

# Systeem- en Regeltechniek

EE2S21 – Extra Opgaven (2014/2015)

## Vraag 1:

Het aantal onafhankelijke beginwaarden in een systeem dat door een bondgraaf wordt voorgesteld kan worden afgeleid uit:

- a) de causale streepjes in de bondgraaf.
- b) de energetische elementen met integrerende causaliteit in de bondgraaf.
- c) de halve pijlrichting in de bondgraaf.
- d) het aantal bonds in de bondgraaf.

## Vraag 2:

Het minimaal aantal toestanden dat nodig om een systeem te beschrijven dat door een bondgraaf wordt voorgesteld is gelijk aan het aantal:

- a) causale streepjes in de bondgraaf.
- b) energetische elementen met integrerende causaliteit in de bondgraaf.
- c) energetische elementen met differentiërende causaliteit in de bondgraaf.
- d) geen van bovenstaande antwoorden is juist.

## Vraag 3:

Bij het causaal maken van een bondgraaf beginnen we met

- a) de resistieve elementen.
- b) de bronnen.
- c) de energetische elementen.
- d) de transformatoren en gyratoren.

## Vraag 4:

De positieve oriëntatie in een bondgraaf kan worden afgeleid uit:

- a) de causale streepjes in de bondgraaf.
- b) de energetische elementen met integrerende causaliteit in de bondgraaf.
- c) de halve pijlrichting in de bondgraaf.
- d) het aantal bonds in de bondgraaf.

## Vraag 5:

Energetische elementen met differentiërende causaliteit in een bondgraaf kunnen leiden tot

- a) algebraïsche loops.
- b) een toename van het minimaal aantal benodigde toestanden.

- c) een toename van het aantal onafhankelijke beginwaarden.
- d) geen van bovenstaande antwoorden is juist.

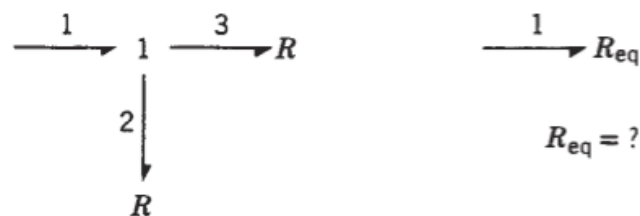
### Vraag 6:

Het aantal afhankelijke beginwaarden in een systeem dat door een bondgraaf wordt voorgesteld is gelijk aan het aantal:

- a) causale streepjes in de bondgraaf.
- b) energetische elementen met integrerende causaliteit in de bondgraaf
- c) energetische elementen met differentiërende causaliteit in de bondgraaf.
- d)  $R$ -elementen in de bondgraaf.

### Vraag 7:

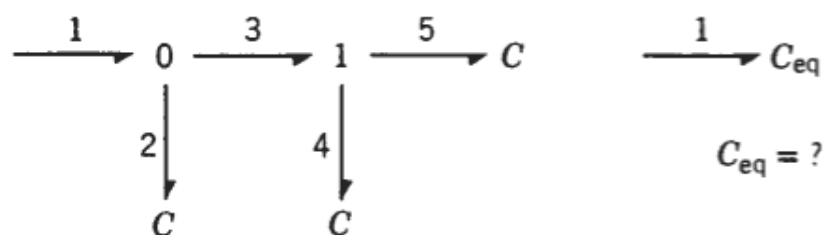
Gegeven de volgende bondgraaf met lineaire  $R$ -elementen met waarde  $R = 1$ :



Gevraagd: Bepaal de waarde van het equivalente  $R$ -element  $R_{eq}$  gezien vanuit bond 1.

### Vraag 8:

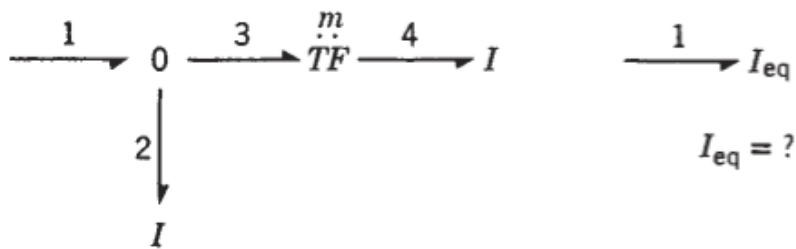
Gegeven de volgende bondgraaf met lineaire  $C$ -elementen met waarde  $C = 4$ :



Gevraagd: Bepaal de waarde van het equivalente  $C$ -element  $C_{eq}$  gezien vanuit bond 1.

