

# Oude tentamenopgaven

## **18-03-1998**

- [Opgave 1](#)
- [Opgave 2](#)
- [Opgave 3](#)
- [Opgave 4](#)
- [Opgave 5](#)
- [Opgave 6](#)

## **21-08-1998**

- [Opgave 1](#)
- [Opgave 2](#)
- [Opgave 3](#)
- [Opgave 4](#)
- [Opgave 5](#)
- [Opgave 6](#)

## **27-11-1998**

- [Opgave 1](#)
- [Opgave 2](#)
- [Opgave 3](#)
- [Opgave 4](#)
- [Opgave 5](#)
- [Opgave 6](#)

## **17-03-1999**

- [Opgave 1](#)
- [Opgave 2](#)
- [Opgave 3](#)
- [Opgave 4](#)
- [Opgave 5](#)

# Oude tentamenopgaven

- [Opgave 6](#)

## **20- 08- 1999**

- [Opgave 1](#)
- [Opgave 2](#)
- [Opgave 3](#)
- [Opgave 4](#)
- [Opgave 5](#)
- [Opgave 6](#)

## **11- 11- 1999**

- [Opgave 1](#)
- [Opgave 2](#)
- [Opgave 3](#)
- [Opgave 4](#)
- [Opgave 5](#)
- [Opgave 6](#)



*Last update:  
July 11, 2000*

[Vragen aan de docent](#)

# CHROMEL-ALUMEL THERMOCOUPLES

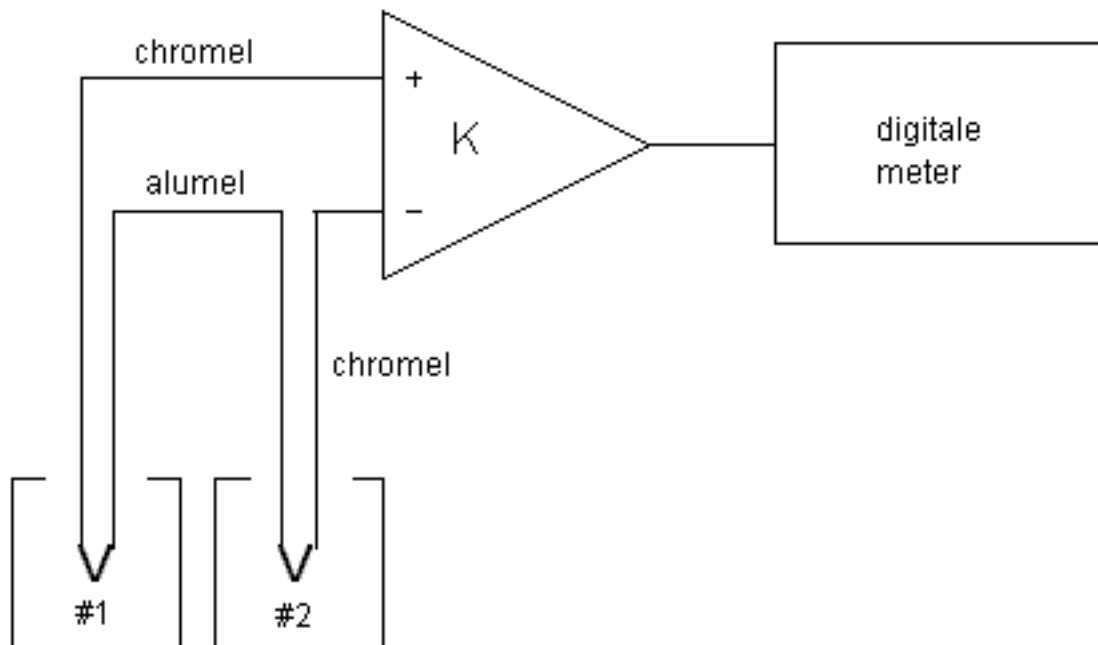
*Electromotive Force in Absolute Millivolts. Temperature in Degrees C (Int. 1948) Reference Junctions at 0 °C*

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-50	-1.86	-1.89	-1.93	-1.96	-2.00	-2.03	-2.07	-2.10	-2.13	-2.17
-40	-1.50	-1.54	-1.57	-1.61	-1.64	-1.68	-1.72	-1.75	-1.79	-1.82
-30	-1.14	-1.17	-1.21	-1.25	-1.28	-1.32	-1.36	-1.39	-1.43	-1.47
-20	-0.77	-0.80	-0.84	-0.88	-0.92	-0.95	-0.99	-1.03	-1.06	-1.10
-10	-0.39	-0.42	-0.46	-0.50	-0.54	-0.58	-0.62	-0.66	-0.69	-0.73
(-)0	-0.00	-0.04	-0.08	-0.12	-0.16	-0.20	-0.24	-0.28	-0.32	-0.35
(+)0	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.20	0.28	0.32	0.36
10	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.68	0.72	0.76
20	0.80	0.84	0.88	0.92	0.96	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16
30	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	1.49	1.53	1.57
40	1.61	1.65	1.69	1.73	1.77	1.81	1.85	1.90	1.94	1.98
50	2.02	2.06	2.10	2.14	2.18	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39
60	2.43	2.47	2.51	2.56	2.60	2.64	2.68	2.72	2.76	2.80
70	2.85	2.89	2.93	2.97	3.01	3.05	3.10	3.14	3.18	3.22
80	3.26	3.30	3.35	3.39	3.43	3.47	3.51	3.56	3.60	3.63
90	3.68	3.72	3.76	3.81	3.85	3.89	3.93	3.97	4.01	4.06
100	4.10	4.14	4.18	4.22	4.26	4.31	4.35	4.39	4.43	4.47
110	4.51	4.55	4.60	4.64	4.68	4.72	4.76	4.80	4.84	4.88
120	4.92	4.96	5.01	5.05	5.09	5.013	5.17	5.21	5.25	5.29
130	5.33	5.37	5.41	5.45	5.49	5.53	5.57	5.61	5.65	5.69
140	5.73	5.77	5.81	5.85	5.89	5.93	5.97	6.01	6.05	6.09
150	6.13	6.17	6.21	6.25	6.29	6.33	6.37	6.41	6.45	6.49

## Opgave 1

Men wil temperaturen in het bereik 0-100 °C meten met behulp van een chromel/alumel-thermokoppel (punt #1 in onderstaande figuur). De overdracht van deze sensor is gegeven in de bovenstaande tabel. Om te compenseren voor thermospanningen bij de verschillende contactpunten, wordt een tweede thermokoppel (punt #2 in onderstaande figuur) in serie met de eerste geschakeld. De tweede sensor is ondergedompeld in een mengsel van water en ijsblokjes. Verder is beschikbaar een differentieversterker

met een versterkingsfactor van  $K = 100,0$  en een digitale voltmeter.



- Wat is de temperatuur in punt #1 als de voltmeter 250 mV aanwijst?
- Wat is de aanwijzing van de voltmeter, als al het ijs gesmolten is en het water de omgevingstemperatuur van 23,0 °C heeft aangenomen?

([oplossing](#))

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 13 September 1999*

# Oplossing opgave 1

Als de meter  $0,25 \text{ V} = 250 \text{ mV}$  aanwijst, is de thermospanning ten opzichte van een referentie van  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  gelijk aan  $250 / 100 = 2,50 \text{ mV}$ . Volgens de tabel is de temperatuur dan  $62 \text{ }^\circ\text{C}$ . Bij  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  hoort volgens de tabel een thermospanning van  $0,92 \text{ mV}$ . Als het water de omgevingstemperatuur heeft aangenomen, wijst de meter dus  $100 \times (2,50 - 0,92) = 158 \text{ mV}$  aan.

---

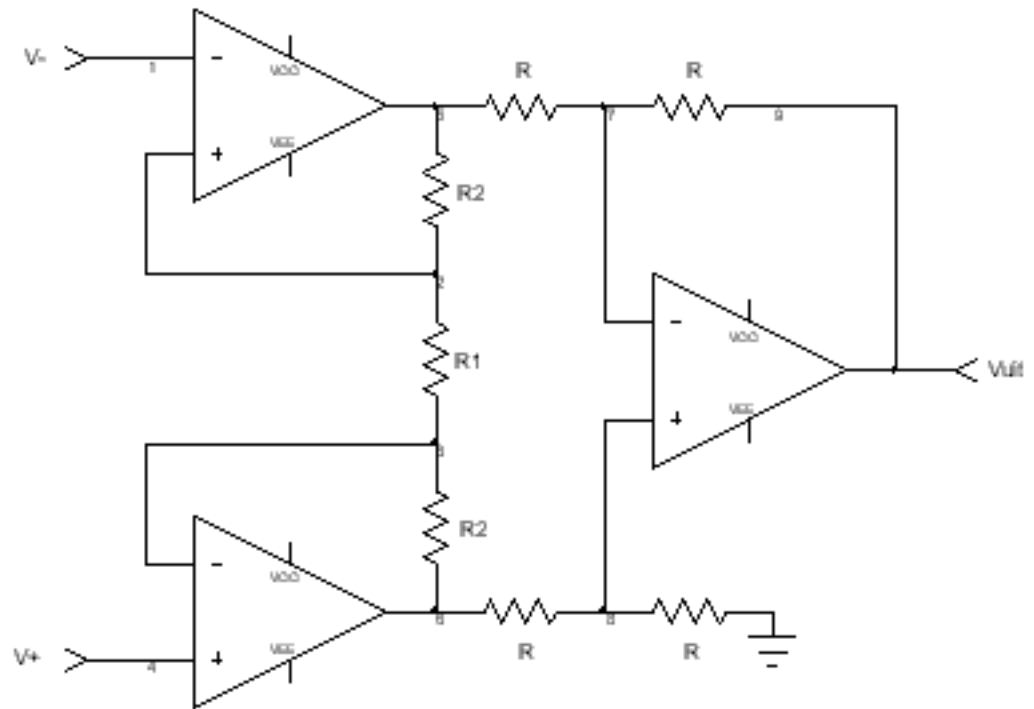
[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

# Opgave 2

Nevenstaande figuur geeft het schema van een eenvoudige uitvoering van een "instrumentatieversterker".

- Bepaal de overdracht  $A = V_{\text{uit}} / (V_+ - V_-)$ , waarbij mag worden aangenomen dat de OPAMPs ideale eigenschappen bezitten.



[\(oplossing\)](#)

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 12 September 1999*

# Oplossing opgave 2

$$V(2) = V(1) = V_-$$

$$V(3) = V(4) = V_+$$

$$I(R_1) = [V(3) - V(2)] / R_1 = (V_+ - V_-) / R_1$$

$$V(5) = V(2) - I(R_1) \times R_2 = V_- - I(R_1) \times R_2$$

$$V(6) = V(3) + I(R_1) \times R_2 = V_+ + I(R_1) \times R_2$$

$$\rightarrow V(6) - V(5) = V_+ - V_- + 2 \times I(R_1) \times R_2 = (1 + 2R_2/R_1) \times (V_+ - V_-)$$

$$V(7) = V(8) = V(6) / 2$$

$$\rightarrow V_{\text{uit}} = V(9) = V(7) + [V(7) - V(5)] = 2V(7) - V(5) = V(6) - V(5)$$

$$\rightarrow V_{\text{uit}} = (1 + 2R_2/R_1) \times (V_+ - V_-)$$

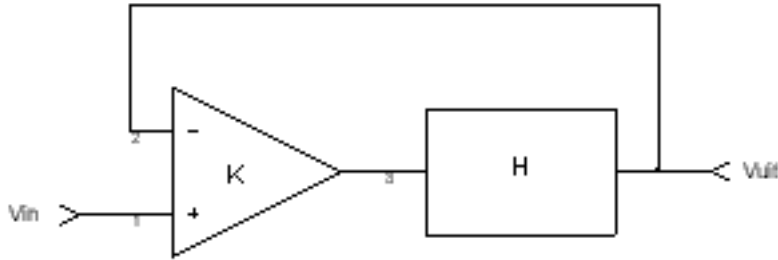
$$\rightarrow V_{\text{uit}} / (V_+ - V_-) = 1 + 2R_2/R_1$$

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

# Opgave 3

Een regelsysteem is opgebouwd volgens onderstaande figuur. De overdracht  $H$  is gegeven in de vorm van Bode-diagrammen voor  $\text{mod}(H)$  en  $\text{arg}(H)$  in [figuur A](#) respectievelijk [figuur B](#). De versterkingsfactor  $K = 10$  is onafhankelijk van de frequentie.



- Hoe groot is de fasemarge?
- Hoe groot is de versterkingsmarge?
- Bij welke versterkingsfactor van de verschilversterker gaat het teruggekoppelde systeem oscilleren en wat is in dat geval de oscillatiefrequentie?

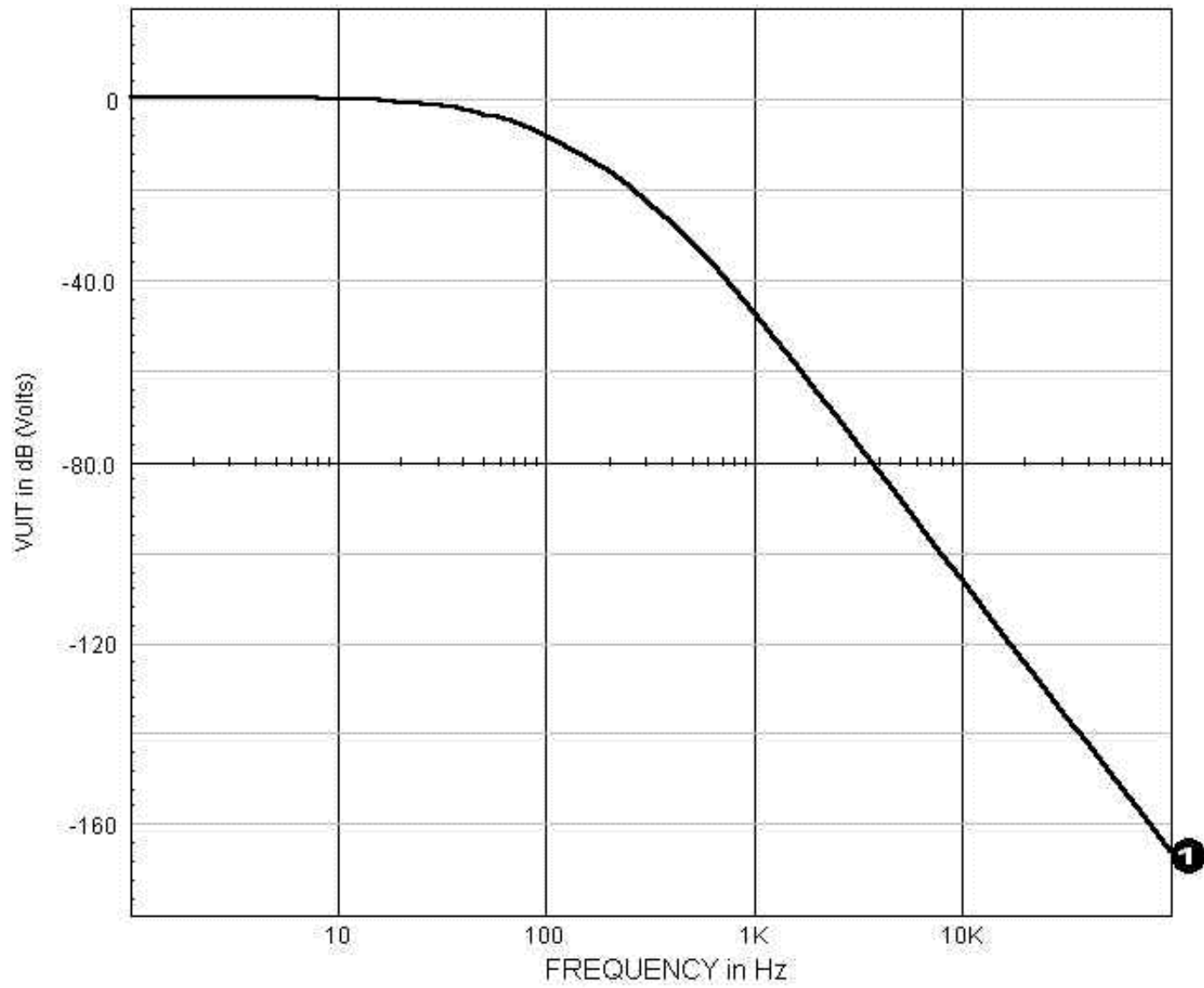
[\(oplossing\)](#)

