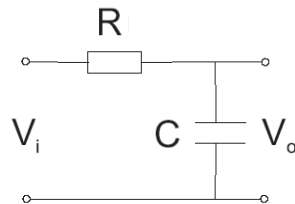


Tentamen Signaal Verwerking en Ruis
Dinsdag 10 – 13 uur, 15 december 2009

Dit tentamen bestaat uit vier opgaven verdeeld over drie bladzijden.
U heeft drie uur de tijd.

1. Staprespons van een filter [elk onderdeel 2 punten].



a) Leid de differentiaalvergelijking af die het verband geeft tussen de uitgangsspanning V_o en de ingangsspanning V_i .

Op $t=0$ is de condensator ongeladen en verandert de ingangsspanning instantaan van 0 naar V . Dit blijft zo tot $t = T$ wanneer de ingangsspanning weer naar 0 springt.

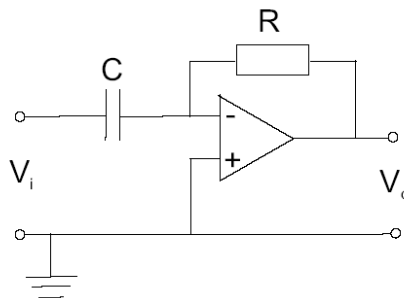
b) Leid de uitdrukking af voor $V_o(t)$ en schets dit tijdsverloop voor een lange puls ($T \gg RC$).

c) Schets ook het tijdsverloop voor een korte puls ($T \ll RC$). Geef ook waarden aan bij de assen.

d) Waarom zou je dit filter een laagdoorlaat filter noemen?

2. De differentiator [elk onderdeel 2 punten].

Onderstaande opamp schakeling wordt een differentiator genoemd.



a) Verklaar de naam ‘differentiator’

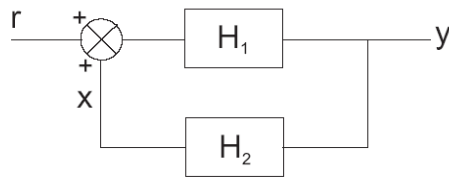
b) Bereken de overdrachtsfunctie $H(\omega) = V_o(\omega)/V_i(\omega)$ en schets $|H(\omega)|$ voor het geval de gain van de opamp oneindig is.

Nu wordt in serie met de condensator C een extra weerstand R_1 geschakeld.

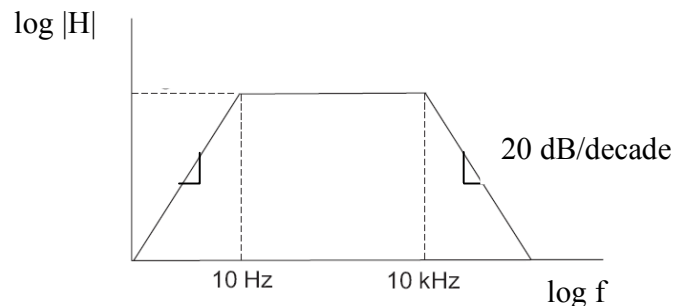
c) Bereken opnieuw $H(\omega)$ en schets $|H(\omega)|$. In welk frequentiegebied werkt de schakeling nu als een differentiator?

d) Wat is het nut van deze extra weerstand in de schakeling?

3. Feedback van geluid



Bovenstaande feedback-loop wordt toegepast op de volgende situatie. Een spreker (r) spreekt via een microfoon waarvan het versterkte geluidssignaal wordt weergegeven door een speaker (y) die op een afstand van $L=3$ m van de microfoon is geplaatst. Het geluid uit de speaker wordt teruggekoppeld naar de microfoon volgens $H_2 = \frac{\alpha}{L} \exp(i2\pi f\tau)$. Neem voor de geluidsvertraging $v=300$ m/sec. Verder zijn de microfoon en speaker van zodanige kwaliteit dat ze ieder afzonderlijk de volgende, nette overdracht hebben. Ze zijn verbonden door een versterker die gekenmerkt wordt door een frequentie onafhankelijke versterkingsfactor, G .



- Is de overdrachtsfunctie van de microfoon (die een luchtdrukfluctuatie omzet in een spanningsfluctuatie) onderdeel van H_1 of H_2 ? [1]
- Waarom heeft H_2 de vorm $H_2 = \frac{\alpha}{L} \exp(i2\pi f\tau)$? [1]
- Omschrijf wat 'x' is in de feedback loop die getekend is in het plaatje bovenaan de figuur. [1]
- Geef een uitdrukking voor τ in termen van L . [1]
- Teken $|H_1(f)|$ en $\arg H_1(f)$. [2]
- Teken een polaire plot van $H_1 \cdot H_2$ (open lus versterking) in het frequentiegebied van 10 Hz tot 10 kHz, voor verschillende versterkingsfactoren, G . [2]
- Druk de gesloten lus versterking $H = y/r$ uit in termen van H_1 en H_2 . [2]
- Bij welke gain gaat het systeem oscilleren en bij welke frequentie(s) gebeurt dat? [2]

4. Een ruisspectrum

Een versterker met een versterkingsfactor van 100 en een bandbreedte van 1 MHz heeft een equivalente ingangsruijs van $5 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ maar vertoont ook $1/f$ ruis met een knie bij 1 kHz.

- a) Schets een log-log plot van het ruisspectrum. Schrijf getallen aan zowel de x-as als aan de y-as [3].
- b) Bereken de rms waarde van de uitgangsruijs tussen 10 kHz en 1 MHz [2].
- c) Bereken de equivalente ingangsruijs van 1 Hz tot 10 kHz [3].