### Vraag 9:

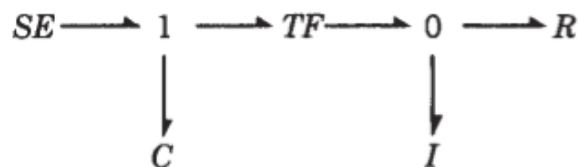
Gegeven de volgende bondgraaf met lineaire  $I$ -elementen met waarde  $I = 1$  en een transformator met overbrengingsverhouding  $m = 2$ :



Gevraagd: Bepaal de waarde van het equivalente  $I$ -element  $I_{eq}$  gezien vanuit bond 1.

### Vraag 10:

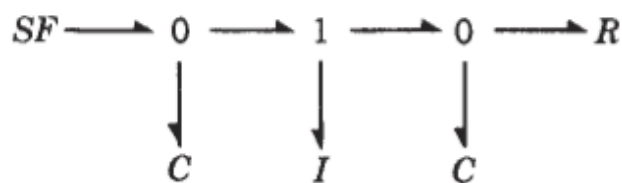
Gegeven de volgende bondgraaf met lineaire elementen:



Gevraagd: Maak de bondgraaf causaal en bepaal het aantal beginwaarden en het minimaal aantal benodigde toestanden om het systeem te beschrijven.

### Vraag 11:

Gegeven de volgende bondgraaf met lineaire elementen:



Gevraagd: Maak de bondgraaf causaal en bepaal het aantal beginwaarden en het minimaal aantal benodigde toestanden om het systeem te beschrijven.

### Vraag 12:

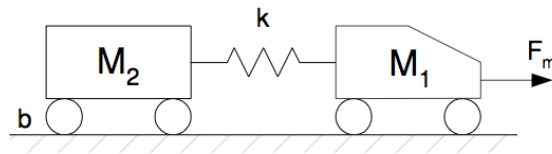
Gegeven de volgende bondgraaf met lineaire elementen:



- a)  $\frac{m}{K} \frac{d^2 F}{dt^2} + \frac{B}{K} \frac{dF}{dt} + F = 0$
- b)  $m \frac{d^2 v_m}{dt^2} + B \frac{dv_m}{dt} + K v_m = K v$
- c)  $m \frac{d^2 F}{dt^2} + B \frac{dF}{dt} + K F = K B v + K m \frac{dv}{dt}$
- d)  $\frac{m}{K} \frac{d^2 v_m}{dt^2} + \frac{B}{K} \frac{dv_m}{dt} + v_m = 0$

### Vraag 15:

Een auto met massa  $M_1$  trekt een aanhangwagen voort met massa  $M_2$ .



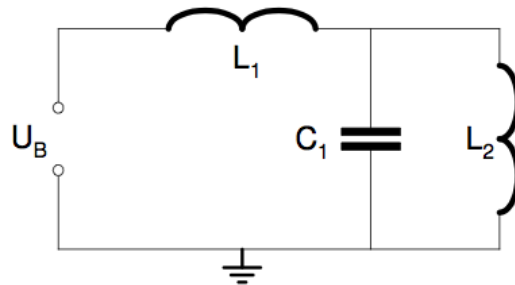
De aanhangwagen is verbonden met de auto door middel van een flexibele verbinding, die gemodelleerd wordt als een veer met een veerconstante  $k$ . De motor van de auto zorgt dat een kracht  $F_m$  de combinatie voortsleept. De weg oefent wrijving  $b$  uit op de aanhanger. De wrijving van de auto wordt verwaarloosd. We nemen als toestand  $\mathbf{x} = [v_{M_1}, v_{M_2}, F_k]^T$ .

Gevraagd: Welke van onderstaande toestandsbeschrijvingen hoort bij dit systeem? [Hint: stel een bondgraaf op en leidt de vergelijkingen af.]

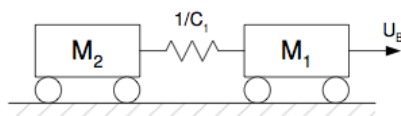
- a)  $\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{1}{M_1} \\ 0 & -\frac{b}{M_2} & \frac{1}{M_2} \\ K & -K & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} \frac{1}{M_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} F_m$
- b)  $\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{M_1} \\ 0 & -\frac{b}{M_2} & -\frac{1}{M_2} \\ K & -K & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} \frac{1}{M_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} F_m$
- c)  $\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{b}{M_1} & \frac{b}{M_1} \\ 0 & -\frac{b}{M_2} & -\frac{b}{M_2} \\ K & -K & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} \frac{1}{M_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} F_m$
- d)  $\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{1}{M_1} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{M_2} \\ -K & -K & -bK \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{M_1} \\ 0 \end{bmatrix} F_m$

### Vraag 16:

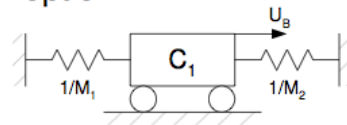
Beschouw het LC-circuit zoals weergegeven in onderstaande figuur. Welke van de volgende mechanische systemen is het analogon van het gegeven elektrische circuit?



