



SÄHKÖTEKNIKAN OSASTO
14.05.2013

Piiriteoria II (Graafiset laskimet ovat sallittuja)
Ohjeistus

Tässä paperinipussa on kolme koetta, joista valitaan yksi.

- **Sivulla 4 on 1. välikoe.** Lunttilappu ei ole sallittu. *Questions also in english.*
- **Sivulla 5 on 2. välikoe.** Lunttilappu ei ole sallittu. *Questions also in english.*
- **Sivuilla 6 on kurssin lopputentti,** jossa on sallittu A4-kokoinen lunttilappu.
- *At page 7 is the final exam in english. The questions in pages 4-5 are related to mid-term exams. Do not answer to mid-term exam questions if you haven't participated in them.*

Piiriteoria II (Graafiset laskimet ovat sallittuja)
Taulukko 1: Laplace-muunnospareja

	$x(t)$	$X(s)$
impulssi	$\delta(t)$	1
yksikköaskel	1 tai $u(t)$	$1 / s$
ramppi	t	$1 / s^2$
n:s potenssi	t^n	$n! / s^{n+1}$
a:s potenssi ($a > 0$)	$t^{a-1} / \Gamma(a)$	$1 / s^a$
	$1 / \sqrt{(\pi t)}$	$1 / \sqrt{s}$
eksp.funktio	e^{-at}	$1 / (s+a)$
	$1 - e^{-at}$	$a / (s(s+a))$
	$t^n e^{-at}$	$n! / (s+a)^{n+1}$
sini	$\sin(\omega t)$	$\omega / (s^2 + \omega^2)$
kosini	$\cos(\omega t)$	$s / (s^2 + \omega^2)$
sinh	$\sinh(at)$	$a / (s^2 - a^2)$
cosh	$\cosh(at)$	$s / (s^2 - a^2)$
lineaarisuus	$ax(t) + by(t)$	$aX(s) + bY(s)$
taajuussiiros	$e^{-at} x(t)$	$X(s+a)$
aikasiirros	$x(t-T)$	$e^{-sT} X(s)$
aikaderivaatta	$dx(t) / dt$	$sX - x(0)$
n:s aikaderivaatta	$d^n x(t) / dt^n$	$s^n X(s) - s^{n-1} x(0) - s^{n-2} x^{(1)}(0) \dots - x^{(n-1)}(0)$
aikaintegraali	$\int_{-\infty}^t x(t) dt$	$\frac{X(s)}{s} + \frac{1}{s} \cdot \int_{-\infty}^0 x(t) dt$
konvoluutio	$\int_0^t x(\tau) g(t-\tau) d\tau$	$G(s)X(s)$
taajuusderivaatta	$(-t)^n x(t)$	$d^n X(s) / ds^n$

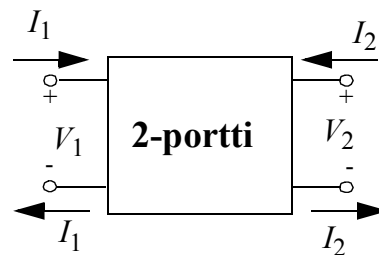
Piiriteoria II (Graafiset laskimet ovat sallittuja)

Taulukko 2: Muunnokset eri parametriesitysten välillä

	[z]	[y]	[t]
[z]	$\begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{y_{22}}{\Delta y} & \frac{-y_{12}}{\Delta y} \\ \frac{-y_{21}}{\Delta y} & \frac{y_{11}}{\Delta y} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{t_{11}}{t_{21}} & \frac{\Delta t}{t_{21}} \\ \frac{1}{t_{21}} & \frac{t_{22}}{t_{21}} \end{bmatrix}$
[y]	$\begin{bmatrix} \frac{z_{22}}{\Delta z} & \frac{-z_{12}}{\Delta z} \\ \frac{-z_{21}}{\Delta z} & \frac{z_{11}}{\Delta z} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{t_{22}}{t_{12}} & \frac{-\Delta t}{t_{12}} \\ \frac{-1}{t_{12}} & \frac{t_{11}}{t_{12}} \end{bmatrix}$
[t]	$\begin{bmatrix} \frac{z_{11}}{z_{21}} & \frac{\Delta z}{z_{21}} \\ \frac{1}{z_{21}} & \frac{z_{22}}{z_{21}} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{-y_{22}}{y_{21}} & \frac{-1}{y_{21}} \\ \frac{-\Delta y}{y_{21}} & \frac{-y_{11}}{y_{21}} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} \\ t_{21} & t_{22} \end{bmatrix}$

