

ECS les 4 **Antwoorden/Solutions**



Docent : [ir drs E.J Boks](#)

Opdrachten om zelfstandig uit te voeren tijdens het derde lesuur

Assignments for independent execution during the third course hour

Voer de onderstaande opdrachten zelfstandig uit tijdens het derde lesuur ECS. De opdrachten zijn een test om in te schatten hoe de student de theoriestof van het vak ECS beheerst.

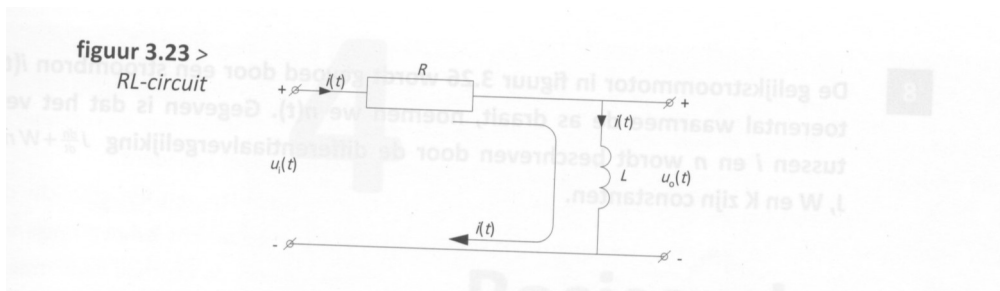
De uitwerkingen en antwoorden worden gepresenteerd in de volgende lesweek.

Complete the assignments below independently during the third ECS class. The assignments are a test to estimate how the student has mastered the theory of ECS.

Elaborations and answers are presented in the following lesson week.

Los de volgende vergelijkingen op / *Solve the following equations :*

1. Beschrijf de kenmerken van LTI systemen, en leg de letter L, T en I afzonderlijk uit / *Describe the characteristics of LTI systems, and explain the letters L, T and I separately.* **antwoord/solution : Boek §5.4**
2. Een hefboom (zie figuur 5.4 uit het lesboek) heeft lengten $l_y=10$ m en $l_u=2$ m. Ontwerp een opamp gebaseerd elektrisch netwerk dat dezelfde overdrachtfunctie heeft / *A lever (see Figure 5.4 from the textbook) has lengths $l_y = 10$ m and $l_u = 2$ m. Design an opamp based electrical network that has the same transfer function.* **antwoord/solution : $K = 10/2 = 5$. Zie https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_amplifier niet inverterende versterker/non-inverting amplifier. Kies $R_2 = 10k$, $R_1 = 2k5 \Rightarrow K = 1 + R_2/R_1 = 5$.**
3. Bepaal de differentiaalvergelijking en onverdrachtfunctie $H(s)$ voor onderstaand systeem / *3. Determine the differential equation and non-transfer function $H(s)$ for the system below:*



antwoord/solution : Gebruik/Use Kirchoff .

$$\begin{aligned}
 \frac{(u_i - u_u)}{R} - \frac{1}{L} \int u_u dt = 0 & \implies U_i(s) - U_u(s) - \frac{R}{L} \frac{1}{s} U_u(s) = 0 \\
 (u_i - u_u) - \frac{R}{L} \int u_u dt = 0 & \implies \left(1 + \frac{R}{Ls}\right) U_u(s) = U_i(s) \\
 & \implies \frac{U_u(s)}{U_i(s)} = H(s) = \frac{1}{\left(1 + \frac{R}{Ls}\right)} = \frac{Ls}{Ls + R}
 \end{aligned}$$

4. Ontwerp een integrator met een opamp gebaseerd netwerk dat deze overdracht heeft / *Design an integrator with an opamp based network that has this transfer* : $u_u(t) = \frac{1}{100} \int_0^t u_i(\tau) d\tau$

antwoord/solution : Zie https://en.wikipedia.org/wiki/Op_amp_integrator . Kies/Pick R1 en Cf zodat $R1 \cdot Cf = 100$, bijvoorbeeld/ for example $R1 = 200k$ en $Cf = 0,47$ mF

5. Herhaal opgave 4, maar voer de integratie nu uit met een C software functie / *Repeat assignment 4, but now perform the integration with a C software function* .

antwoord/solution :

```

float voerUitIntegratie(const float ui)
{
    static auto integrator = 0.0f;
    static constexpr auto k = 1 / 100.0f;

    integrator += k*ui;
    const auto uu = integrator;
    return(uu);
}