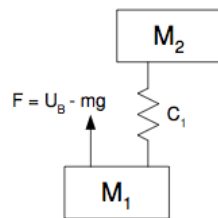
optie 1



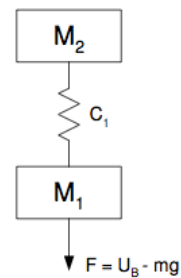
optie 2



optie 3

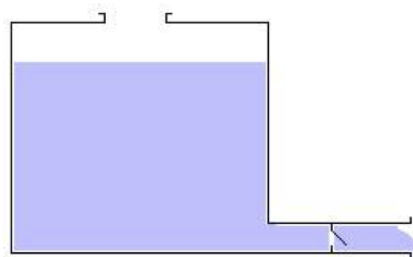


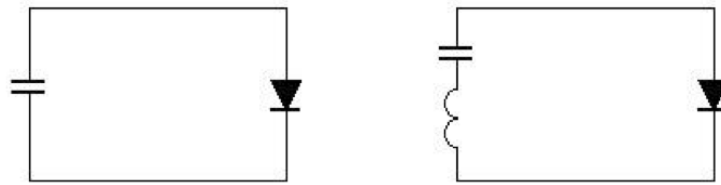
optie 4



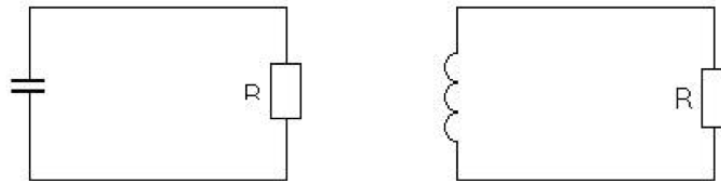
### Vraag 17:

Beschouw het onderstaande figuur waarin een tank is voorzien van een klep die slechts naar een kant open kan (beter bekend als check valve). Als gevolg hiervan kan het water ook maar naar één kant opstromen. De stroming in de pijp wordt verwaarloosd bij het modelleren. Wat is het elektrische analogon van dit systeem?





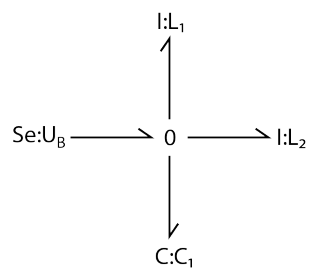
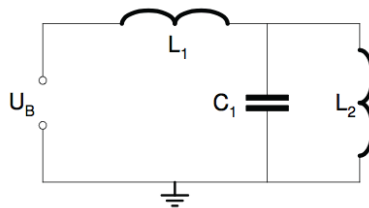
Van links naar rechts: optie 1 en optie 2



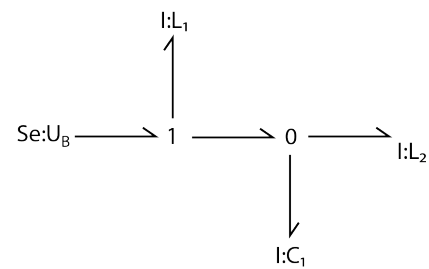
Van links naar rechts: optie 3 en optie 4

### Vraag 18:

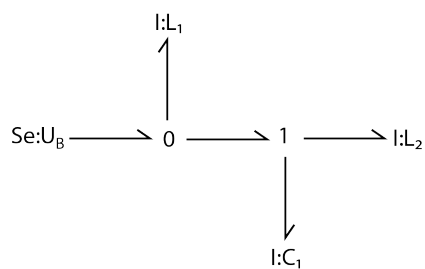
Beschouw het LC-circuit zoals weergegeven in onderstaande figuur. Welke van de volgende bondgrafen hoort bij dit circuit?