Taulukoissa 2 ja 3 Δ tarkoittaa determinanttia, esim.

$$\Delta y = \begin{vmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{vmatrix}$$



Taulukko 3: Verkkofunktioita terminoiduille 2-porteille

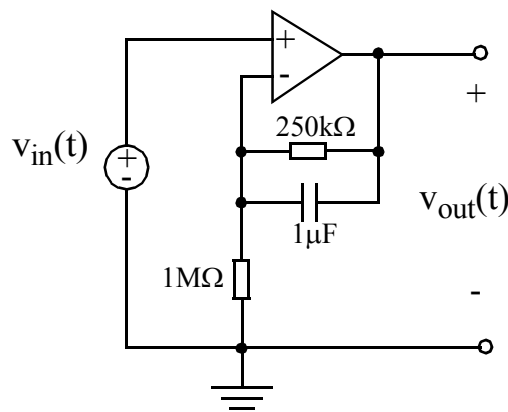
	z	y	t
Z_i Tuloimpedanssi <i>input impedance</i>	$\frac{\det Z + z_{11} Z_L}{z_{22} + Z_L}$	$\frac{y_{22} + Y_L}{\det Y + y_{11} Y_L}$	$\frac{A Z_L + B}{C Z_L + D}$
Z_o Lähtöimpedanssi <i>output impedance</i>	$\frac{\det Z + z_{22} Z_S}{z_{11} + Z_S}$	$\frac{y_{11} + Y_S}{\det Y + y_{22} Y_S}$	$\frac{D Z_S + B}{C Z_S + A}$
$A_i = I_2/I_1$ Virran siirtöfunktio <i>Current transf. func.</i>	$\frac{-z_{21}}{z_{22} + Z_L}$	$\frac{y_{21} Y_L}{\det Y + y_{11} Y_L}$	$\frac{-1}{D + C Z_L}$
$A_u = U_2/U_1$ Jännitteen siirtöfunktio, <i>voltage tf</i>	$\frac{z_{21} Z_L}{\det Z + z_{11} Z_L}$	$\frac{-y_{21}}{y_{22} + Y_L}$	$\frac{Z_L}{B + A Z_L}$

Piiriteoria II (Graafiset laskimet ovat sallittuja)
Välikoe 1

Kirjoita vastauspaperiisi tentittävä opintojakso -kohtaan *Piiriteoria 2, välikoe 1.*

1. Kuvan 1 piirissä herätteen $v_{in}(t)$ Laplace-muunnos on $4/s$. Laske vaste $v_{out}(t)$, kun $t > 0$. Alkuehdot ovat nollija ja oletetaan operaatiovahvistin ideaaliseksi. (3p)

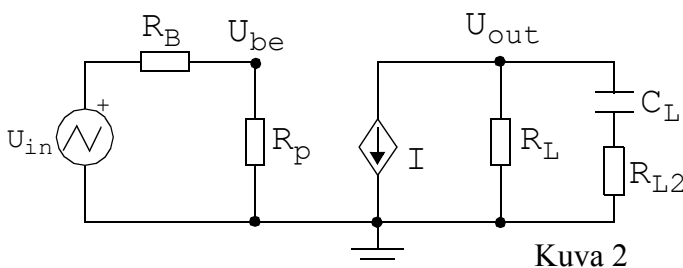
The Laplace-transformation of the stimulus $v_{in}(t)$ for the circuit below is $4/s$. Calculate the response $v_{out}(t)$, when $t > 0$. No energy is stored in the circuit at $t=0$ and the opamp is assumed ideal. (3p)



Kuva 1

2. Laske kuvan 2 piiristä jännitteensiirtofunktio $U_{out}(s)/U_{in}(s)$ ja piirrä kyseistä funktiota vastaava nollanapakartta. (3p)

For the circuit below, calculate the voltage transfer function $U_{out}(s)/U_{in}(s)$ and draw the corresponding pole-zero map. (3p)