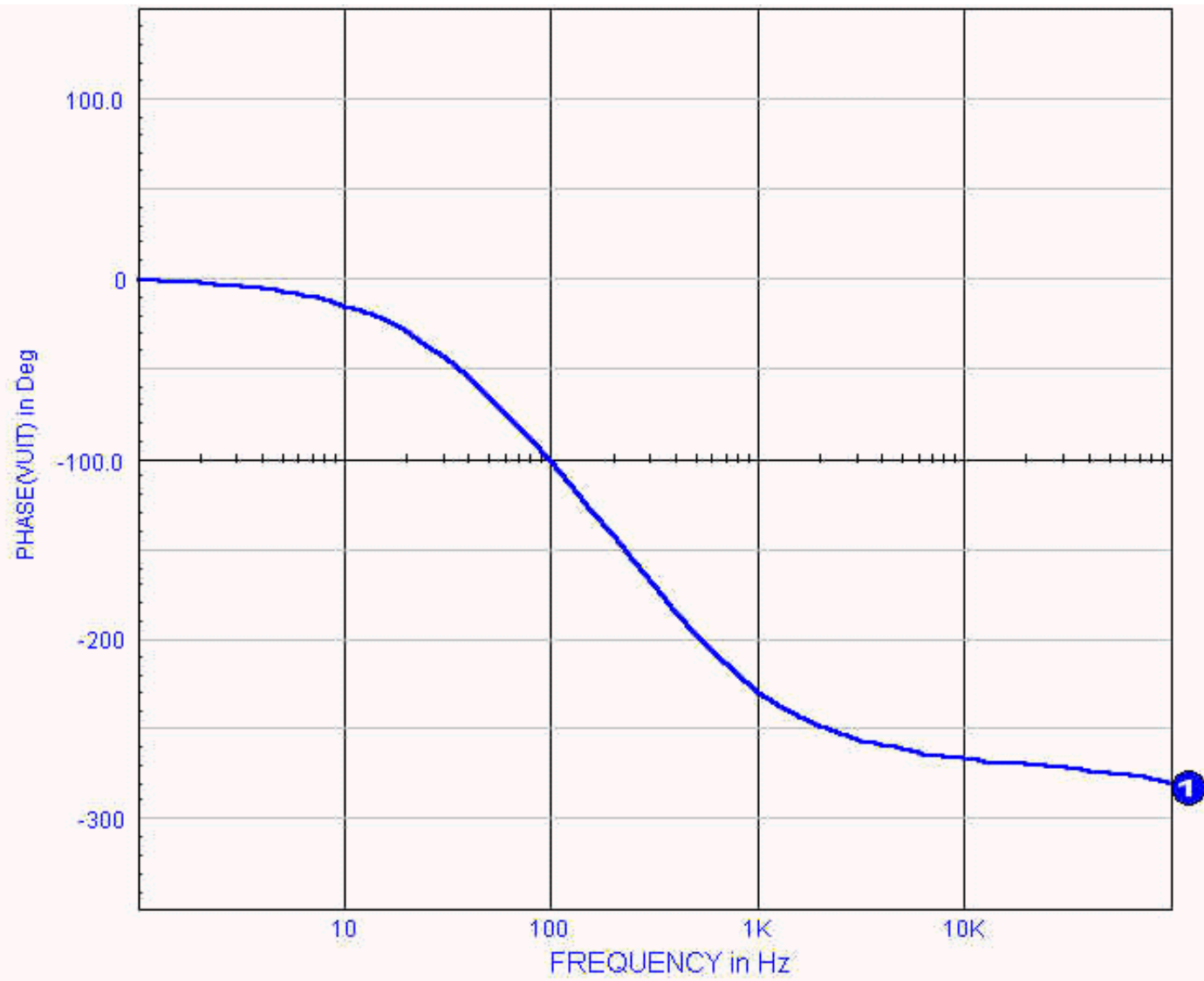
---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 12 September 1999*







# Oplossing opgave 3

rondgaande versterking is KH

$$\text{mod}(\text{KH}) = 10 \times \text{mod}(\text{H}) = 1$$

$$\rightarrow \text{mod}(\text{H}) = -20 \text{ db}$$

$$\rightarrow f = 270 \text{ Hz}$$

bij 270 Hz is  $\text{arg}(\text{KH}) = \text{arg}(\text{H}) = -160^\circ$

$$\rightarrow \text{fasemarge} = 20^\circ$$

$$\text{arg}(\text{KH}) = \text{arg}(\text{H}) = -180^\circ$$

$$\rightarrow f = 300 \text{ Hz}$$

bij 300 Hz is  $\text{mod}(\text{H}) = -26 \text{ db}$

$$\rightarrow \text{KH} = 20 \text{ dB} + (-26 \text{ db}) = -6 \text{ db}$$

$$\rightarrow \text{versterkingsmarge} = +6 \text{ db}$$

de schakeling oscilleert met frequentie  $f = 300 \text{ Hz}$  als  $\text{KH} = 1$

bij 300 Hz is  $\text{H} = 1/20$

$$\rightarrow \text{K} = 20$$

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

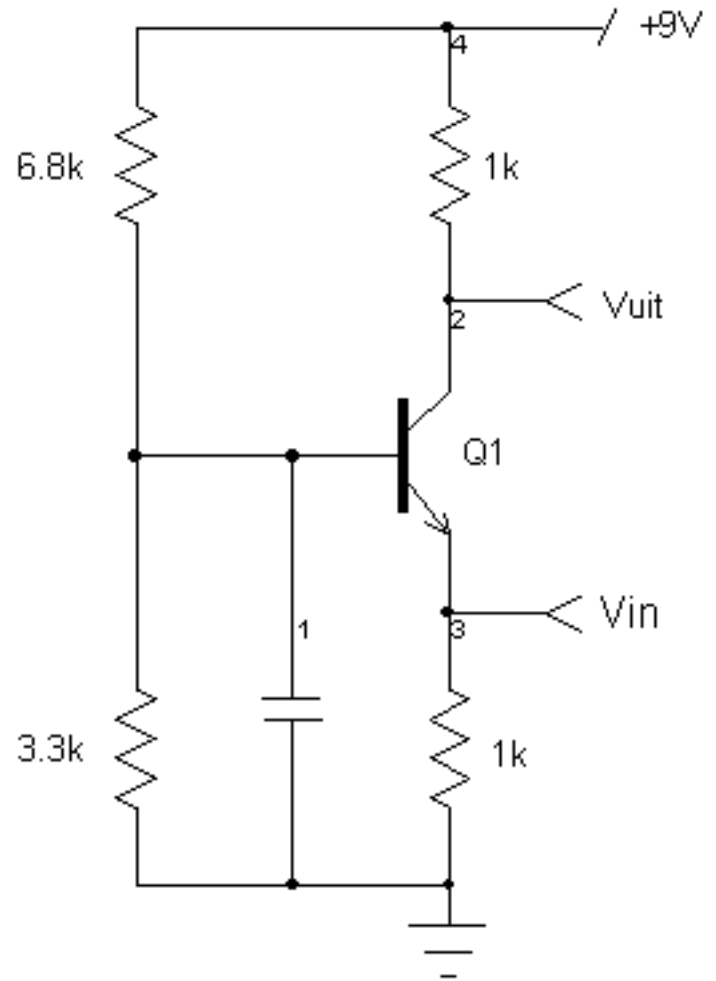
# Opgave 4

Bereken voor de schakeling in nevenstaande figuur:

- de DC-instelling, te weten  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $V_B$ ,  $V_E$  en  $V_C$ ;
- de in- en uitgangsimpedanties;
- de AC-spanningsversterking  $A_V = v_{\text{uit}} / v_{\text{in}}$ ; de condensator mag bij de beschouwde frequenties als kortsluiting worden opgevat.

Gegeven: 1)  $h_{FE} = h_{fe} = 200$

$$2) i_c / v_{be} = g_m = 40 I_C h_{fe} / h_{ie}$$



[\(oplossing\)](#)

*Frits Pleiter*

*Last modified on 12 October 1999*

# Oplossing opgave 4

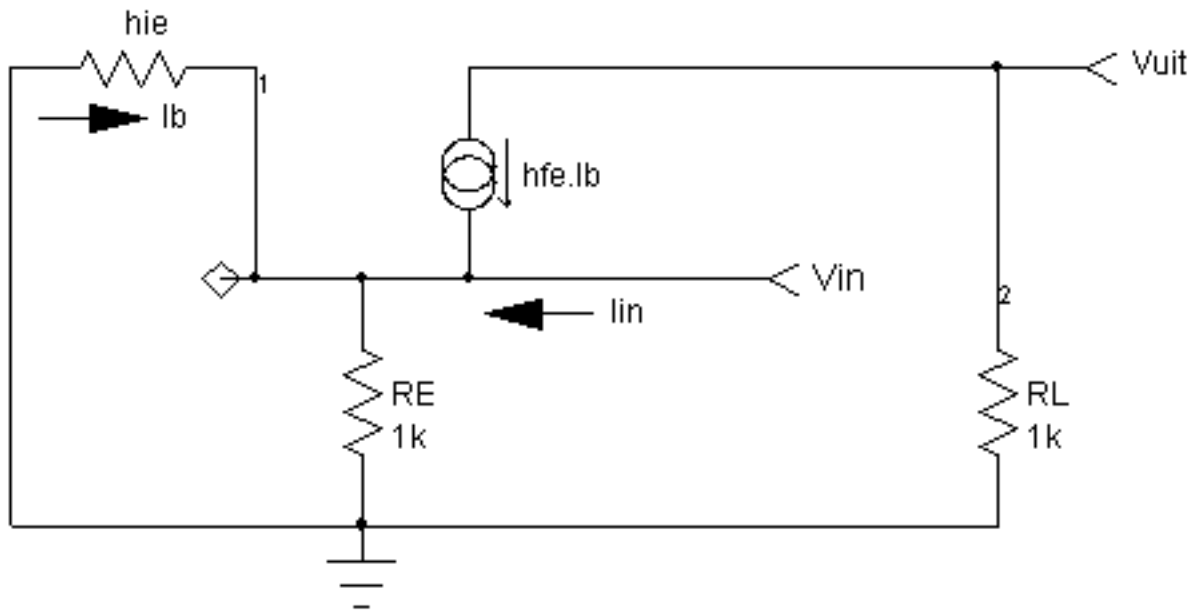
$$V_B = 9 \times 3,3k / (3,3k + 6,8k) = 2,9 \text{ V}$$

$$V_E = V_B - 0,7 \text{ V} = 2,9 - 0,7 = 2,2 \text{ V}$$

$$\rightarrow I_C = I_E = 2,2 / 1k = 2,2 \text{ mA}$$

$$\rightarrow I_B = I_C / h_{FE} = 2,2 \text{ mA} / 200 = 11 \mu\text{A} \text{ (is } \ll \text{ stroom door basis-keten)}$$

$$V_C = 9 - 2,2 \times 1 = 9 - 2,2 = 6,8 \text{ V}$$



$$g_m = 40 I_C = 40 \times 2,2 = 88 \text{ mA/V}$$

$$h_{ie} = h_{fe} / g_m = 200 / (88 \text{ mA/V}) = 2,3 \text{ k}$$

$$v_{in} = -h_{ie} \times i_b = [(1+h_{fe}) \times i_b + i_{in}] \times R_E = (1+h_{fe})R_E \times i_b + R_E \times i_{in}$$

$$\rightarrow R_E \times i_{in} = -[h_{ie} + (1+h_{fe})R_E] \times i_b$$

$$\rightarrow R_{in} = v_{in} / i_{in} = h_{ie} \times R_E / [h_{ie} + (1+h_{fe})R_E]$$

$$= h_{ie} / h_{fe} = 1 / g_m$$

$$\rightarrow R_{in} = 1 / (88 \text{ mA/V}) = 11$$

$$R_{uit} = R_C = 1 \text{ k}$$

$$v_{uit} = -h_{fe} \times i_b \times R_C$$

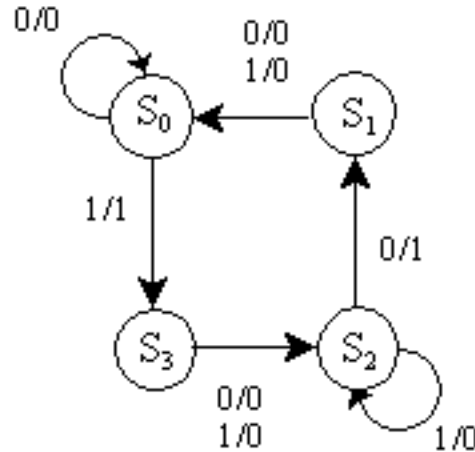
$$A_V = v_{uit} / v_{in} = h_{fe} \times R_C / h_{ie} g_m \times R_C = 88 \text{ mA/V} \times 1 \text{ k} = +88$$

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 12 October 1999*

# Opgave 5

Een automaat met een 1-bit ingang en een 1-bit uitgang wordt beschreven door het toestanden-diagram in nevenstaande figuur. De overgangen verlopen synchroon met de negatieve flank van een kloksignaal en zijn in het diagram gemerkt met een label X/Y, waarbij X de ingangswaarde vóór de overgang en Y de uitgangswaarde ná de overgang is.



- Ontwerp een circuit dat voldoet aan de beschrijving van de automaat. Maak hierbij gebruik van JK-flipflops van het type master-slave.
- Geef een elektronische realisatie van het ontwerp.

