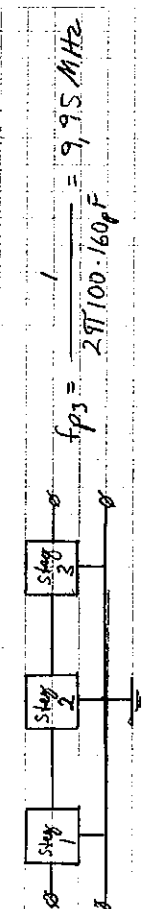
$$\Phi = -\arctan\left[\frac{f}{f_1}\right] - \arctan\left[\frac{f}{f_2}\right] - \arctan\left[\frac{f}{f_3}\right]$$

$$G = \frac{A}{1 + \beta \cdot A}$$



$f_p = \frac{1}{2\pi RC}$ $f_{p1} = \frac{1}{2\pi \cdot 10k \cdot 16nF} = 995 \text{ Hz}$
 $f_{p2} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 160pF} = 995 \text{ kHz}$

kaskad kopplad tre stegs-
förstärkare.



$80 \text{ dB} = 20 \log |G|$
 $a) \quad |G| = |A| \cdot 20 \cdot 10 = 10000$
 $|A| = 50$

1b) sökt f då $|U_T/I_M| = 0 \text{ dB}$
 vid $f_2 = 995 \text{ kHz}$ än $|U_T/I_M| = 20 \text{ dB}$

$$|A| = \frac{1000}{\sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{995^2}\right) \cdot \sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{995 \text{ MHz}}\right)} \cdot \sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{995 \text{ MHz}}\right)}}$$

$\frac{|U_T|}{I_M} = |A| = 0 \text{ dB} \Rightarrow f = 3 \text{ MHz}$ (prövning)

$$\theta = -\arctan\left(\frac{f}{f_1}\right) - \arctan\left(\frac{f}{f_2}\right) - \arctan\left(\frac{f}{f_3}\right)$$

$\theta = -90 - 71,6 - 16,78$

$\theta \sim -178,4^\circ$ $\theta_m \sim 1,6^\circ$ (dålig fas mätning)

c) $|\beta \cdot A| = 1 \quad \beta = \frac{1}{|A|}$ då $\theta = -180^\circ$
 $f = 3,0 \text{ MHz}$

$$|A| = \frac{10000}{\sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{995^2}\right) \cdot \sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{995^2}\right)} \cdot \sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{995^2}\right)}} =$$

$1 + \beta \cdot A = 0$ då $\theta = -180^\circ$

$\Rightarrow \beta \cdot |A| = 1 \quad \beta = \frac{1}{|A|}$ då $\theta = -178,4^\circ$

dvs. Systemet är stabilt för alla värden av resistiv motkoppling

2) $f_g = 2000 \text{ Hz}$

$f_d = 4000 \text{ Hz}$ (-35dB)

LP-Butterworth

$\Rightarrow n = 6$ ur tabell 1

Tabell 15 ges för $n=6$

σ_p	ω_{op}	Q
0,966	1,00	0,518
0,707	1,00	0,707
0,259	1,00	1,932

avnormera med $297 \cdot 2000 = 12566$

σ_p	ω_{op}	Q
12189	12566	0,518
8884	12566	0,707
3254,6	12566	1,932

Välj 3 st steg av typen LP PF
ur Tabell 12.

$\frac{m}{n} = 1$ $\frac{e}{f} = 1$ $m = \frac{1}{e \omega_{op}}$ $A = 3 - \frac{1}{Q}$

steg 1) $A_1 = 1,07$ $e = f = 10nF$

$m = n = 7,96k\Omega$

steg 2) $A_2 = 1,58$ $e = f = 10nF$

$m = n = 7,96k\Omega$

steg 3) $A_3 = 2,48$

$e = f = 10nF$
 $m = n = 7,96k\Omega$

3) $A = 10000$ $\beta A = 244$
 $\beta = \frac{1k}{1k + 40k}$

$G = \frac{10000}{1 + 244} = 40,8 \text{ ggr}$

$Z'_{in} = (1 + \beta A) \cdot Z_{in} = 245 \cdot 100k\Omega = 24,5M\Omega$

$Z'_{ut} = \frac{Z_{ut}}{1 + \beta A} = \frac{1000}{245} = 4,1\Omega$

4) $\frac{U_{ut}}{U_{in}} = - \frac{Z_2}{Z_1}$

$Z_2 = R_{21} // K_2 + R_{22}$

$Z_1 = C_1 + R_1$

$Z_2 = \frac{R_{21}}{1 + j\omega R_{21} C_2} + R_{22}$

$Z_2 = \frac{R_{21} + R_{22} + j\omega R_{21} R_{22} C_2}{(1 + j\omega R_{21} C_2)}$