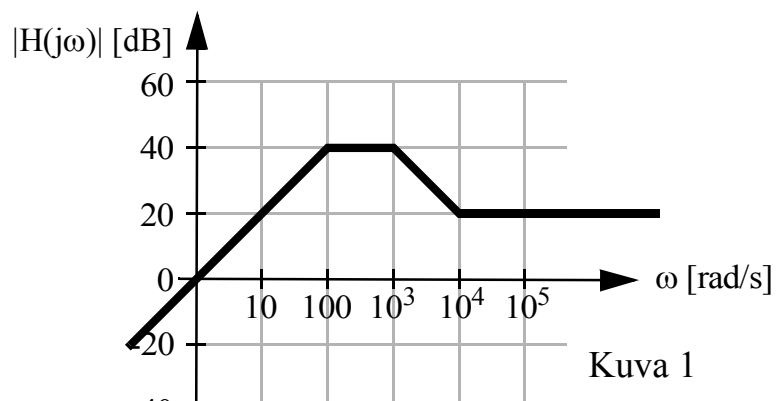
Kuva 2

$$\begin{aligned}
 R_B &= 35\Omega & R_{L2} &= 25\Omega \\
 R_p &= 5\Omega & C_L &= 20\text{mF} \\
 R_L &= 100\Omega & g_m &= 0,4\text{mho} \\
 I &= g_m \cdot U_{be} \\
 (\text{mho} &= 1/\Omega = \text{S})
 \end{aligned}$$

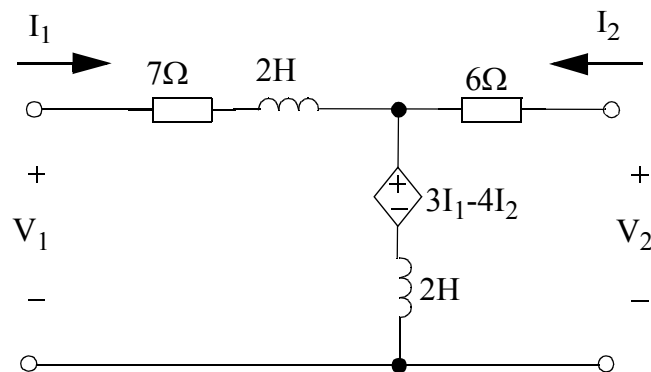
Piiriteoria II (Graafiset laskimet ovat sallittuja)
Välikoe 2

Kirjoita vastauspaperiisi tentittävä opintojakso -kohtaan *Piiriteoria 2, välikoe 2*.

1. Etsi kuvan 1 Boden amplitudikuvaajaa vastaava siirtofunktio $H(s)$. (3p)
Find a transfer function $H(s)$ that matches the magnitude response below. (3p)



2. Ratkaise kuvan 2 2-portille z-parametrit. (3p)
Find the z-parameters for the two-port below. (3p)

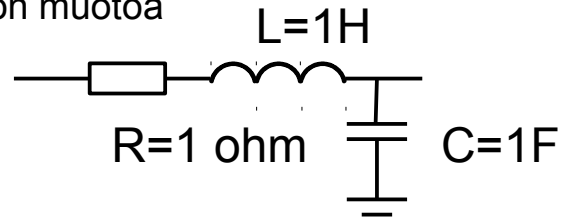


Kuva 2

Piiriteoria 2 loppuentti 14.5.2013

- 1) Kuvan 1 suodattimen jännitteen siirtofunktio on muotoa

$$H_1(s) = \frac{1}{s^2 \cdot CL + s \cdot CR + 1}$$



Kuva 1

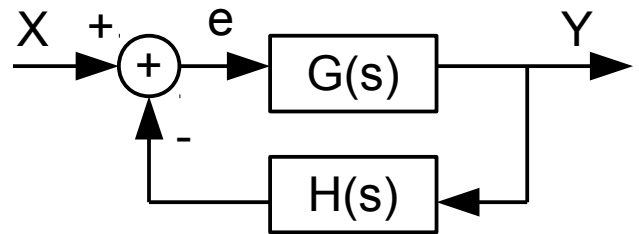
- Piirrä s-tason nolla-napa -kartta (0.5p)
- Piirrä Boden itseisarvokuvaaja (1p)
- Laske piirin impulssivaste. Alkutilat ovat nollia. (2p)
- Skaalaa piiri siten, että nurkkataajuus siirtyy taajuudelle 10 kHz ja laske siirtofunktio (0.5p)