[\(oplossing\)](#)

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 29 September 1999*

# Oplossing opgave 5

oude toestand		nieuwe toestand	
Y	X	Y	
S <sub>0</sub>	0	0	S <sub>0</sub> 0
		1	S <sub>3</sub> 1
S <sub>1</sub>	1	0	S <sub>0</sub> 0
		1	S <sub>0</sub> 0
S <sub>2</sub>	0	0	S <sub>1</sub> 1
		1	S <sub>2</sub> 0
S <sub>3</sub>	1	0	S <sub>2</sub> 0
		1	S <sub>2</sub> 0

oude toestand				nieuwe toestand			aansturing			
Y	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	X	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	J <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	J <sub>0</sub>	K <sub>0</sub>	
S <sub>0</sub>	0	0	0	0	S <sub>0</sub> 0 0	0	x	0	x	
				1	S <sub>3</sub> 1 1	1	x	1	x	
S <sub>1</sub>	1	0	1	0	S <sub>0</sub> 0 0	0	x	x	1	
				1	S <sub>0</sub> 0 0	0	x	x	1	
S <sub>2</sub>	0	1	0	0	S <sub>1</sub> 0 1	x	1	1	x	
				1	S <sub>2</sub> 1 0	x	0	0	x	
S <sub>3</sub>	1	1	1	0	S <sub>2</sub> 1 0	x	0	x	1	
				1	S <sub>2</sub> 1 0	x	0	x	1	

	Q <sub>1</sub> Q <sub>0</sub>	00	01	11	10
X					
0		0	0	x	x
1		1	0	x	x

$$J_1 = X \cdot \overline{Q_0}$$

	$Q_1Q_0$	00	01	11	10
X					
0		x	x	0	1
1		x	x	0	0

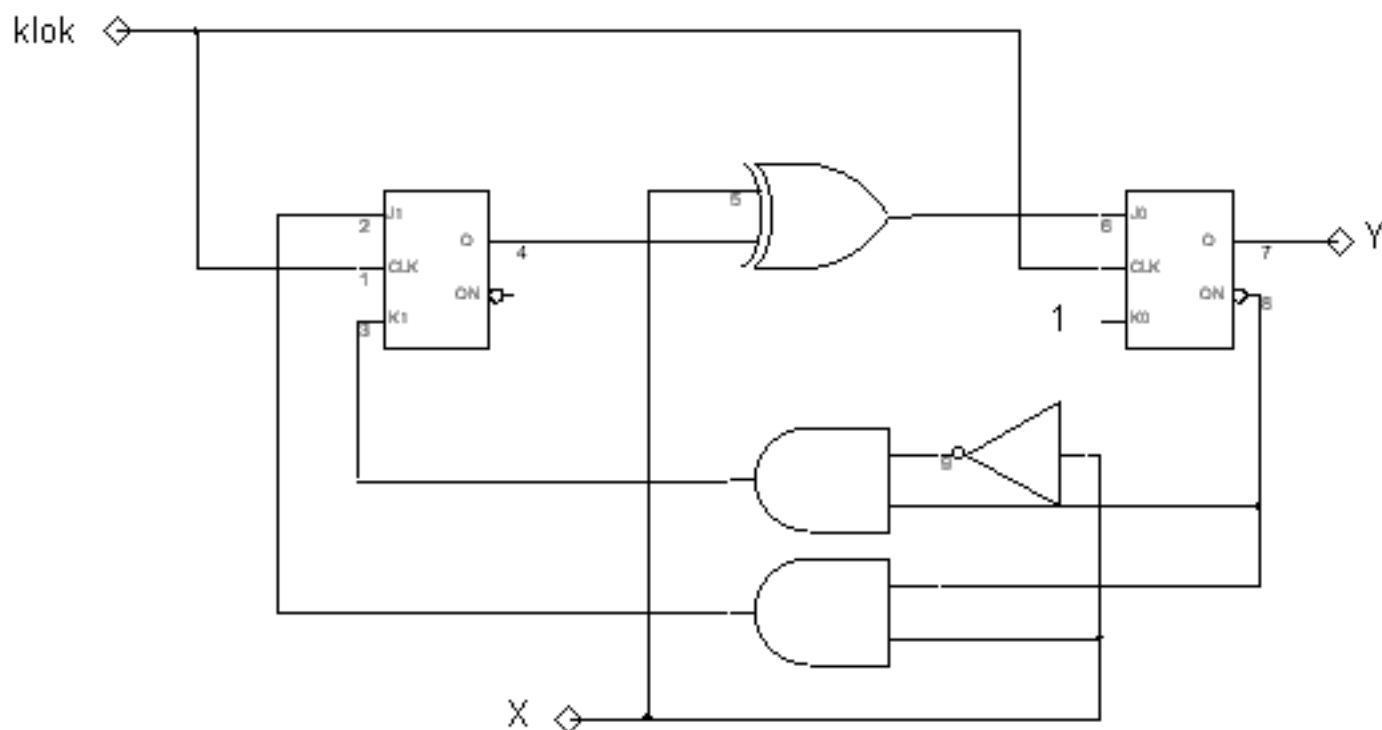
$$K_1 = \overline{X} \cdot \overline{Q_0}$$

	$Q_1Q_0$	00	01	11	10
X					
0		0	x	x	1
1		1	x	x	0

$$J_0 = \overline{X} \cdot Q_1 + X \cdot \overline{Q_1} = X \oplus Q_1$$

	$Q_0$	0	1
$Q_1$			
0		0	1
1		0	1

$$Y = Q_0$$



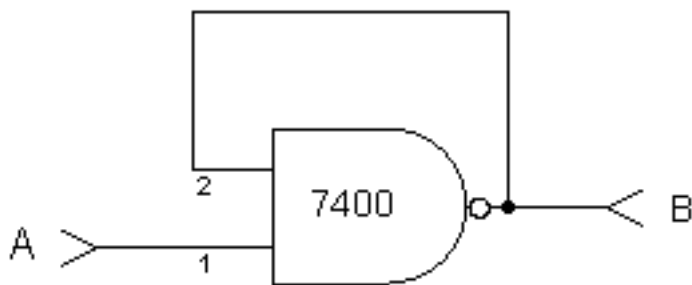


switching characteristics,  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$

PARAMETER	FROM	TO	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$t_{PLH}$	input	output	$R_L = 400\text{ ohm}$ , $C_L = 15\text{ pF}$	-	11	22	ns
$t_{PHL}$	input	output	$R_L = 400\text{ ohm}$ , $C_L = 15\text{ pF}$	-	7	15	ns

## Opgave 6

Gegeven is de logische schakeling in onderstaand figuur. Enkele relevante fabrieksgegevens van de hierin opgenomen NAND-poort staan in de bovenstaande tabel.



- Schets het verloop van de uitgangsspanning B als functie van de tijd voor het geval dat de ingang A de logische waarde 0 heeft.
- Schets het verloop van de uitgangsspanning B als functie van de tijd voor het geval dat de ingang A de logische waarde 1 heeft.

Voorzie beide coördinaatassen van een duidelijke schaalverdeling en bijbehorende eenheden.

([oplossing](#))

---

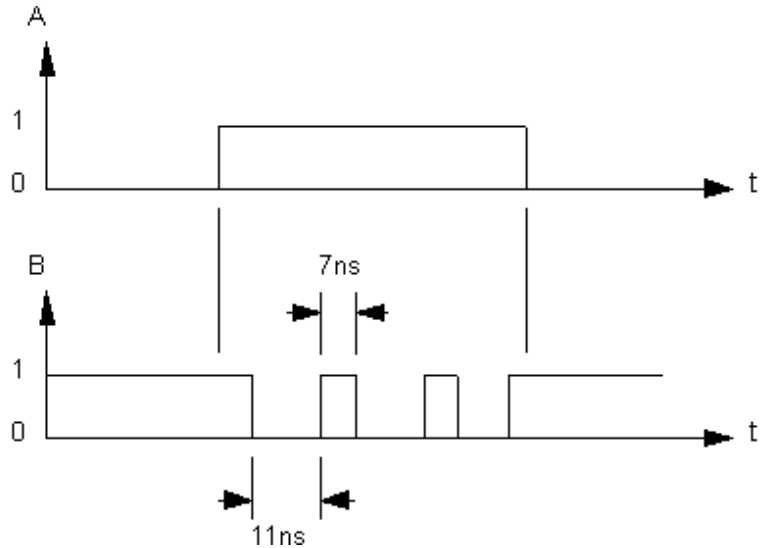
[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

# Oplossing opgave 6

	B	0	1
A			
0		1	1
1		1	0

$$\overline{A \cdot B}$$



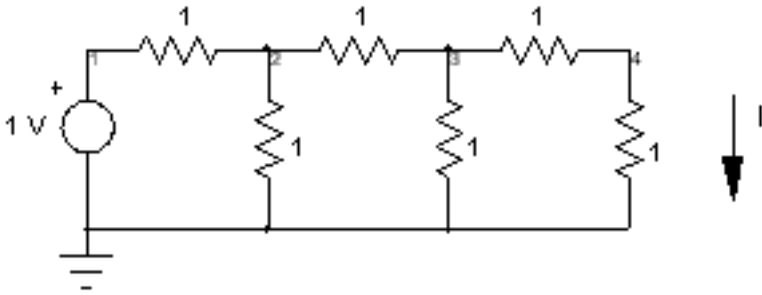
Volgens het Karnaugh-diagram van de NAND is de uitgang  $B = 1$  zolang de ingang  $A = 0$ .

Zodra de ingang  $A = 1$  wordt, zal de NAND proberen om de uitgangswaarde  $B$  te invertieren, echter met een vertraging gelijk aan de *propagation delay*. Volgens de fabrieksgegevens zijn de *typical values* van deze delay  $t_{pLH} = 11 \text{ ns}$  en  $t_{pHL} = 7 \text{ ns}$ . De uitgang is dus (in principe) een blokgolf met een periode van  $11 \text{ ns}$  (laag) +  $7 \text{ ns}$  (hoog) =  $18 \text{ ns}$ . De frequentie van deze klokpulsgenerator is dus  $f = 1 / 18 \text{ ns} = 55.6 \text{ MHz}$ . Met het signaal  $A$  kan men de generator naar believen aan- en uitzetten.

[Frits Pleiter](#)

Last modified on 7 October 1999

# Opgave 1



Gegeven is de schakeling in bovenstaande figuur.

- Bereken de stroom  $I$ .

*Aanwijzing: maak gebruik van Thévenin.*

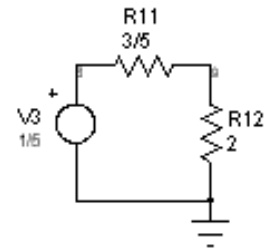
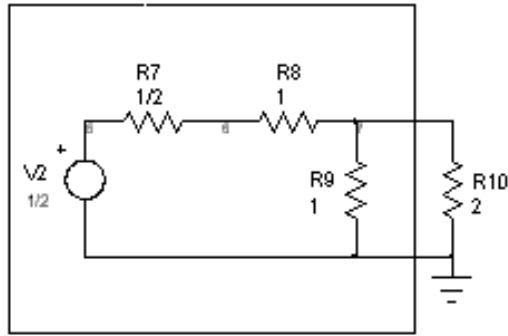
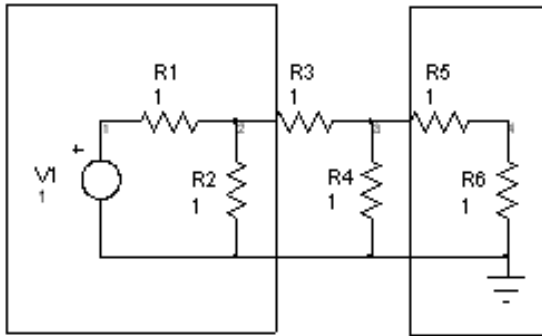
[\(oplossing\)](#)

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 13 September 1999*

# Oplossing opgave 1



$$R_7 = R_1 // R_2 = 1/2$$

$$V_2 = V_1 \times R_7 / R_1 \\ = 1 \times 1/2 = 1/2$$

$$R_8 = R_3 = 1$$

$$R_9 = R_4 = 1$$

$$R_{10} = R_5 + R_6 = 2$$

$$R_{11} = (R_7 + R_8) // R_9 \\ = (3/2) // 1 = 3/5$$

$$R_{12} = R_{10} = 2$$

$$V_3 = V_2 \times R_{11} / (R_7 + R_8) \\ = (1/2) \times (3/5) / (3/2) = 1/5$$

$$I = V_3 / (R_{11} + R_{12}) \\ = (1/5) / (3/5 + 2) = 1/13$$

[Frits Pleiter](#)

Last modified on 2 October 1999

# Opgave 2

De schakeling in nevenstaande figuur geeft het schema van een low-pass-filter van de tweede orde. De OPAMP mag als ideaal worden beschouwd. Verder is  $C_1 = C_2 = C$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = R$  en  $R_4 = (\alpha - 1)R$ .

- Toon aan dat de overdracht  $A = V_{\text{uit}} / V_{\text{in}}$  van het filter geschreven kan worden als:

$$A = \frac{\alpha}{1 - (\omega RC)^2 + j\omega RC(3 - \alpha)}$$

- Schets de Bode-diagrammen voor fase en amplitude voor het geval dat  $\alpha = 1$ .
- Toon vervolgens aan dat voor de faseverschuiving  $= \arg(A)$  geldt:

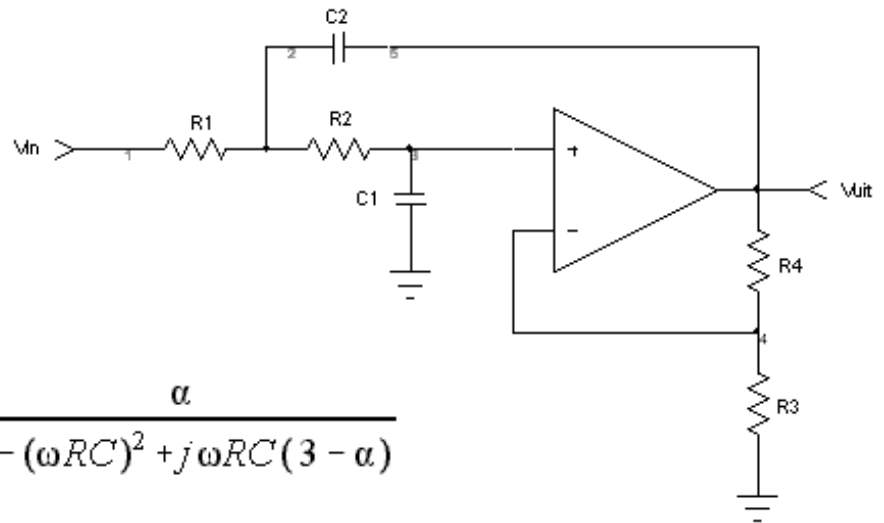
$$-\frac{d\phi}{d\omega} = (3 - \alpha)RC \frac{1 + (\omega RC)^2}{1 + [(3 - \alpha)^2 - 2](\omega RC)^2 + (\omega RC)^4}$$

- Voor een Bessel-filter is de faseverschuiving in het doorlaatgebied een lineaire functie van de frequentie. Voor welke waarde van wordt dit zo goed mogelijk bereikt?
- Leg uit waarom een Bessel-filter een nagenoeg ideale overdracht in het tijd-domein heeft.

