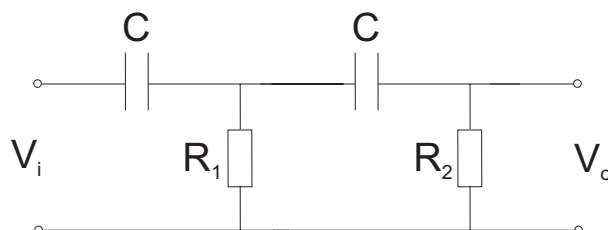


# SVR 2005, Oefentamen

Peter Lee, kamer HL 907, tel. 5932, peter@molphys.leidenuniv.nl

---

## 1. Een gekoppeld RC-filter

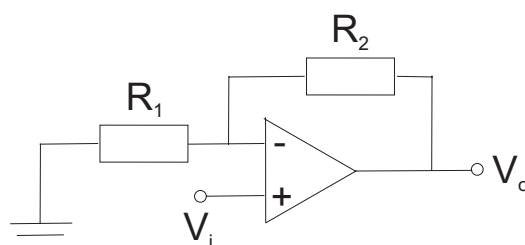


We beschouwen bovenstaande schakeling waarin twee  $RC$ -filters aan elkaar gekoppeld zijn.

- Hebben we hier te maken met een hoogdoorlaat of een laagdoorlaat filter? Licht je antwoord kort toe.
- Onder welke voorwaarde is de koppeling van de twee  $RC$ -filters onbelast?
- Schets het Bode-diagram, d.w.z.  $|H(\omega)|$  en  $\arg H(\omega)$ , van dit filter. Geef hierbij ook waarden aan bij de assen.

## 2. Een niet-ideale OpAmp

Een van de eigenschappen van een *ideale* OpAmp is de oneindige versterking (gain). Hierdoor mag je de voltages aan de OpAmp-ingangen  $V_+$  en  $V_-$  gelijk beschouwen. Voor een *niet-ideale* OpAmp geldt het voorgaande niet meer, in het bijzonder voor hoogfrequente signalen. In deze opgave bekijken we wat voor gevolgen een OpAmp met *eindige* gain  $A$  heeft voor de spanningsoverdracht in een niet-inverterende versterker (zie figuur).



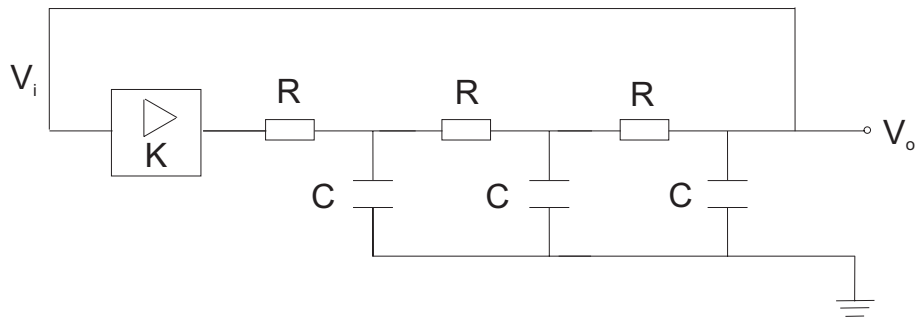
- Bereken de versterkingsfactor  $V_o/V_i$  voor een *oneindige* gain (ideale OpAmp).
- Idem, maar nu voor een eindige gain  $A$ .

Neem nu aan dat de gain  $A(\omega)$  van de open OpAmp zich gedraagt als het product van  $A_0$  en de overdracht van een eerste-orde laagdoorlaatfilter:

$$A(\omega) = A_0/(1 + j\omega\tau_v) \quad (1)$$

- Teken  $|A(\omega)|$  en  $\arg A(\omega)$  voor  $A_0 = 10^6$  en een gain-bandwidth product van 10 MHz. Geef ook getallen aan langs belangrijke punten op de assen.
- Bereken  $V_o/V_i$  bij lage frequenties en de bandbreedte van de getekende versterker, als  $R_1=1 \text{ k}\Omega$  en  $R_2=10 \text{ k}\Omega$ .

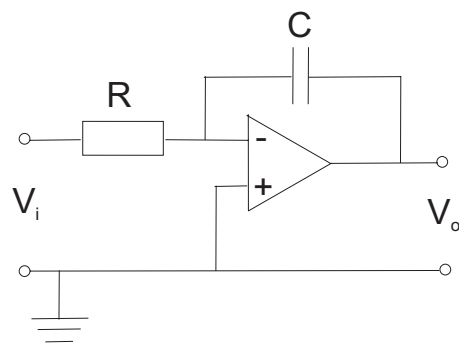
### 3. Feedback



In bovenstaande schakeling wordt een versterkt signaal (gain  $K$ ) via een  $RC$ -keten teruggekoppeld aan de ingang van de versterker. Je mag aannemen dat de afzonderlijke  $RC$  takken onbelast aan elkaar gekoppeld zijn.

- Schets de overdracht van de  $RC$ -keten in het complexe vlak (polaire plot).
- Onder welke conditie oscilleert het systeem? Geef de hierbij horende vergelijking.
- Bepaal de gain  $K_o$  en signaalfrequentie  $\omega_o$  bij oscillatie.

### 4. Versterking en ruis



Bovenstaande integrator is onderhevig aan thermische ruis, afkomstig van de weerstand  $R$ . De invloed van deze weerstandsruis op het uitgangssignaal kan bestudeerd worden door de ruizige weerstand te vervangen door een ideale weerstand (zonder ruis) gecombineerd met een ruizige stroom- of spanningsbron. De condensator en de OpAmp beschouwen we als ideaal en ruisvrij. Voor een goede werking van de ruisbron nemen we aan dat de uitgangsimpedantie van de voedingsbron zeer laag is.

- Maak een keuze voor de ruisbron en geef de sterkte van deze bron.
- Bereken de frequentie-afhankelijke ruisamplitude  $V_{n,o}(f)$  aan de uitgang.
- Welke eenheid heeft  $V_{n,o}(f)$ ?
- Bereken voor  $R=1 \text{ k}\Omega$  en  $C=1 \text{ nF}$  de thermische ruisspanning  $V_{\text{rms},o}$  op de uitgang bij kamertemperatuur en een frequentiegebied van 1 Hz tot 10 kHz.