- 2) Avoimen silmukan vaste on muotoa

$$G(s) = \frac{10^{17}}{(s+10^2)(s+10^4)(s+10^5)}$$

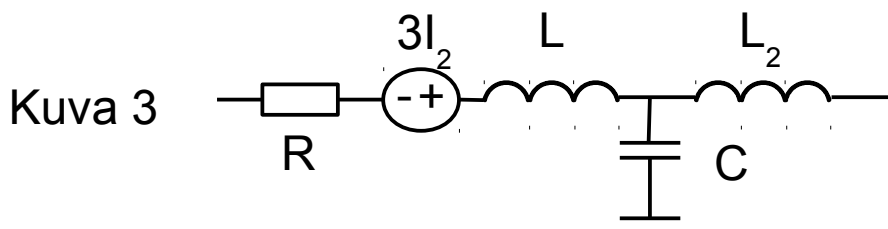
ja negatiivisen takaisinkytkennän muotoa

$$H(s) = \frac{1}{10}$$



Kuva 2

- Laske kuvan 2 perusteella silmukkavahvistus ja suljetun silmukan siirtofunktio (1p)
 - Määritä vahvistus- ja vaihevara Boden kuvaajien avulla. Määritä stabiilisuus ja perustele päätelmäsi. (3p)
- 3) Tee kuvan 3 2-portille seuraavat asiat:
- Laske piirin z -parametrit ja jännitteen siirtofunktio kun $Z_L = \infty$ (ks. taulukko 3) (2p)
 - Vertaa laskemaasi siirtofunktiota kuvan 1 siirtofunktioon $H_1(s)$. Mitä havaitset ja miten voit perustella havaintosi? (1p)
 - Vaihda kuorma $Z_L=100$ ja laske jännitteen siirtofunktio. Tee b) kohdan vertailu uudelleen ja perustele tuloksesi. (1p)

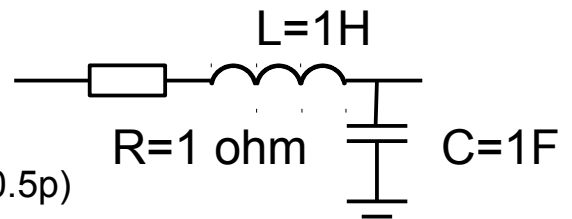


Kuva 3

Circuit theory 2, final exam 14.5.2013

- 1) Transfer function of the circuit in Fig. 1 is

$$H(s) = \frac{1}{s^2 \cdot CL + s \cdot CR + 1}$$



- a) Draw zeroes and poles at the s-plane (0.5p)
- b) Draw Bode amplitude plot (1p)
- c) Calculate impulse response of the circuit (time-domain). Initial voltages and currents are zero. (2p)
- d) Scale the corner frequency of the circuit to 10 kHz and calculate the transfer function (0.5p)

Fig. 1

- 2) Open-loop transfer function is

$$G(s) = \frac{10^{17}}{(s+10^2)(s+10^4)(s+10^5)}$$

and the negative feedback's transfer function is

$$H(s) = \frac{1}{10}$$

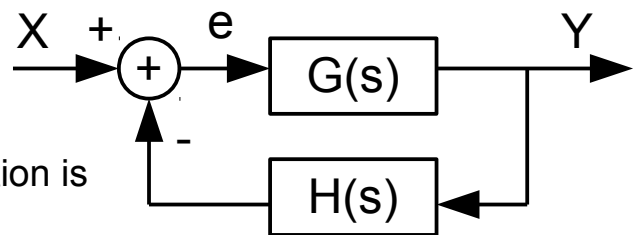


Fig. 2

- a) Calculate loop gain and closed-loop response according to Fig. 2. (1p)
 - b) Calculate gain and phase margins with Bode plots. Evaluate stability and justify your statements. (3p)
- 3) For the two port in Fig. 3 do the following:
- a) Calculate z-parameters and voltage transfer function of the circuit in Fig. 3 when load $Z_L = \infty$. (check table 3) (2p)
 - b) Compare the calculated transfer function and the transfer function $H_1(s)$ of the circuit in Fig. 1. What do You find out? Justify your statements. (1p)
 - c) Change the load to $Z_L=100$ and calculate voltage transfer function. Do the comparison in b) and again, justify your findings. (1p)

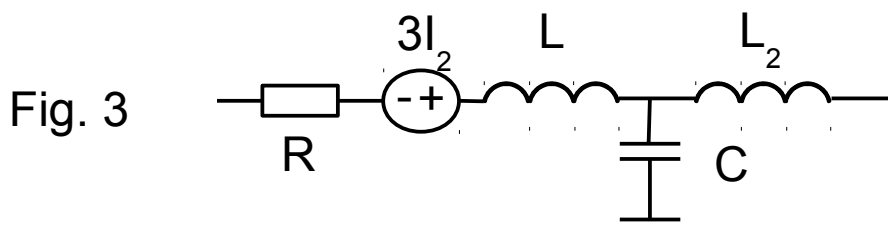


Fig. 3