[\(oplossing\)](#)

[Frits Pleiter](#)

Last modified on 12 September 1999



# Oplossing opgave 2

$$V_+ = V_- = V_{\text{uit}} / \text{alfa}$$

superpositiebeginsel in punt 2 levert (met  $Z_C = 1/j\omega C$ ):

$$\begin{aligned} V_2 &= V_{\text{in}}(R/Z_C) / \{R+(R/Z_C)\} + V_+(R/Z_C) / \{R+(R/Z_C)\} + V_{\text{uit}}(R/2) / \{(R/2)+Z_C\} \\ &= V_{\text{in}} / (2+j\omega RC) + V_+ / (2+j\omega RC) + V_{\text{uit}}(j\omega RC) / (2+j\omega RC) \end{aligned}$$

verder is  $V_2 = V_+(1+j\omega RC)$ , zodat:

$$(V_{\text{uit}}/\text{alfa})(1+j\omega RC) = V_{\text{in}} / (2+j\omega RC) + (V_{\text{uit}}/\text{alfa}) / (2+j\omega RC) + V_{\text{uit}}(j\omega RC) / (2+j\omega RC)$$

$$(V_{\text{uit}}/\text{alfa})\{1-(\omega RC)^2+j\omega RC(3-\text{alfa})\} = V_{\text{in}}$$

hieruit volgt onmiddellijk de onder (a) gevraagde uitdrukking

$$\phi = -\arctg[\omega RC(3-\text{alfa})/\{1-(\omega RC)^2\}] = -\arctg(X)$$

$$-d(\phi)/d\omega = (1+X^2)^{-1} \times dX/d\omega$$

$$= [1+(3-\text{alfa})^2(\omega RC)^2 / \{1-(\omega RC)^2\}^2]^{-1}$$

$$\times [RC(3-\text{alfa})\{1-(\omega RC)^2\} + \omega RC(3-\text{alfa})\{2\omega RC\}^2] / \{1-(\omega RC)^2\}^2$$

$$= (3-\text{alfa})RC\{1+(\omega RC)^2\} / [1+\{(3-\text{alfa})^2-2\}(\omega RC)^2+(\omega RC)^4]$$

$$= (3-\text{alfa})RC\{1+(\omega RC)^2\} / [1+\{(3-\text{alfa})^2-2\}(\omega RC)^2]$$

(immers in het doorlaatgebied is de term  $(\omega RC)^4 \ll 1$  en mag dus verwaarloosd worden)

$\phi$  is een lineaire functie van de frequentie als  $d(\phi)/d\omega$  niet van de frequentie afhangt

dit is het geval als  $(3-\text{alfa})^2-2 = 1$

$$\rightarrow 3-\text{alfa} = 3^{1/2}$$

$$\rightarrow \text{alfa} = 1,268$$

$$\rightarrow d(\phi)/d\omega = -3^{1/2}RC$$

alle frequentiecomponenten van hetingangssignaal hebben dezelfde *propagation delay*

$\rightarrow$  geen vervorming van het signaal

---

[Frits Pleiter](#)

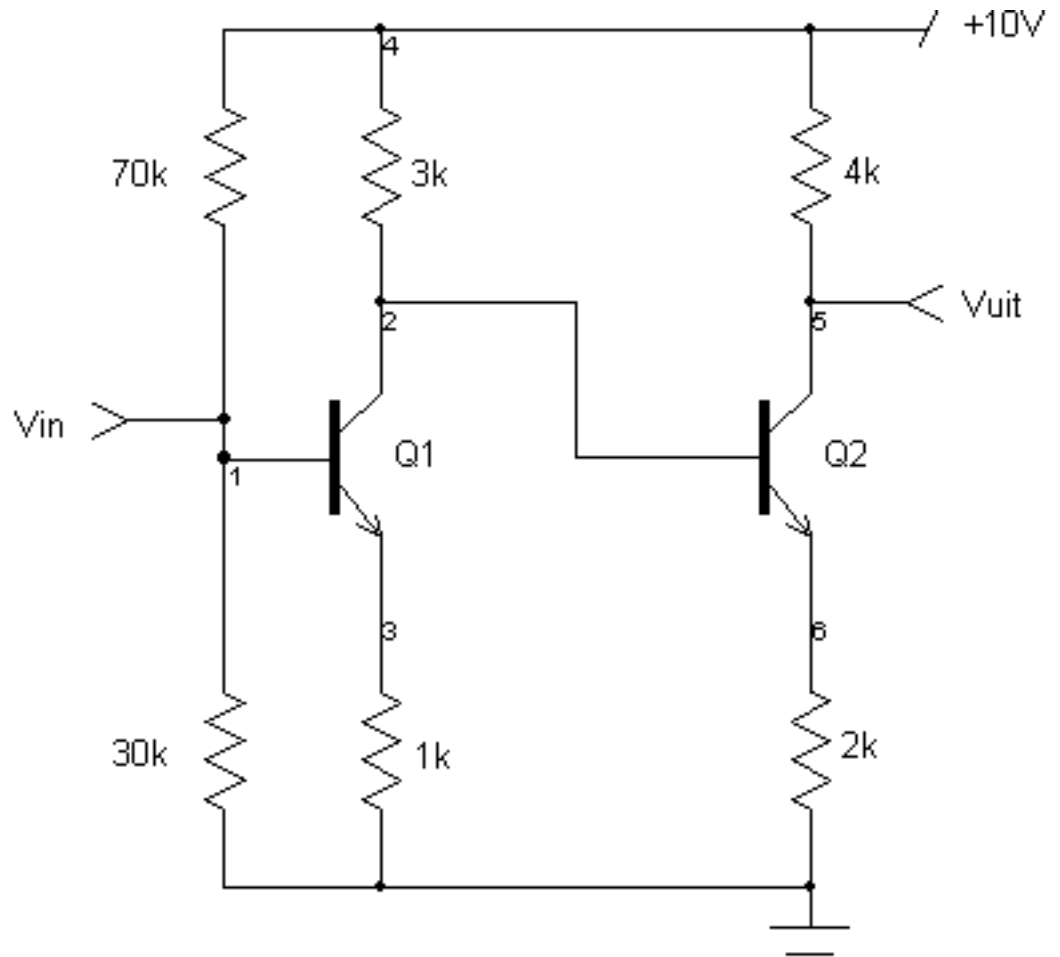
*Last modified on 2 October 1999*

# Opgave 3

Bereken voor de tweetraps-versterker in nevenstaande figuur:

- de DC-instelling  $I_{C1}$  en  $I_{C2}$
- de spanningsversterking van de eerste trap;
- de spanningsversterking van de tweede trap;
- de overall spanningsversterking  $A_V = v_{uit} / v_{in}$ .

Gegeven: 1)  $h_{FE1} = h_{FE2} = h_{fe1} = h_{fe2} = 200$   
 2)  $i_c / v_{be} = g_m = 40 I_C h_{fe} / h_{ie}$



[\(oplossing\)](#)

[Frits Pleiter](#)

Last modified on 12 October 1999

# Oplossing opgave 3

*eerst transistor 1:*

$$V_{B1} = 10 \times 30k / (30k + 70k) = 3 \text{ V}$$

$$V_{E1} = 3 - 0,7 = 2,3 \text{ V}$$

$$I_{C1} = I_{E1} = 2,3 / 1k = 2,3 \text{ mA}$$

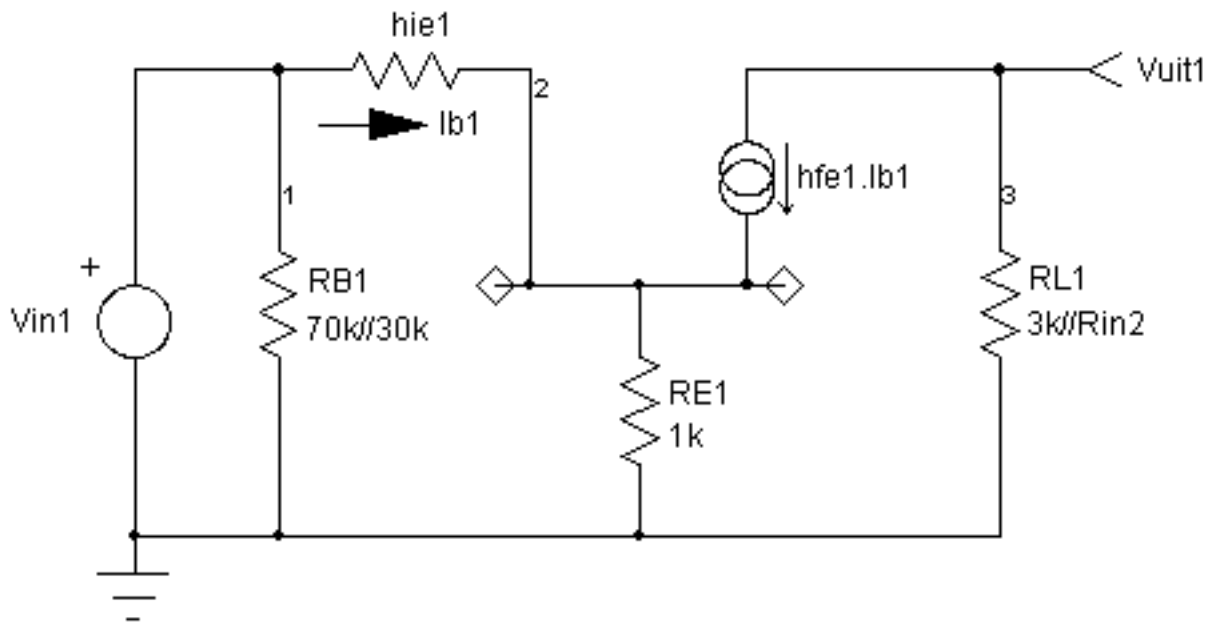
$$V_{C1} = 10 - 2,3 \times 3 = 10 - 6,9 = 3,1 \text{ V}$$

*dan transistor 2:*

$$V_{B2} = V_{C1} = 3,1 \text{ V}$$

$$V_{E2} = 3,1 - 0,7 = 2,4 \text{ V}$$

$$I_{C2} = I_{E2} = 2,4 / 2k = 1,2 \text{ mA}$$



*nu spanningsversterking eerste trap:*

$$v_{in1} = i_{b1} \times R_{in1} = i_{b1} \times [h_{ie1} + (1+h_{fe1})R_{E1}] = i_{b1} \times h_{fe1} R_{E1}$$

$$v_{uit1} = -h_{fe1} i_{b1} \times (R_{C1} // R_{in2}) = -h_{fe1} i_{b1} \times R_{C1}$$

$$\rightarrow A_{V1} = v_{uit1} / v_{in1} = -h_{fe1} \times R_{C1} / (h_{fe1} \times R_{E1}) = -R_{C1} / R_{E1} = -3k / 1k = -3$$

*spanningsversterking tweede trap gaat net zo:*

$$\rightarrow A_{V2} = -R_{C2} / R_{E2} = -4k / 2k = -2$$

*overall spanningsversterking:*

$$A_V = v_{uit} / v_{in} = (v_{uit2} / v_{in2}) \times (v_{uit1} / v_{in1}) = -2 \times -3 = +6$$

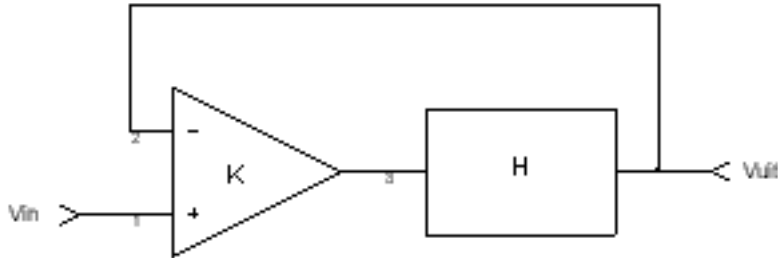
[Frits Pleiter](#)



*Last modified on 12 October 1999*

# Opgave 4

Een regelsysteem is opgebouwd volgens onderstaande figuur. De overdracht  $H$  is gegeven in de vorm van Bode-diagrammen voor  $\text{mod}(H)$  en  $\text{arg}(H)$  in [figuur A](#) respectievelijk [figuur B](#). De versterkingsfactor  $K = 10$  is onafhankelijk van de frequentie.



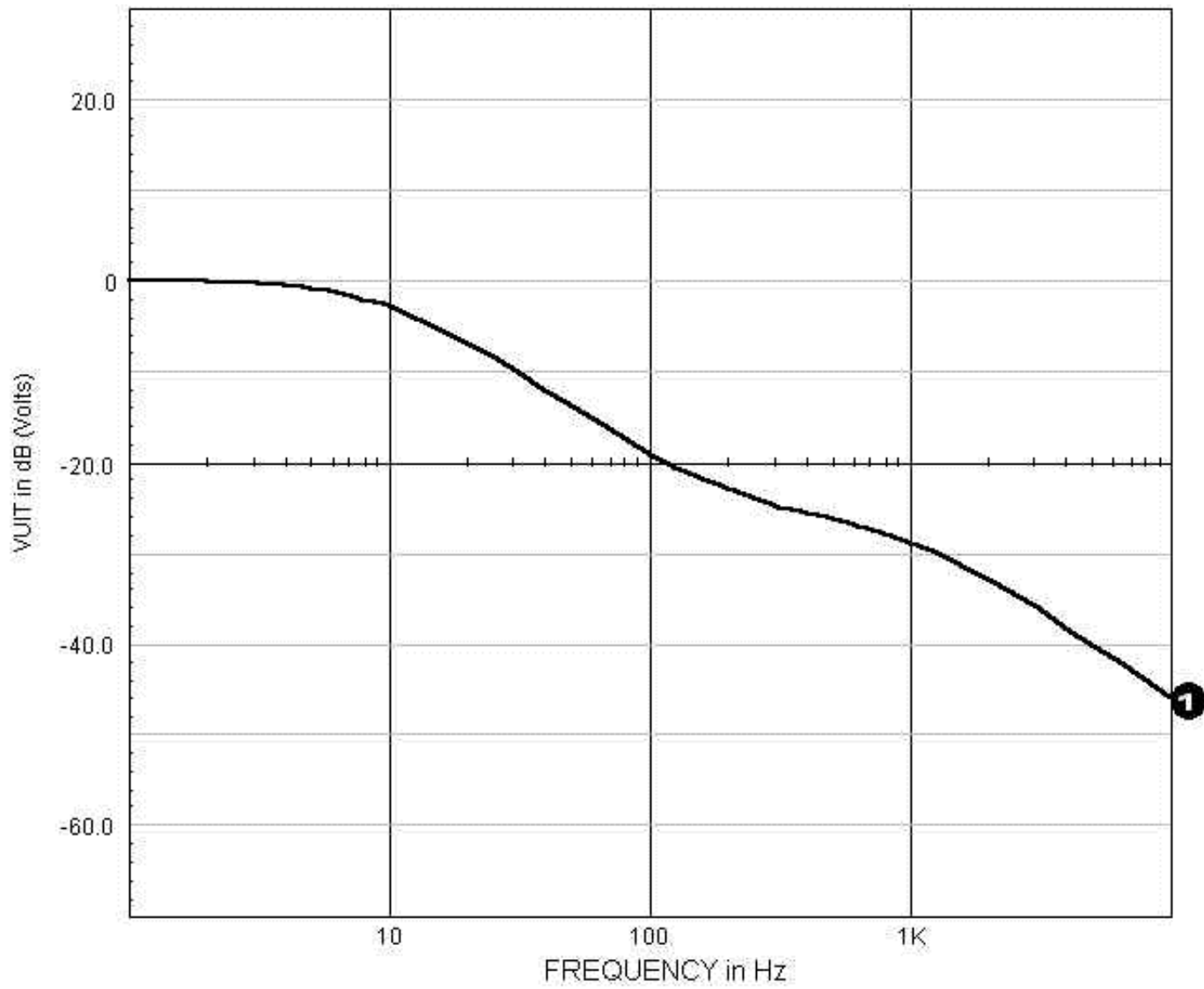
- Bepaal de fasemarge.
- Bepaal de versterkingsmarge.
- Toon aan dat voor de grootte van het relatieve verschilsignaal geldt:  $v_{\text{uit}} - v_{\text{in}} / v_{\text{in}} = 1 / 1 + KH$ .
- Bepaal het frequentiebereik waarin het relatieve verschilsignaal kleiner is dan 20%.