$Z_2 = \frac{(R_{21} + R_{22})(1 + j\omega \frac{R_{21} R_{22} C_2}{R_{21} + R_{22}})}{(1 + j\omega R_{21} C_2)}$

4)

$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1 + j\omega R_1 C_1}{j\omega C_1}$$

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = - \frac{j\omega C_1 (R_{21} + R_{22}) \left(1 + j\omega \frac{R_{21} R_{22} C_2}{R_{21} + R_{22}}\right)}{(1 + j\omega R_1 C_1) (1 + j\omega R_{21} C_2)}$$

5)

$$R_1 = 1k \quad C_1 = 1\mu F$$

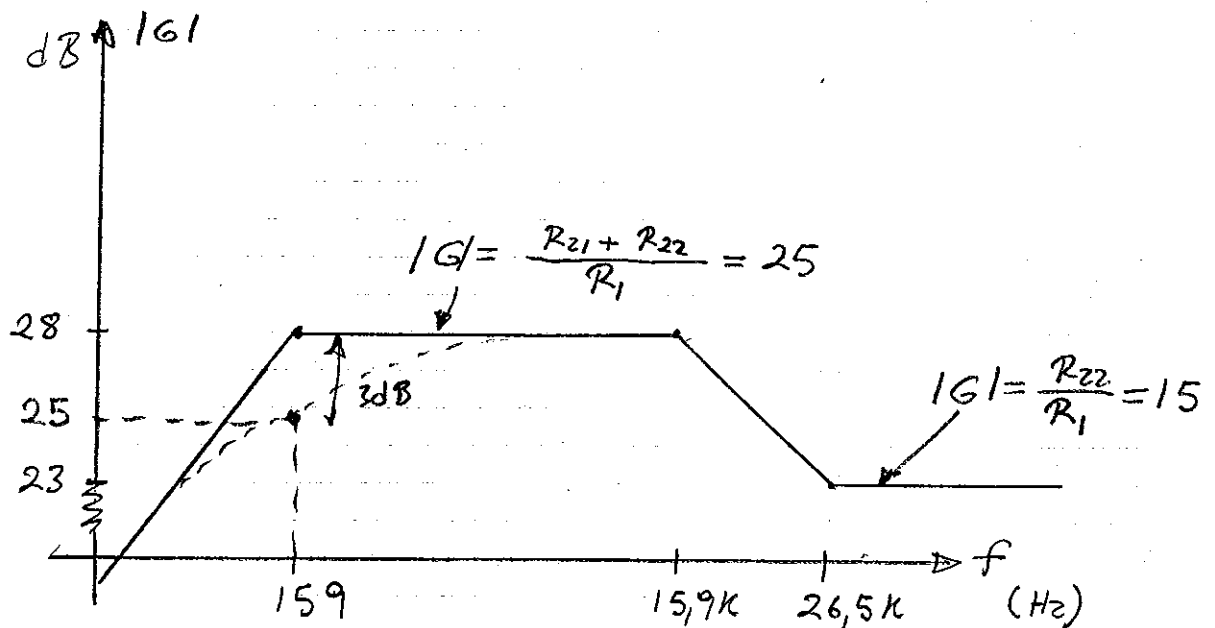
$$R_{21} = 10k \quad C_2 = 1n F$$

$$R_{22} = 15k$$

$$\text{pol: } f_{p1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = 159 \text{ Hz}$$