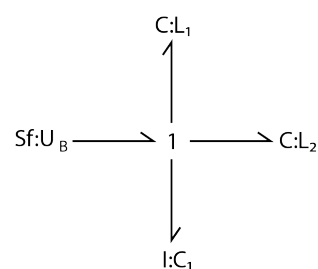
Optie 1



Optie 2



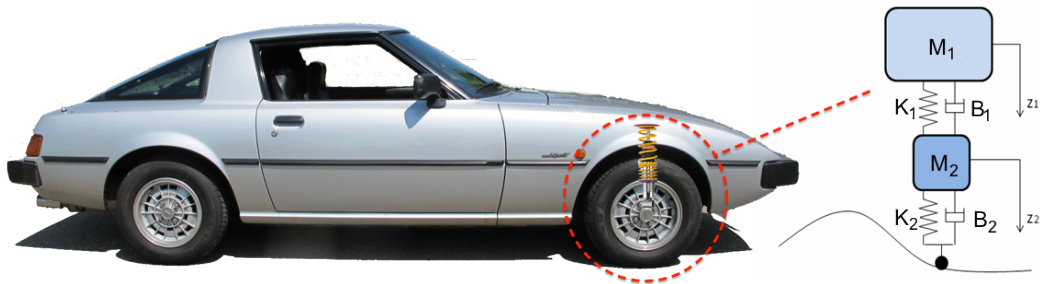
Optie 3



Optie 4

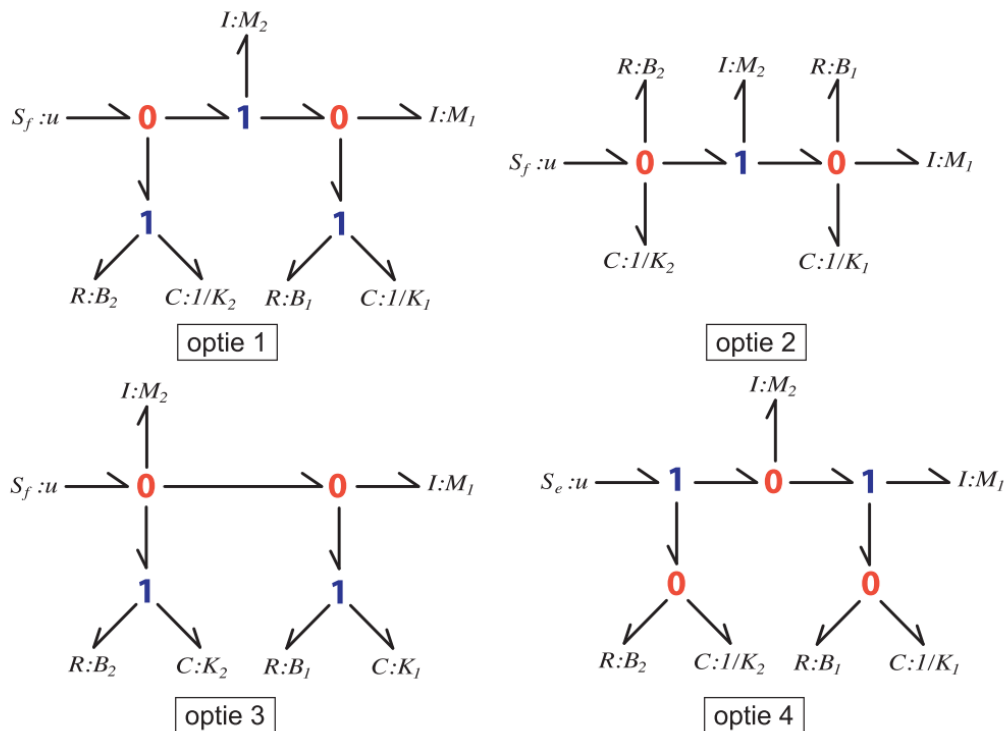
### Vraag 19:

In deze opgave beschouwen we het dynamisch gedrag van het suspensiesysteem (de wielophanging + schokbrekers) van de auto met behulp van het volgende model:



De massa  $M_1$  [kg] representeert 1/4 van de massa van de auto waarbij  $z_1$  [m] de relatieve verticale verplaatsing van de car body voorstelt. De massa van het wiel, de band en de ophanging noemen deze  $M_2$  [kg]. De veerconstante  $K_1$  [N/m] modelleert de elasticiteit van de suspensie en de dempingscoëfficiënt  $B_1$  [Ns/m] modelleert de schokdemper. De elasticiteit van de band wordt vertegenwoordigd door de veerconstante  $K_2$  [N/m] en de dempingscoëfficiënt  $B_2$  [Ns/m]. Daarnaast wordt aangenomen dat de statische veerkracht wordt gecompenseerd door de zwaartekracht.

a) Welk van de onderstaande bondgrafen behoort bij het suspensiesysteem?



b) Maak de bondgraaf causaal.