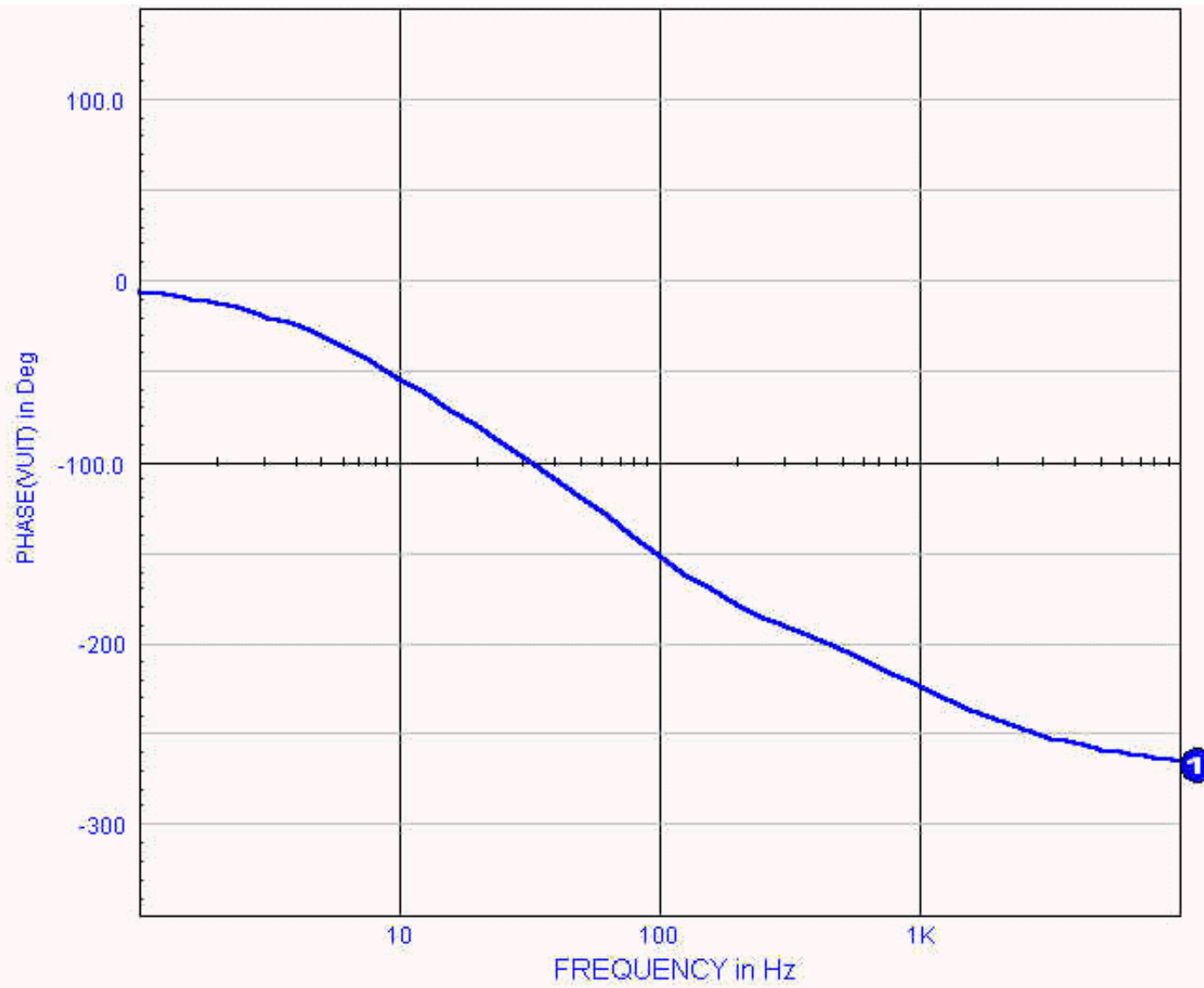
([oplossing](#))

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 12 September 1999*





# Oplossing opgave 4

rondgaande versterking is KH

$$\text{mod}(KH) = 10 \times \text{mod}(H) = 1$$

$$\rightarrow \text{mod}(H) = -20 \text{ db}$$

$$\rightarrow f = 110 \text{ Hz}$$

$$\text{bij } 110 \text{ Hz is } \arg(KH) = \arg(H) = -155^\circ$$

$$\rightarrow \text{fasemarge} = 25^\circ$$

$$\arg(KH) = \arg(H) = -180^\circ$$

$$\rightarrow f = 250 \text{ Hz}$$

$$\text{bij } 250 \text{ Hz is } \text{mod}(H) = -25 \text{ db}$$

$$\rightarrow KH = 20 \text{ dB} + (-25 \text{ dB}) = -5 \text{ dB}$$

$$\rightarrow \text{versterkingsmarge} = +5 \text{ dB}$$

$$v_{\text{uit}} = KH \times (v_{\text{in}} - v_{\text{uit}})$$

$$\rightarrow v_{\text{uit}} / v_{\text{in}} = KH / (1+KH)$$

$$\rightarrow (v_{\text{uit}} - v_{\text{in}}) / v_{\text{in}} = -1 / (1+KH)$$

$$1 / 1+KH < 0,2$$

$$\rightarrow KH = 10 \times H > 5$$

$$\rightarrow H > 0,5$$

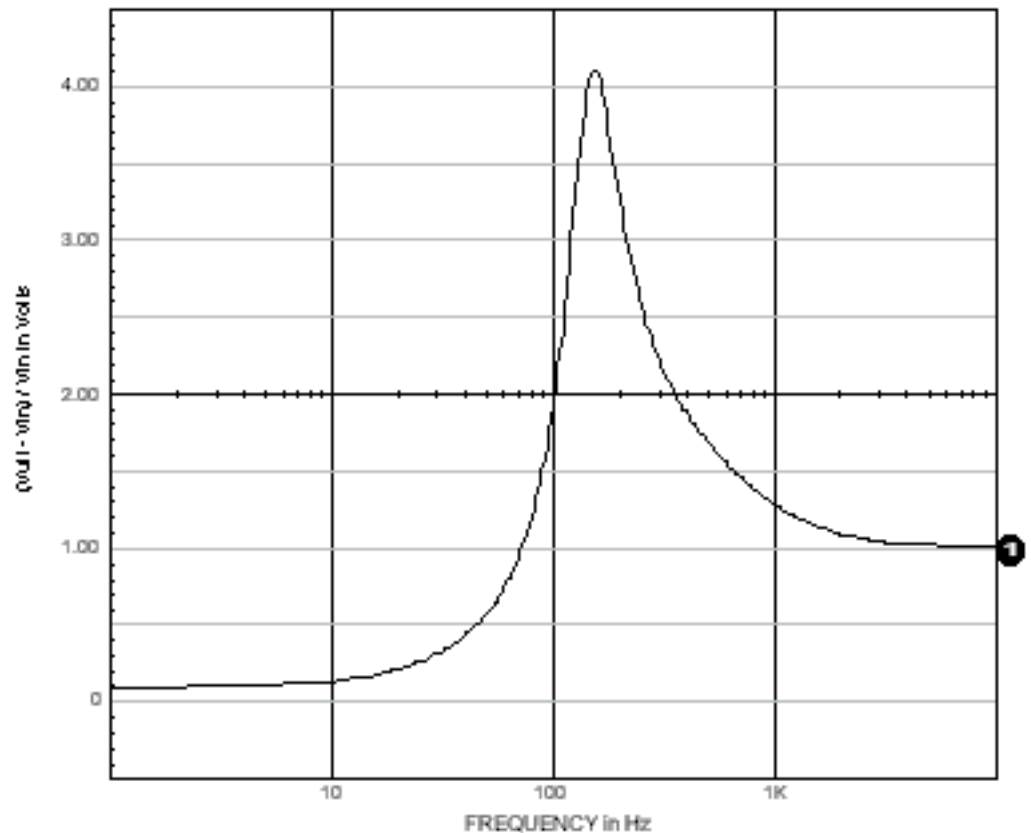
$$\rightarrow H > -6 \text{ db}$$

$$\rightarrow f < 18 \text{ Hz}$$

ICAP-simulatie ->

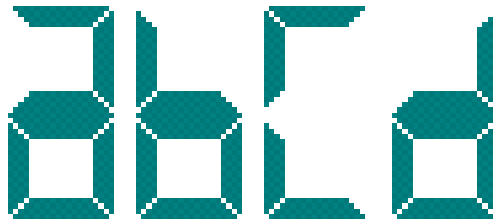
[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October  
1999*



# Opgave 5

Men wil de cijfers {0,1,2,3} omzetten naar de letters {a,b,c,d} en deze afbeelden met behulp van een 7-segment LED-display (zie onderstaande figuur). De cijfers zijn beschikbaar in de vorm van BCD-code.



- Ontwerp een circuit waarmee het LED-display kan worden aangestuurd.
- Geef een elektronische realisatie van het ontwerp.

[\(oplossing\)](#)

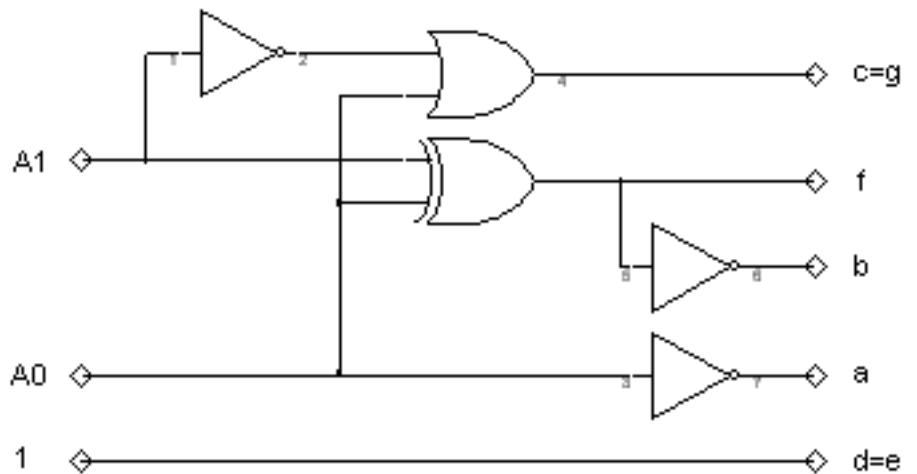
---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 28 September 1999*

# Oplossing opgave 5

cijfer	BCD-code				a	b	c	d
	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>				
0	x	x	0	0	1	1	1	1
1	0	1						
1	x	x	0	1	0	0	1	1
1	1	1						
2	x	x	1	0	1	0	0	1
1	1	0						
3	x	x	1	1	0	1	1	1
1	0	1						



merk op dat  $b = (\text{not})f$ ,  $d = e = 1$  en  $c = g$

	A <sub>0</sub>	0	1
A <sub>1</sub>			
0		1	0
1		1	0

$$a = \overline{A_0}$$

	A <sub>0</sub>	0	1
A <sub>1</sub>			
0		1	1
1		0	1

$$c = g = \overline{A_1} + A_0$$

	A <sub>0</sub>	0	1
A <sub>1</sub>			
0		1	0
1		0	1

$$b = \overline{A_1 \oplus A_0} = \overline{f}$$

[Frits Pleiter](#)

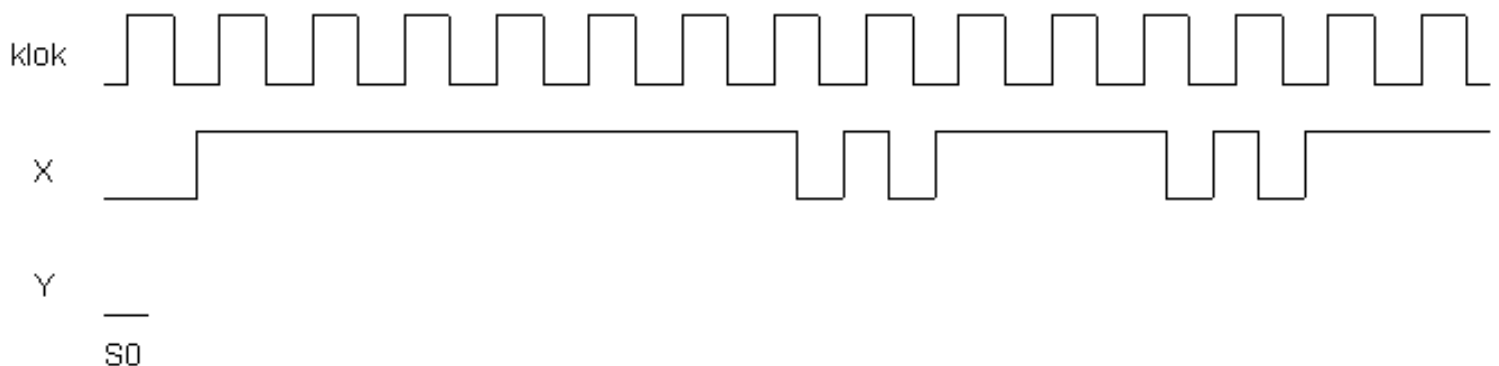
Last modified on 11 October 1999

# Opgave 6

Een sequentiële systeem met 1 ingang (X), 1 uitgang (Y) en 7 toestanden ( $S_0$  t/m  $S_6$ ) wordt beschreven door onderstaande toestandentabel.

huidige toestand	uitgang (Y)	ingang (X)	volgende toestand
$S_0$	0	0 1	$S_0$ $S_1$
$S_1$	0	0 1	$S_2$ $S_3$
$S_2$	1	0 1	$S_0$ $S_3$
$S_3$	0	0 1	$S_4$ $S_5$
$S_4$	0	0 1	$S_0$ $S_5$
$S_5$	1	0 1	$S_6$ $S_5$
$S_6$	0	0 1	$S_0$ $S_5$

- Elimineer eventuele redundante toestanden.
- Teken het overgangsdigram. Voorzie elke overgang duidelijk met een label X/Y.
- De overgangen verlopen synchroon met de negatieve flank van een kloksignaal. In onderstaande figuur zijn het kloksignaal en de ingangswaarde X gegeven als functie van de tijd. Het systeem is aanvankelijk in toestand  $S_0$ . Teken het verloop van de uitgang Y, en wel zodanig dat de relatie met de flanken van het kloksignaal duidelijk is. Geef eveneens duidelijk aan in welke toestand het systeem zich bevindt.