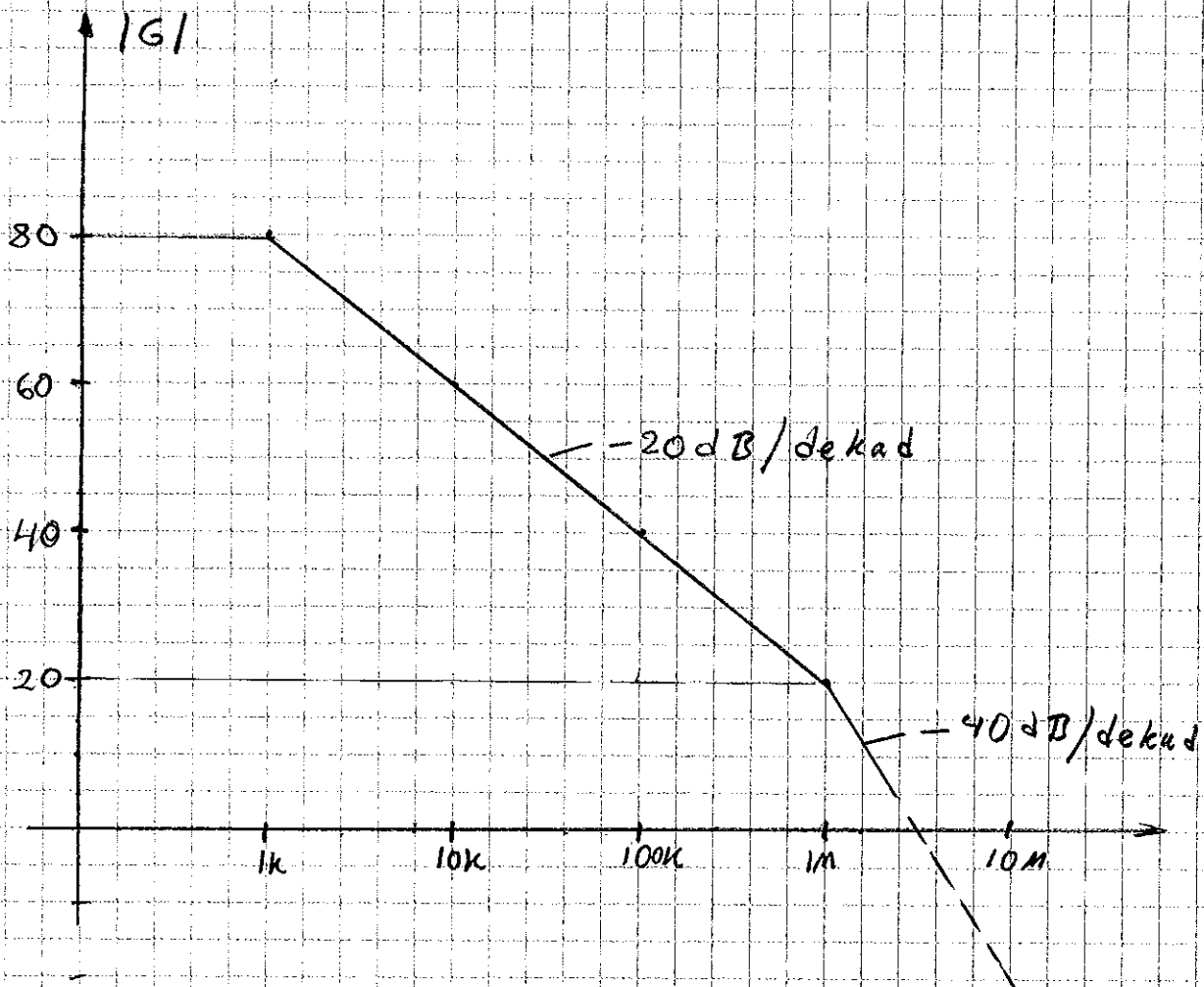
$$\text{pol: } f_{p2} = \frac{1}{2\pi R_{21} C_2} = 15,9 \text{ kHz}$$

$$\text{null ställe } f_{n1} = \frac{1}{2\pi \frac{R_{21} R_{22}}{R_{21} + R_{22}} \cdot C_2} = 26,5 \text{ kHz}$$



$$b) = 25 \text{ dB}$$

1)

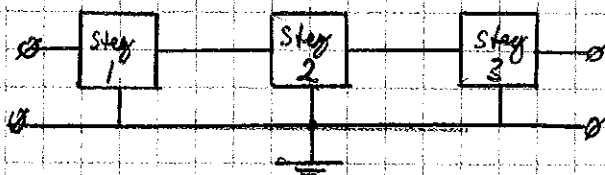


$$f_p = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi \cdot 10k \cdot 16nF} = 995 \text{ Hz}$$

kaskad kopplad tre stegs-
förstärkare.