```

6. Transformeer het verband tussen u_i en u_u uit opgave 4 naar het s domein / *Transform the relationship between u_i and u_u from problem 4 to the s domain*.

antwoord/solution : Zie §5.6.1 formule 5.9. $H(s) = \frac{1}{100s}$

7. De integrator uit opgave 4 wordt negatief teruggekoppeld volgens figuur 5.7 uit het lesboek met versterkingsfactor 10. Bepaal de nieuwe overdrachtfunctie $H_k(s)$ / *The integrator from assignment 4 is fed back negatively according to figure 5.7 from the textbook with gain factor 10. Determine the new transfer function $H_k(s)$* .

$$H(s) = \frac{1}{100s}$$

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

$$H_{tk}(s) = \frac{1}{100s + 10}$$

antwoord/solution : Zie §5.5.4

8. Herschrijf $H(s)$ uit opgave 4 naar $H(j\omega)$ en bepaal $|H(j\omega)|$ en $\angle H(j\omega)$. Evalueer voor een frequentie tussen 1 en 100 Hz. Gebruik de QR code op de Casio FX991 om een plot te maken / Rewrite $H(s)$ from assignment 4 to $H(j\omega)$ and determine $|H(j\omega)|$ and $\angle H(j\omega)$. Evaluate for a frequency between 1 and 100 Hz. Use the QR code on the Casio FX991 to make a plot

$$H(s) = \frac{1}{100s}$$

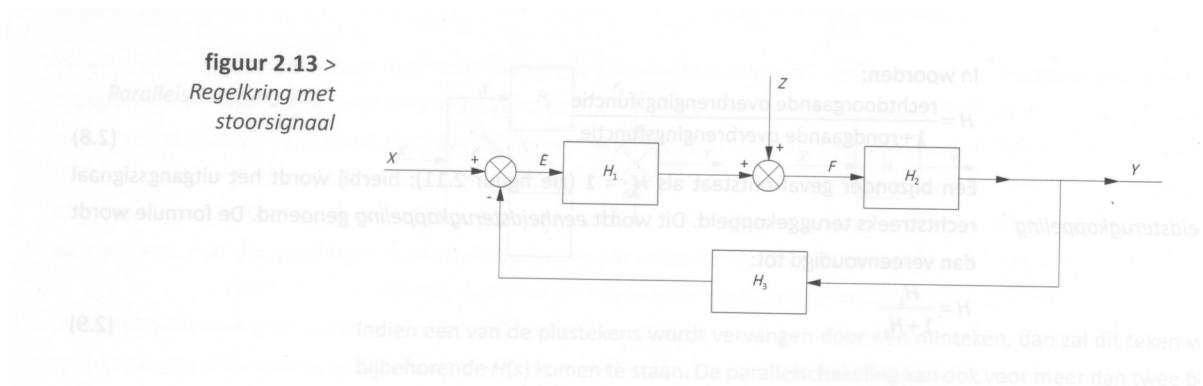
$$H(j\omega) = \frac{1}{100j\omega}$$

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{100\omega}$$

antwoord/solution : Zie §5.7.2

$$\arg H(j\omega) = \tan^{-1}(100\omega, 0) = \frac{1}{2}\pi$$

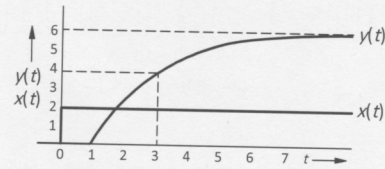
9. Bepaal de overdrachtfunctie $H(s)$ van onderstaand systeem (Z is stoorsignaal) / Determine the transfer function $H(s)$ of the system below (Z is noise signal) :



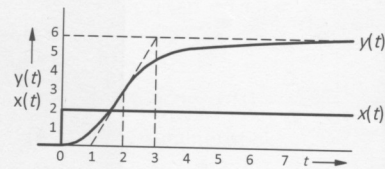
antwoord/solution : Voorwaarts/forward = $H_v = (E * H_1 + Z) * H_2$. Terugkoppeling/Feedback volgens §5.5.4 $H(s) = H_v / (1 + H_v H_3)$

10. Bepaal de overdrachtfunctie behorend bij onderstaande stap responsies a en c / Determine the transfer function associated with step responses a and c below.