[\(oplossing\)](#)

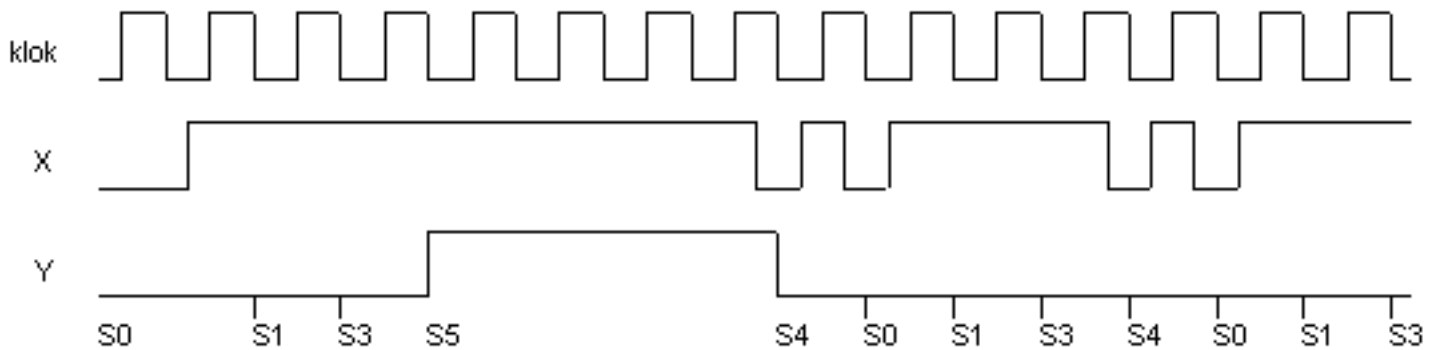
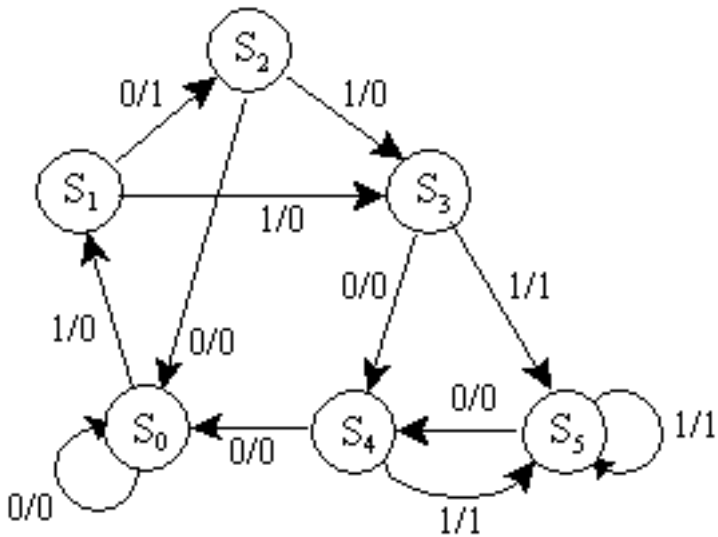
[Frits Pleiter](#)

Last modified on 6 October 1999



# Oplossing opgave 6

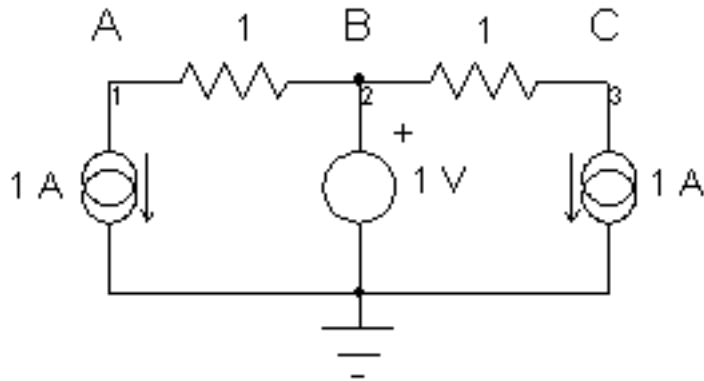
toestand  $S_4$  en  $S_6$  hebben dezelfde in- en uitgangseigenschappen  
 -> toestand  $S_6$  kan geëlimineerd worden



[Frits Pleiter](#)

Last modified on 7 October 1999

# Opgave 1



Gegeven is de schakeling in bovenstaande figuur, waarin opgenomen een spanningsbron, twee stroombronnen en twee weerstanden van elk 1 ohm.

- Bereken de spanning in de punten A, B en C.

*Let wel: Beschrijf duidelijk hoe  $U$  tot de oplossing komt; het numerieke resultaat (ook al is het goed) levert op zich geen punten op!*

[\(oplossing\)](#)

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 13 September 1999*

# Oplossing opgave 1

punt B hangt rechtstreeks aan de spanningsbron

$$\rightarrow V_B = +1 \text{ V}$$

door de weerstanden van 1 ohm loopt een stroom van 1 A, waardoor de spanning in de punten A en C met 1 volt zakt ten opzichte van de spanning in punt B

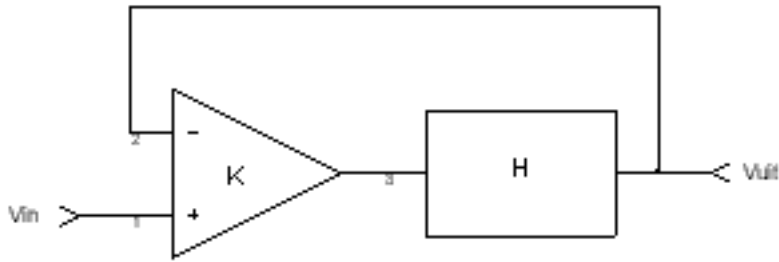
$$\rightarrow V_A = V_C = V_B - 1 = 0 \text{ V}$$

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

# Opgave 2



Een regelsysteem is opgebouwd volgens bovenstaande figuur. De overdracht H is

$$H(f) = \frac{1}{(1 + jf/f_1)(1 + jf/f_2)(1 + jf/f_3)}$$

met  $f_1 = 10$  kHz,  $f_2 = 100$  kHz en  $f_3 = 1000$  kHz. De versterkingsfactor  $K = 10$  is onafhankelijk van de frequentie.

- Wat is de versterkingsmarge van dit systeem?

[\(oplossing\)](#)

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 12 September 1999*

# Oplossing opgave 2

gebruik:	$(1+x) = 1$	$\arctg(x) = x$	als $x < 1$
	$= 2$	$= \pi/4$	$x = 1$
	$= x$	$= \pi/2 - 1/x$	$x > 1$

voor de berekening van de versterkingsmarge stellen we  $\arg(KH) = -180^\circ$   
 onmiddellijk is in te zien dat de gezochte frequentie voldoet aan  $f_2 < f < f_3$

$$\begin{aligned} \arg(KH) &= \arg(H) = -\arctg(f/f_1) - \arctg(f/f_2) - \arctg(f/f_3) \\ &= -(\pi/2 - f_1/f) - (\pi/2 - f_2/f) - (f/f_3) \\ &= -\pi + (f_1+f_2)/f - (f/f_3) = -\pi \end{aligned}$$

$$\rightarrow f^2 = (f_1+f_2)f_3$$

$$\rightarrow f = 332 \text{ kHz}$$

voor deze frequentie is

$$|KH| = K \times (f_1/f) \times (f_2/f) \times 1 = 0,09$$

$$\rightarrow \text{versterkingsmarge is } 1 / 0,09 = 11$$

(rekenen met behulp van calculator  $\rightarrow f = 334 \text{ kHz} \rightarrow \text{versterkingsmarge} = 12$ )

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

# Opgave 3

Beschouw de schakeling in nevenstaande figuur. De OPAMP in deze schakeling mag als ideaal worden ondersteld.

- Stel  $\tau = RC$ . Toon aan dat

$$I_{2 \rightarrow 3} = \frac{V_{in} / 2R}{1 + j\omega\tau}$$

- Toon aan dat

$$V_4 / V_{in} = - \frac{1 / j\omega 2\tau}{1 + j\omega\tau}$$

- Toon aan dat

$$V_4 / V_{uit} = + \frac{j\omega\tau / 2}{1 + j\omega\tau}$$

- Bereken tenslotte de overdracht  $V_{uit} / V_{in}$ .

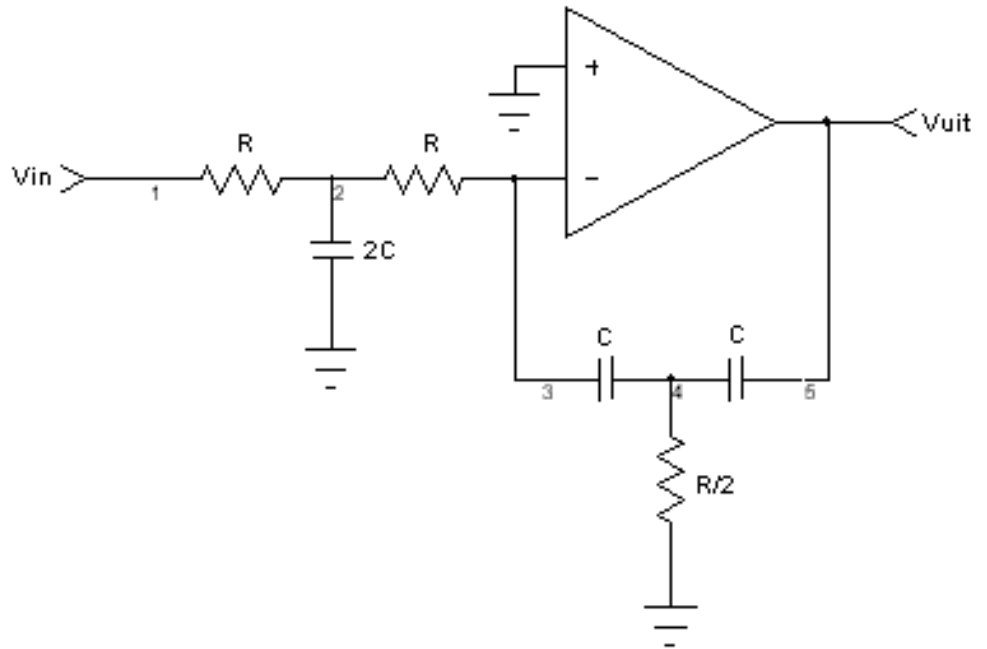
*Aanwijzing: Maak gebruik van Thévenin en van het feit dat  $V_-$  een virtuele aarde is.*

- Omdat een "echte" OPAMP niet ideaal is, zal de schakeling in bovenstaande figuur in de praktijk niet functioneren. Leg in enkele woorden uit waarom dit zo is en hoe het probleem zou kunnen worden verholpen.

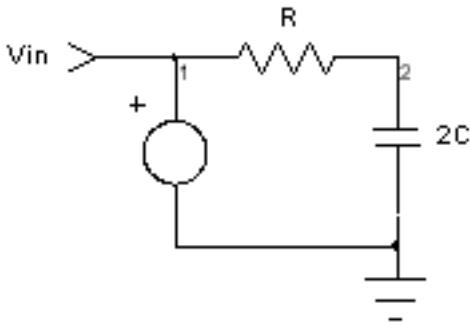
(oplossing)

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 12 September 1999*



# Oplossing opgave 3



pas Thévenin toe op het ingangsgedeelte (zie bovenstaande deelschakeling); de Thévenin-spanning en Thévenin-weerstand zijn respectievelijk:

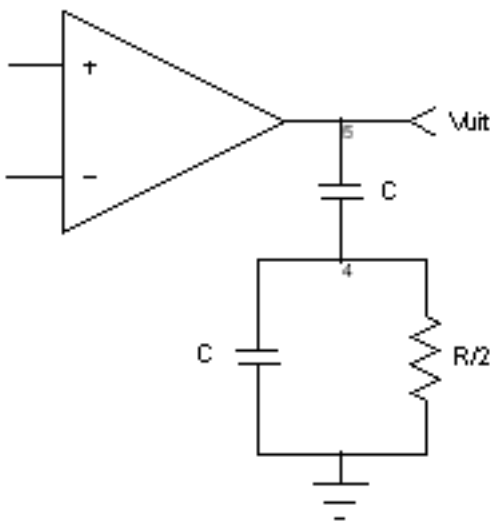
$$V_{in, \text{Thévenin}} = V_{in} \times (1/j2\omega C) / [R + (1/j2\omega C)] = V_{in} / (1 + j2\omega RC)$$

$$Z_{in, \text{Thévenin}} = R // (1/j2\omega C) = R / (1 + j2\omega RC)$$

bedenk dat  $V_3 = V_- = V_+$  een virtuele aarde is:

$$\begin{aligned} I_{23} &= V_{in, \text{Thévenin}} / (Z_{in, \text{Thévenin}} + R) \\ &= [V_{in} / (1 + j2\omega RC)] / [R \times (2 + j2\omega RC) / (1 + j2\omega RC)] \\ &= (V_{in} / 2R) / (1 + j\omega RC) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_4 &= -I_{34} \times (1/j\omega C) = -I_{23} \times (1/j\omega C) \\ &= -(V_{in} / j2\omega RC) / (1 + j\omega RC) = -V_{in} \times (1/j2\omega RC) / (1 + j\omega RC) \end{aligned} \quad (a)$$



het uitgangsgedeelte kan herschreven als een spanningsdeler (zie bovenstaande deelschakeling):

$$\begin{aligned}
 V_4 &= V_{\text{uit}} \times [(1/j\omega C)/(R/2)] / [(1/j\omega C)/(R/2) + (1/j\omega C)] \\
 &= V_{\text{uit}} \times [(R/2)/(1+j\omega RC/2)] / [(R/2)/(1+j\omega RC/2) + (1/j\omega C)] \\
 &= V_{\text{uit}} \times (j\omega RC/2) / [j\omega RC/2 + (1+j\omega RC/2)] \\
 &= V_{\text{uit}} \times (j\omega RC/2) / (1+j\omega RC) \qquad \qquad \qquad (b)
 \end{aligned}$$

uit (a) en (b) volgt dat  $V_{\text{uit}} / V_{\text{in}} = 1/(\omega RC)^2$

in de praktijk zal de eindige ingangsstroom  $I_{\text{in}}$  er voor zorgen dat de beide condensatoren zich langzaam opladen, waardoor de uitgangsspanning uiteindelijk tegen de voedingsspanning aanloopt; het probleem is te verhelpen door parallel aan de condensatoren een (grote) weerstand te plaatsen, zodat de DC-versterking eindig blijft

---

[\*Frits Pleiter\*](#)

*Last modified on 2 October 1999*



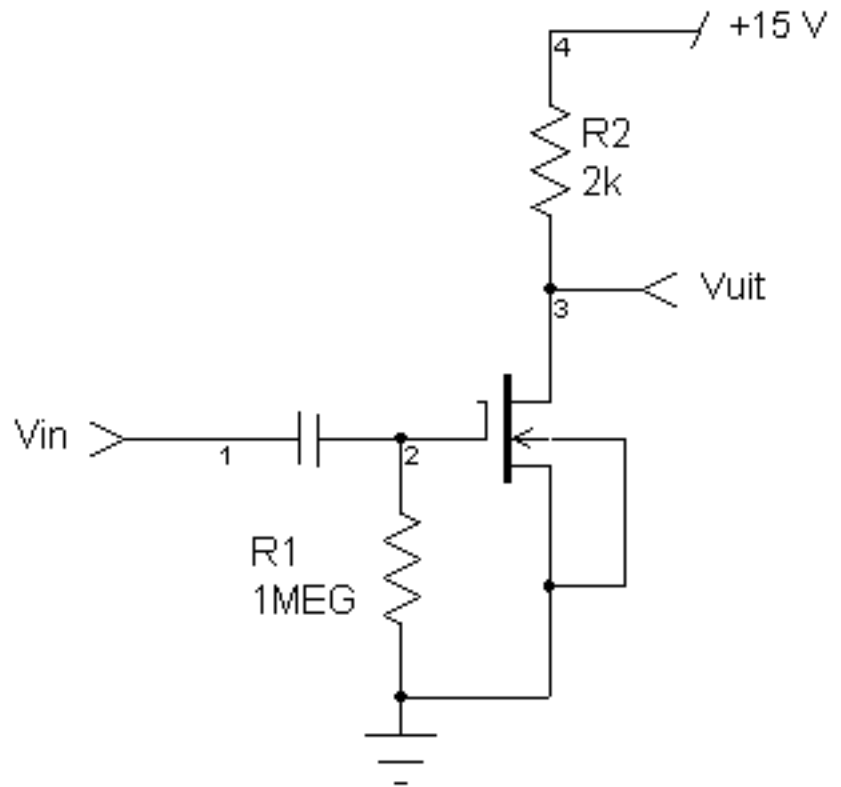
# Opgave 4

Beschouw de schakeling in nevenstaande figuur en de daarin opgenomen field-effect-transistor. De condensator mag bij de beschouwde frequenties als een kortsluiting worden opgevat.