$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 1,6nF} = 995 \text{ kHz}$$



$$f_{p3} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 160pF} = 9,95 \text{ MHz}$$

$$80 \text{ dB} = 20 \log |G|$$

$$a) \quad |G| = |A| \cdot 20 \cdot 10 = 10000$$

$$|A| = 50$$

1b) sökt f då $|U_T/I_N| = 0 \text{ dB}$

vid $f_2 = 995 \text{ kHz}$ är $|U_T/I_N| = 20 \text{ dB}$

$$|A| = \frac{10000}{\sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{995^2}\right)} \cdot \sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{0,995 \text{ MHz}^2}\right)} \cdot \sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{995 \text{ MHz}^2}\right)}}$$

$$\left|\frac{U_T}{I_N}\right| = |A| = 0 \text{ dB} \Rightarrow f = 3 \text{ MHz} \quad (\text{prövning})$$

$$\varnothing = -\arctan\left(\frac{f}{f_1}\right) - \arctan\left(\frac{f}{f_2}\right) - \arctan\left(\frac{f}{f_3}\right)$$

$$\varnothing = -90 - 71,6 - 16,78$$

$$\varnothing \sim -178,4^\circ \quad \varnothing_m \sim 1,6^\circ \quad (\text{dåris fas marginen})$$

c) $|\beta \cdot A| = 1 \quad \beta = \frac{1}{|A|} \quad \text{då } \varnothing = -180^\circ$

$$f = 3,0 \text{ MHz}$$

$$|A| = \frac{10000}{\sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{f_1^2}\right)} \cdot \sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{f_2^2}\right)} \cdot \sqrt{\left(1^2 + \frac{f^2}{f_3^2}\right)}}$$

$$1 + \beta \cdot A = 0 \quad \text{då } \varnothing = -180^\circ$$

$$\Rightarrow \beta \cdot |A| = 1 \quad \beta = \frac{1}{|A|} \quad \text{Då } \varnothing = -178,4^\circ$$

$$\text{för } |A| = 0 \text{ dB} = 1 \Rightarrow \beta \text{ nytt } > 1 \text{ då } \varnothing = -180^\circ$$

div. Systemet är stabilt för alla värden av resistiv motkoppling

2)

980328,

TE

$$f_g = 2000 \text{ Hz}$$

$$f_d = 4000 \text{ Hz} \quad (-35 \text{ dB})$$

LP - Butterworth

 $\Rightarrow n = 6$ ur tabell 1
Tabell 15 ger för $n=6$

σ_p	ω_{op}	Q
0,966	1,00	0,518
0,707	1,00	0,707
0,259	1,00	1,932

 av normera med $2\pi \cdot 2000 = 12566$

σ_p	ω_{op}	Q
12139	12566	0,518
8884	12566	0,707
3254,6	12566	1,932

 Välj 3 st steg av typen LP PF
 ur Tabell 12..

$$\frac{m}{n} = 1$$

$$\frac{e}{f} = 1$$

$$m = \frac{1}{e \omega_{op}}$$

$$A = 3 - \frac{1}{Q}$$

steg 1) $A_1 = 1,07$

$e = f = 10 \text{ nF}$

$m = n = 7,96 \text{ k}\Omega$

steg 2) $A_2 = 1,58$

$e = f = 10 \text{ nF}$

$m = n = 7,96 \text{ k}\Omega$

steg 3) $A_3 = 2,48$

$e = f = 10 \text{ nF}$

$m = n = 7,96 \text{ k}\Omega$

Tenta 980328 TE

3)

$$\left. \begin{aligned} A &= 10000 \\ \beta &= \frac{1k}{1k + 40k} \end{aligned} \right\} \beta A = 244$$

$$G = \frac{10000}{1 + 244} = 40,8 \text{ ggs}$$

$$Z'_{in} = (1 + \beta A) \cdot Z_{in} = 245 \cdot 100k\Omega = 24,5M\Omega$$

$$Z'_{uA} = \frac{Z_{uA}}{1 + \beta A} = \frac{1000}{245} = 4,1\Omega$$

4)