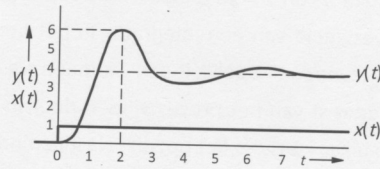
figuur 4.31 >
Stapresponsies bij
opgave 1



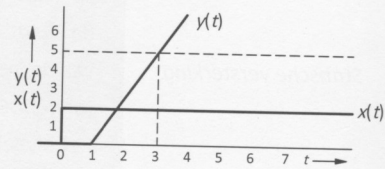
a.



b.



c.



d.

antwoord/solution a : Vertraging/delay = 1s. Functie is eerste orde functie / first order function.
Gebruik de 63% regel / employ the 63% rule . $6 * 63\% = 3,78 \implies \tau = (3-1) = 2$.

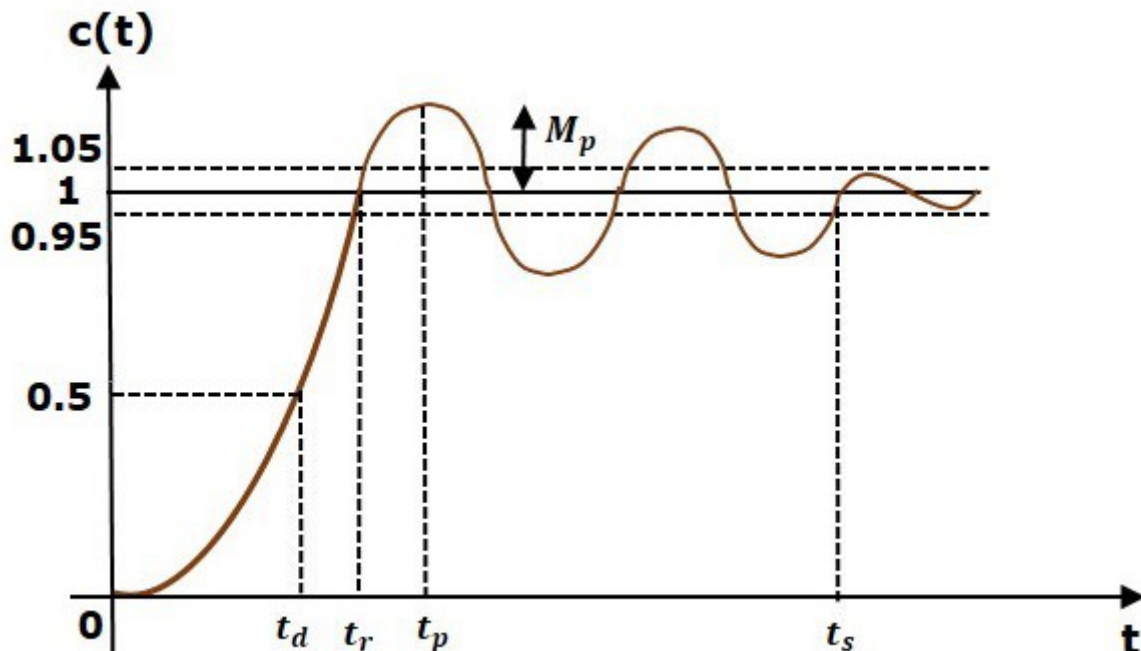
$$H(s) = \frac{6}{2} \frac{1}{\tau s + 1} = \frac{3}{2s + 1}$$

antwoord/solution c : Functie is tweede orde functie / second order function.

Zie/See [Uitleg over tweede orde respons/Explanation over 2nd order response](#)
Betaal/ Determine

- ω_n de ongedempte hoekfrequentie / the natural frequency
- δ is de dempingsconstante / the damping ratio

Hieronder de uitleg van bovenstaande website / Below the explanatory picture form the aforementioned website.



Overschot / Overshoot $M_p = 2/4 = 50\% \implies e^{\frac{-\delta\pi}{\sqrt{1-\delta^2}}} = \frac{1}{2} \rightarrow \delta = 0,22$

$$K = 4$$

Het systeem is onderkritisch gedempt (Uitleg : Case 3) / *The system is subcritically damped*
(Explanation : Case 3):

$$\omega_g = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2} = \omega_n \sqrt{1 - \delta^2}$$
$$\omega_n = \frac{\omega_g}{\sqrt{1 - \delta^2}} = 1,6 \text{ rad s}^{-1}$$

De overdracht is daarom (na invulling van bovenstaande getallen) / *The transfer is therefore (after entering the above numbers) :*

$$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\delta s + \omega_n^2}$$
$$H(s) = \frac{10,35}{s^2 + 0,71s + 2,6}$$