- Is dit een JFET of een MOSFET?
- Wordt de stroom door de channel verzorgd door elektronen of door gaten?
- Bepaal de ingangsimpedantie  $R_{in}$  en de uitgangsimpedantie  $R_{uit}$ .
- Bepaal de spanningsversterking  $V_o / V_i$ .

Gegeven: 1)  $r_d = 100\text{ k}$   
2)  $g_m = 2\text{ mA/V}$

[\(oplossing\)](#)



[Frits Pleiter](#)

Last modified on 12 October 1999

# Oplossing opgave 4

zie Storey, Example 6.1

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 12 October 1999*

# Opgave 5

- Ontwerp een circuit dat een 3-bit binair getal omzet in 3-bit Gray-code.
- Geef een elektronische realisatie van het ontwerp, waarbij uitsluitend NAND-poorten worden gebruikt.
- Geef een elektronische realisatie van het ontwerp, waarbij uitsluitend NOR-poorten worden gebruikt.

Gray-code	binaire code
000	000
001	001
011	010
010	011
110	100
111	101
101	110
100	111

[\(oplossing\)](#)

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 28 September 1999*

# Oplossing opgave 5

A	B	C	a	b	c
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0

	BC	00	01	11	10
A					
0		0	0	0	0
1		1	1	1	1

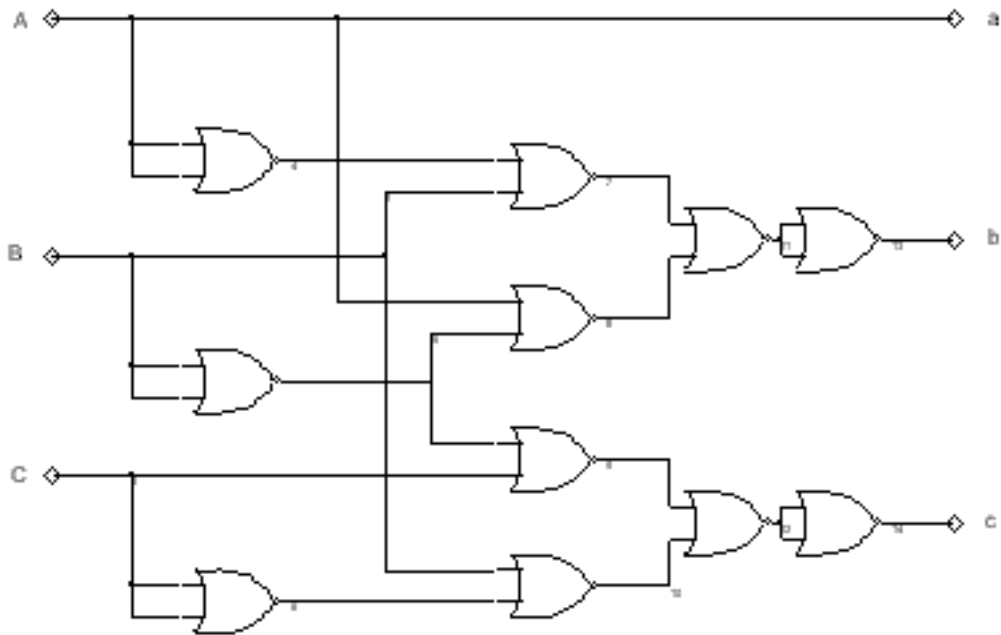
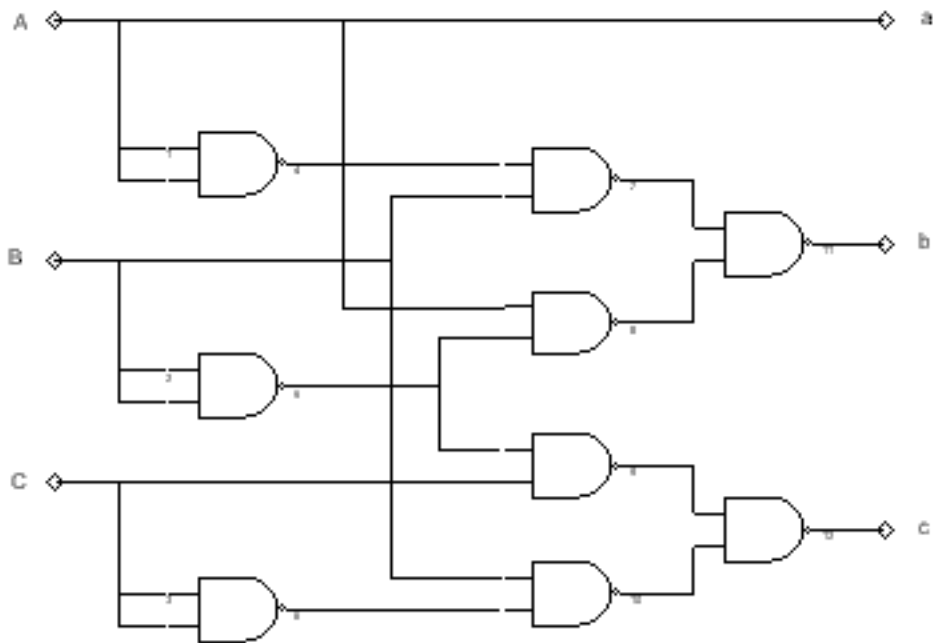
$$a = A$$

	BC	00	01	11	10
A					
0		0	0	1	1
1		1	1	0	0

$$b = A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$$

	BC	00	01	11	10
A					
0		0	1	0	1
1		0	1	0	1

$$c = B \cdot \overline{C} + \overline{B} \cdot C$$



---

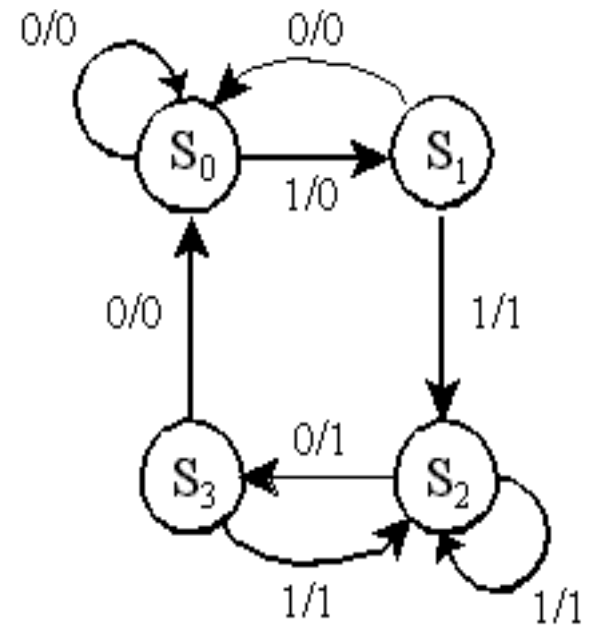
[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 7 October 1999*

# Opgave 6

Het diagram in nevenstaande figuur beschrijft een digitaal filter. De overgangen verlopen synchroon met een kloksignaal en zijn in het diagram gemerkt met een label X/Y, waarbij X de ingangswaarde vóór de overgang en Y de uitgangswaarde ná de overgang is.

- Leg in enkele woorden uit waarom dit een filter is.
- Maak een "state transition table", d.w.z. een tabel waarin alle toestanden en alle overgangen tussen toestanden voorkomen.
- Ontwerp een circuit dat voldoet aan de beschrijving van het digitale filter. Maak hierbij gebruik van JK-flipflops van het type master-slave.
- Geef een elektronische realisatie van het ontwerp.



([oplossing](#))

[Frits Pleiter](#)

Last modified on 29 September 1999

# Oplossing opgave 6

de ingang moet tijdens tenminste 2 opeenvolgend klokpulsen hoog respectievelijk laag zijn wil er aan de uitgang een overgang plaats vinden: daarmee wordt de effectieve bandbreedte aan de ingang met een factor 2 verkleind

er zijn 4 toestanden -> er zijn 2 flipflops nodig om de toestanden te karakteriseren; codeer deze toestanden volgens de binaire code

oude toestand	Q <sub>1</sub> Q <sub>0</sub>		Y	X	nieuwe toestand	Q <sub>1</sub> Q <sub>0</sub>		aansturing flipflops			
	J <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>				J <sub>0</sub>	K <sub>0</sub>				
S <sub>0</sub>	0	0	0	0	S <sub>0</sub>	0	0	0	x	0	x
			1		S <sub>1</sub>	0	1	0	x	1	x
S <sub>1</sub>	0	1	0	0	S <sub>0</sub>	0	0	0	x	x	1
			1		S <sub>2</sub>	1	0	1	x	x	1
S <sub>2</sub>	1	0	1	0	S <sub>3</sub>	1	1	x	0	1	x
			1		S <sub>2</sub>	1	0	x	0	0	x
S <sub>3</sub>	1	1	1	0	S <sub>0</sub>	0	0	x	1	x	1
			1		S <sub>2</sub>	1	0	x	0	x	1

$$K_0 = 1$$

	Q <sub>1</sub>	00	01	11	10
Q <sub>0</sub>					
X					
0		0	0	x	x
1		0	1	x	x

$$J_1 = X \cdot Q_0$$

	$Q_1$	00	01	11	10
$Q_0$					
X					
0		x	x	1	0
1		x	x	0	0

$$K_1 = \overline{X} \cdot Q_0$$

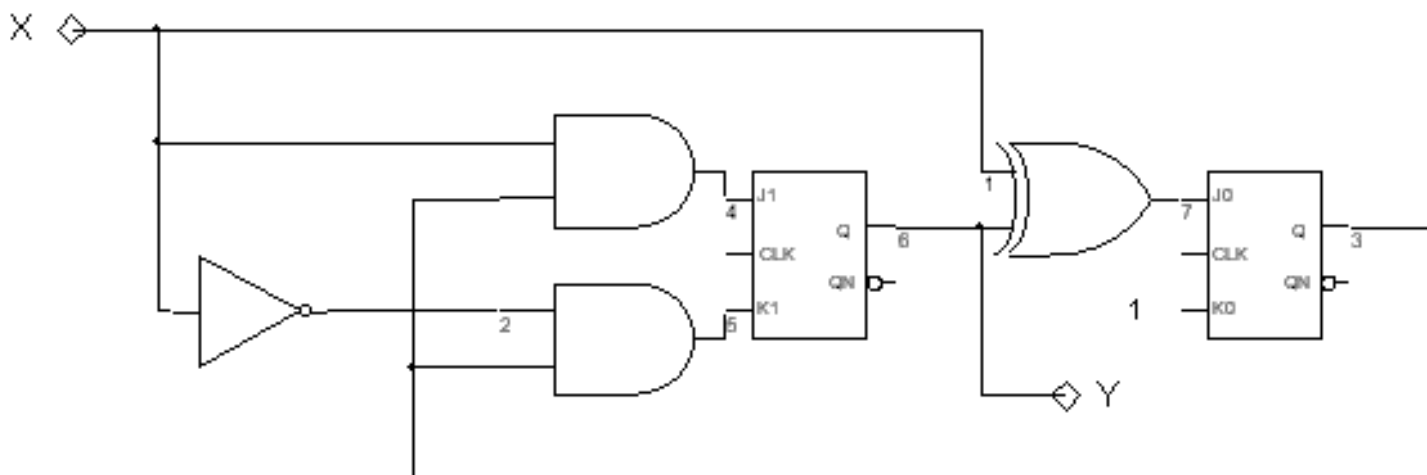
	$Q_1$	00	01	11	10
$Q_0$					
X					
0		0	x	x	1
1		1	x	x	0

$$J_0 = \overline{X} \cdot Q_1 + X \cdot \overline{Q_1} = X \oplus Q_1$$

	$Q_0$	0	1
$Q_1$			
0		0	0
1		1	1

$$Y = Q_1$$





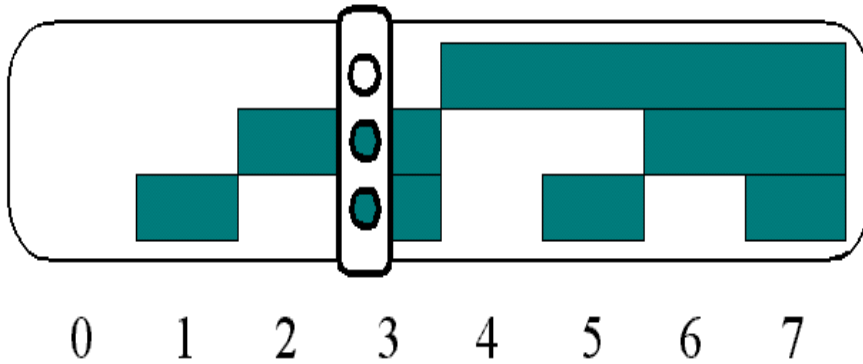
---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 7 October 1999*

# Opgave 1

In onderstaande figuur is een lineaire, absolute positie-encoder weergegeven. De posities 0 tot en met 7 zijn gecodeerd door middel van zwarte strippen op een lichte ondergrond. Deze zwart-wit-code wordt met behulp van een sensor bestaande uit 3 fotodiodes omgezet in een 3-bits binair signaal.



- De gebruikte wijze van coderen leidt tot grote storingsgevoeligheid. Bij welke standen van de sensor kan de encoder een volstrekt foutieve indicatie van de positie geven? Waarom is dit zo?
- Geef een codering die bij overgang van de ene naar de volgende positie nooit tot een foutieve conclusie omtrent de stand van de sensor kan leiden.