$$\frac{U_{uA}}{U_{in}} = - \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$Z_2 = R_{21} // K_2 + R_{22}$$

$$Z_1 = C_1 + R_1$$

$$Z_2 = \frac{R_{21}}{1 + j\omega R_{21} C_2} + R_{22}$$

$$Z_2 = \frac{R_{21} + R_{22} + j\omega R_{21} R_{22} C_2}{(1 + j\omega R_{21} C_2)}$$

$$Z_2 = \frac{(R_{21} + R_{22}) \left(1 + j\omega \frac{R_{21} R_{22} C_2}{R_{21} + R_{22}}\right)}{(1 + j\omega R_{21} C_2)}$$

4)

Tenta 980328 TE

$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1 + j\omega R_1 C_1}{j\omega C_1}$$

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = - \frac{j\omega C_1 (R_{21} + R_{22}) \left(1 + j\omega \frac{R_{21} R_{22} C_2}{R_{21} + R_{22}}\right)}{(1 + j\omega R_1 C_1) (1 + j\omega R_{21} C_2)}$$

5)

$$R_1 = 1k$$

$$C_1 = 1\mu F$$

$$R_{21} = 10k$$

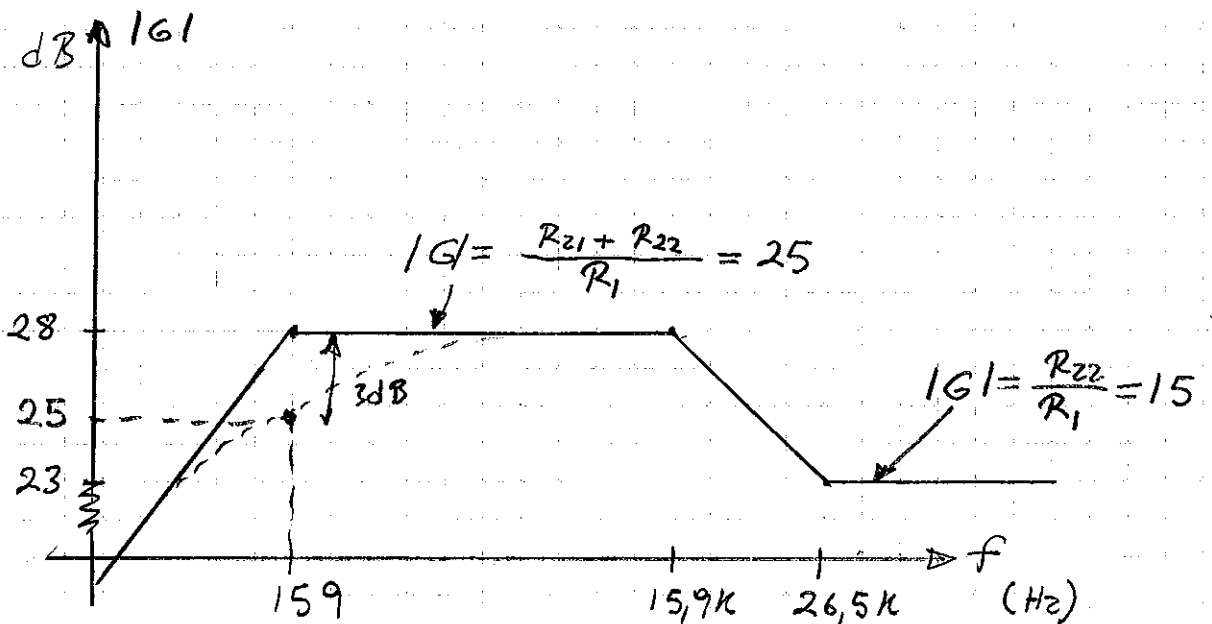
$$C_2 = 1nF$$

$$R_{22} = 15k$$

$$\text{pol: } f_{p1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = 159 \text{ Hz}$$

$$\text{pol: } f_{p2} = \frac{1}{2\pi R_{21} C_2} = 15,9 \text{ kHz}$$

$$\text{null ställe } f_{n1} = \frac{1}{2\pi \frac{R_{21} R_{22}}{R_{21} + R_{22}} \cdot C_2} = 26,5 \text{ kHz}$$



$$b) = 25 \text{ dB}$$