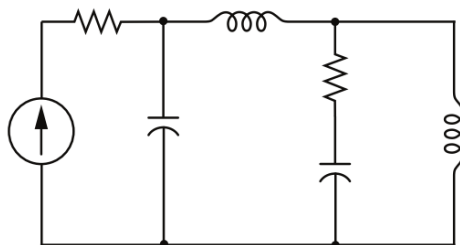


- c) Label in uw bondgraaf alle efforts en flows. Als we, respectievelijk, de relatieve verticale snelheden van de beide massa's en de relatieve verticale krachten van de veren als toestand nemen, wat is dan het bijbehorende toestandsmodel?

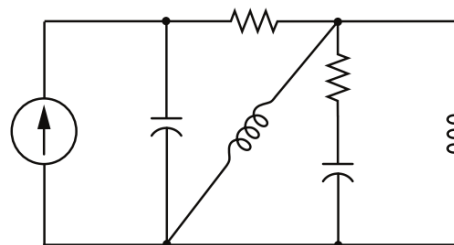
$$\dot{\mathbf{x}} = \underbrace{\begin{bmatrix} -\frac{1}{M_1} & \frac{1}{M_1} & \frac{B_1}{M_1} & 0 \\ \frac{1}{M_2} & -\frac{1}{M_2} & -\frac{B_1+B_2}{M_2} & \frac{B_2}{M_2} \\ K_1 & -K_1 & 0 & 0 \\ 0 & -K_2 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{\text{Optie 1}} \mathbf{x} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{B_2}{M_2} \\ 0 \\ K_2 \end{bmatrix}}_{\text{Optie 2}} u, \quad \dot{\mathbf{x}} = \underbrace{\begin{bmatrix} -\frac{B_1}{M_1} & \frac{B_1}{M_1} & \frac{1}{M_1} & 0 \\ \frac{B_1}{M_2} & -\frac{B_1+B_2}{M_2} & -\frac{1}{M_2} & \frac{1}{M_2} \\ -K_1 & K_1 & 0 & 0 \\ 0 & -K_2 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{\text{Optie 2}} \mathbf{x} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{B_2}{M_2} \\ 0 \\ K_2 \end{bmatrix}}_{\text{Optie 2}} u$$

$$\dot{\mathbf{x}} = \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{B_1}{M_1} & -\frac{B_1}{M_1} & -\frac{1}{M_1} & 0 \\ -\frac{B_1}{M_2} & \frac{B_1+B_2}{M_2} & \frac{1}{M_2} & -\frac{1}{M_2} \\ -K_1 & K_1 & 0 & 0 \\ 0 & K_2 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{\text{Optie 3}} \mathbf{x} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{B_2}{M_2} \\ 0 \\ K_2 \end{bmatrix}}_{\text{Optie 2}} u, \quad \dot{\mathbf{x}} = \underbrace{\begin{bmatrix} -\frac{1}{M_1} & \frac{1}{M_1} & \frac{1}{M_1} & 0 \\ \frac{1}{M_2} & -\frac{1}{M_2} & -\frac{1}{M_2} & \frac{1}{M_2} \\ \frac{B_1}{K_1} & -\frac{B_1+B_2}{K_1} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{B_2}{K_2} & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{\text{Optie 4}} \mathbf{x} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{B_2}{M_2} \\ 0 \\ K_2 \end{bmatrix}}_{\text{Optie 2}} u$$

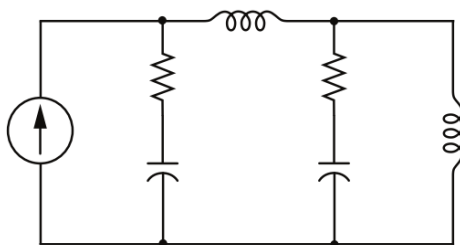
- d) Welk van de onderstaande circuits is het elektrische analogon van het suspensiesysteem? Bewijs uw antwoord door het afleiden van de bondgraaf behorende bij het circuit van uw keuze.



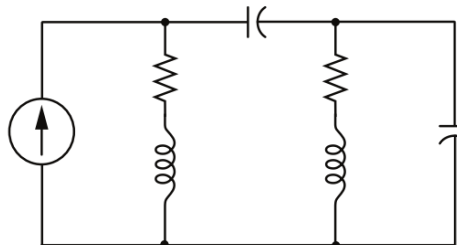
optie 1



optie 2



optie 3



optie 4