([oplossing](#))

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 28 September 1999*

# Oplossing opgave 1

als de 3 diodes niet precies uitgelijnd zijn volgens een rechte die haaks op de zwarte strippen staat, kunnen bij de overgangen 1 -> 2, 3 -> 4 en 5 -> 6 foutieve signalen ontstaan; bij de overgang tussen 1 en 2 zijn dat de codes wit-wit-wit (= positie 0) of zwart-zwart-wit (= positie 3), afhankelijk van de hoek tussen de sensor en de zwarte strippen

bij de Gray-code: 000  
001  
011  
010  
110  
111  
101  
100

kan deze fout niet optreden, omdat steeds 1 en slechts 1 bit van de code verandert (zie boek van Storey, figuur 2.10 en paragraaf 9.5.4)

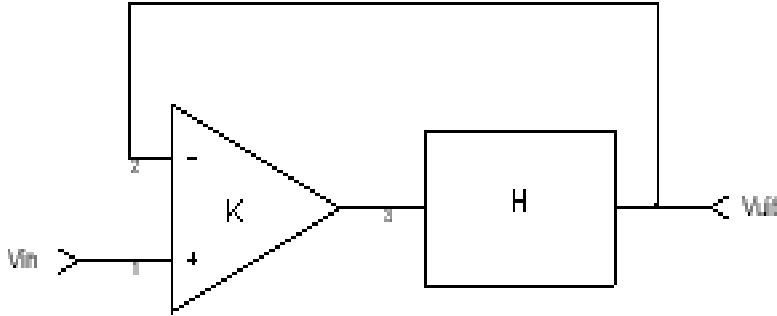
---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

# Opgave 2

Een regelsysteem is opgebouwd volgens onderstaande figuur. De overdracht  $H$  is gegeven in de vorm van Bode-diagrammen voor  $\text{mod}(H)$  en  $\text{arg}(H)$  in [figuur A](#) respectievelijk [figuur B](#). De versterkingsfactor  $K = 10$  is onafhankelijk van de frequentie.



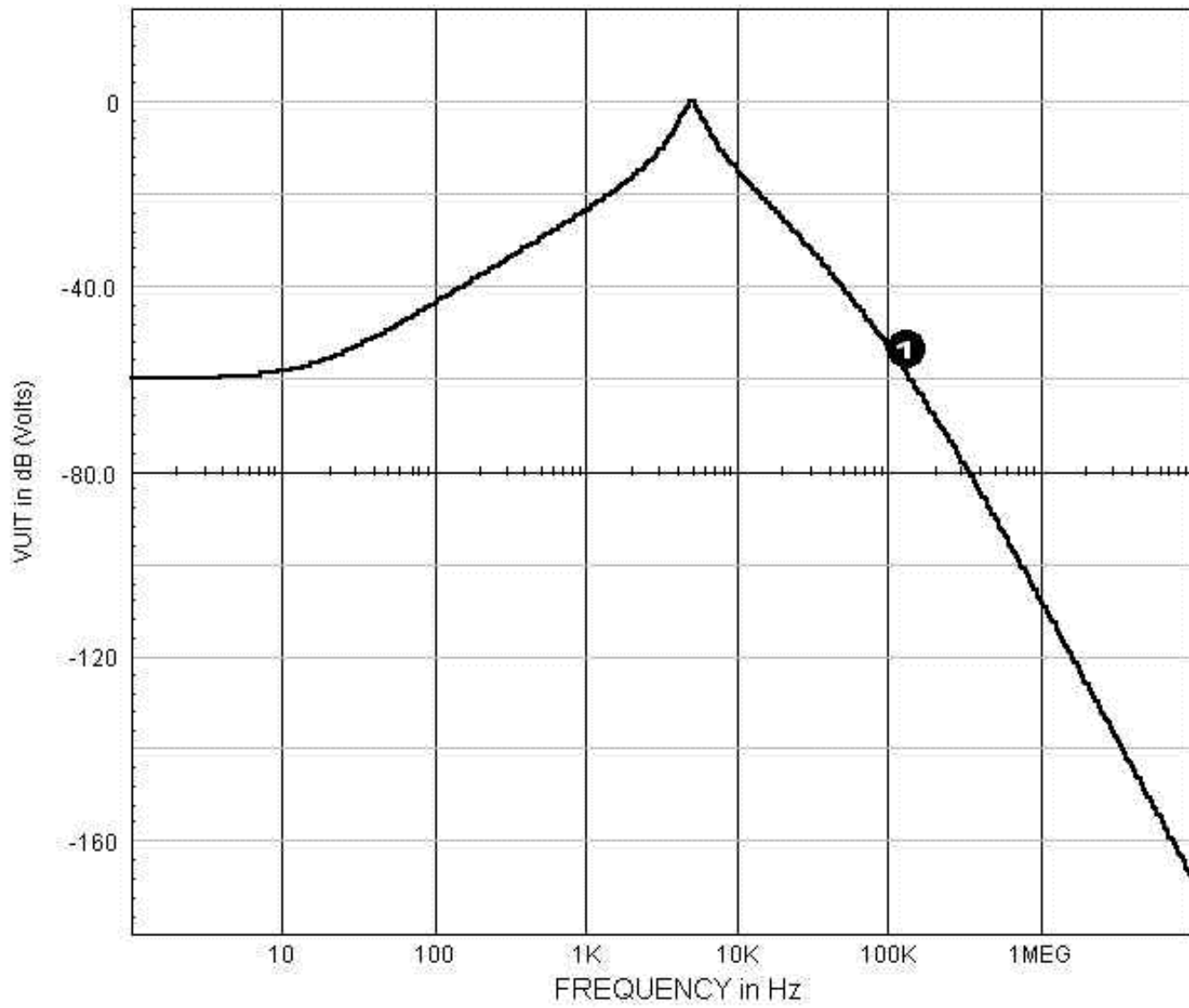
- Bepaal de fasemarge.
- Bepaal de versterkingsmarge.
- Toon aan dat voor de grootte van het relatieve verschilsignaal geldt:  $|v_{\text{uit}} - v_{\text{in}}| / |v_{\text{in}}| = 1 / |1 + KH|$
- Hoe groot is de minimale waarde van en voor welke waarde van de frequentie wordt deze bereikt?

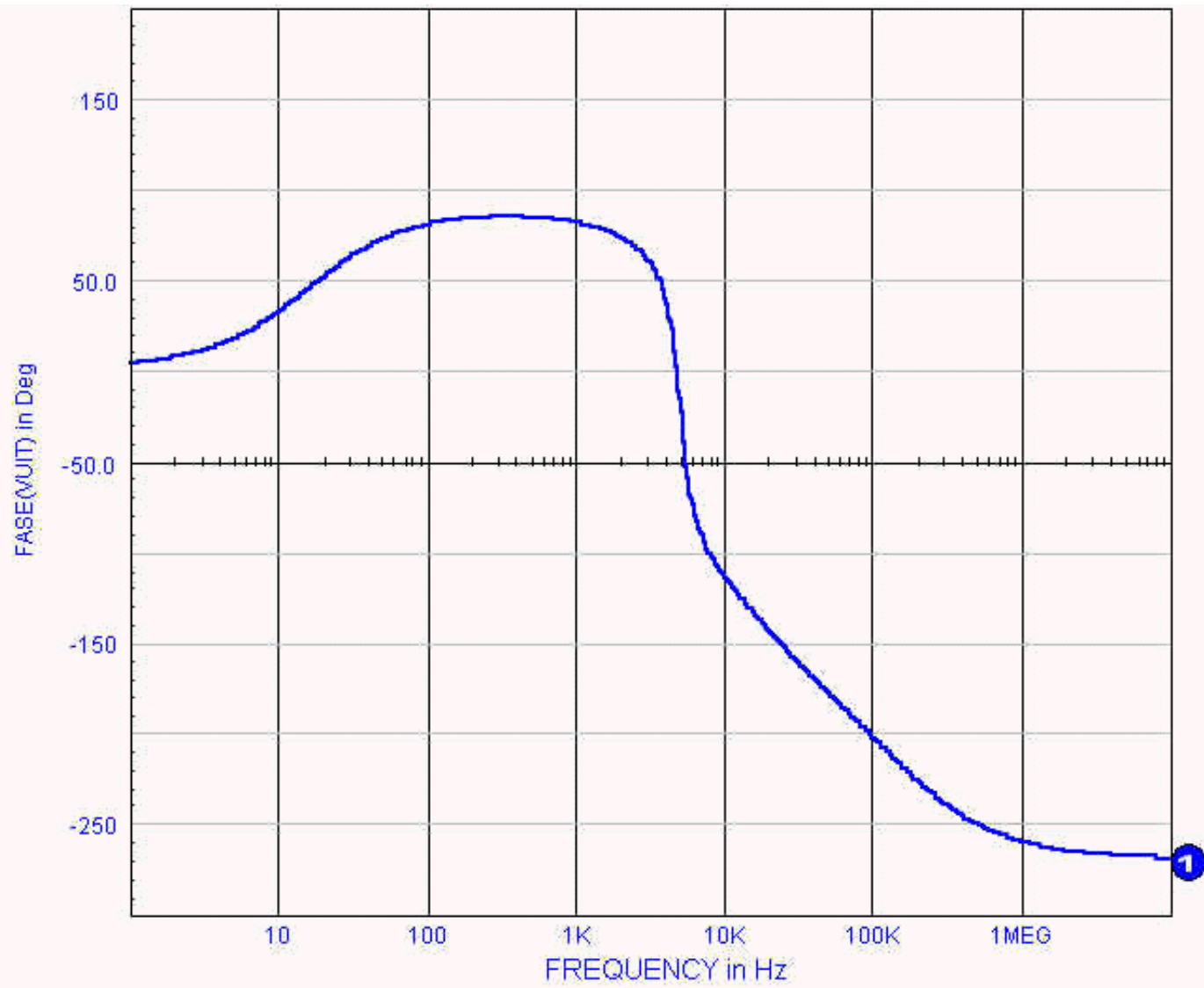
[\(oplossing\)](#)

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 12 Septembert 1999*





# Oplossing opgave 2

rondgaande versterking is KH

$$\text{mod}(\text{KH}) = 10 \times \text{mod}(\text{H}) = 1$$

$$\rightarrow \text{mod}(\text{H}) = -20 \text{ dB}$$

$$\rightarrow f = 15 \text{ kHz}$$

bij 15 kHz is  $\arg(\text{KH}) = \arg(\text{H}) = -130^\circ$

$$\rightarrow \text{fasemarge} = 50^\circ$$

$$\arg(\text{KH}) = \arg(\text{H}) = -180^\circ$$

$$\rightarrow f = 60 \text{ kHz}$$

bij 60 kHz is  $\text{mod}(\text{H}) = -44 \text{ dB}$

$$\rightarrow |\text{KH}| = 20 \text{ dB} + (-44 \text{ dB}) = -24 \text{ dB}$$

$$\rightarrow \text{versterkingsmarge} = +24 \text{ dB}$$

$$v_{\text{uit}} = \text{KH} (v_{\text{in}} - v_{\text{uit}})$$

$$\rightarrow v_{\text{uit}} / v_{\text{in}} = \text{KH} / (1 + \text{KH})$$

$$\rightarrow (v_{\text{uit}} - v_{\text{in}}) / v_{\text{in}} = -1 / (1 + \text{KH})$$

$$|v_{\text{uit}} - v_{\text{in}}| / |v_{\text{in}}| = 1 / |1 + \text{KH}|$$

$$= 1 / |\text{KH}| = 1 / 10 |H| > 0,1 \text{ (want } |H| < 0 \text{ dB)}$$

de minimale waarde wordt bereikt bij  $f = 5 \text{ kHz}$

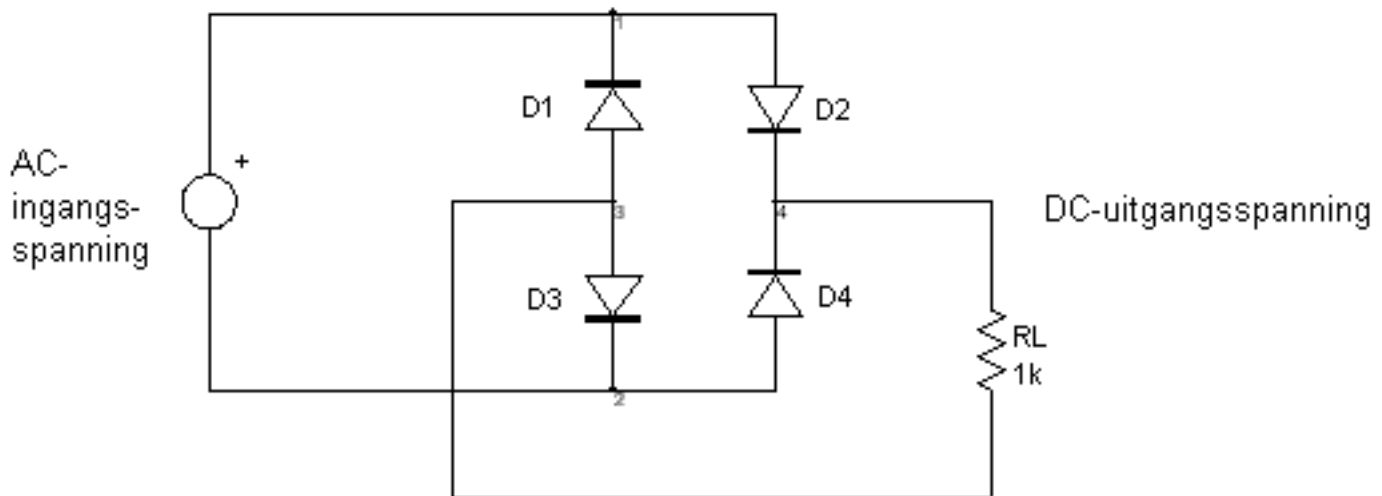
---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

# Opgave 3

Gegeven is de Grätz-schakeling in onderstaande figuur. De signaalbron levert een AC-ingangsspanning met een frequentie  $f = 50 \text{ Hz}$  en een amplitude  $V_0 = 10 \text{ V}$ . De diodes hebben een ideale doorlaatkarakteristiek. De belastingsweerstand is  $R_L = 1 \text{ k}$ .



- Schets de uitgangsspanning  $V_{\text{uit}}$  als functie van de tijd.

Parallel aan  $R_L$  wordt nu een condensator  $C = 1 \text{ mF}$  geplaatst.

- Schets weer de uitgangsspanning  $V_{\text{uit}}$  als functie van de tijd.
- Hoe groot is de rimpel (= verschil tussen maximale en minimale waarde) van de uitgangsspanning?

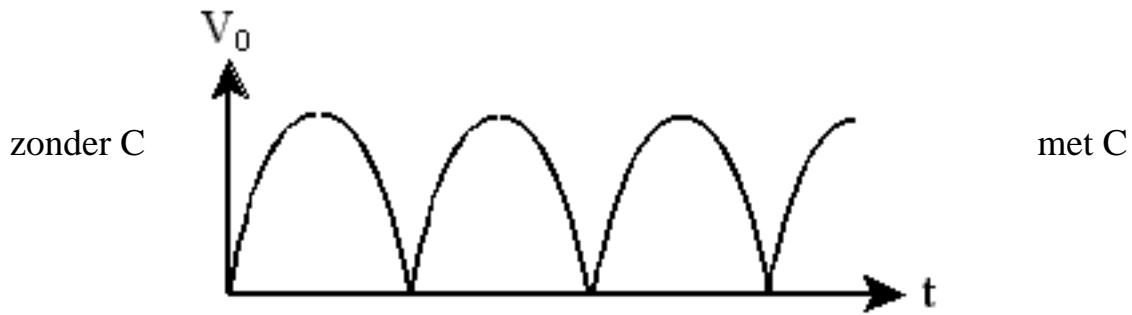
[\(oplossing\)](#)

*[Frits Pleiter](#)*

*Last modified on 14 October 1999*



# Oplossing opgave 3



stroom moet door condensator worden geleverd:

$$\rightarrow I = dQ / dt = CdV / dt$$

$$I = V_0 / R_L = 10 \text{ mA}$$

$$dt = 0,5 / 50 = 10 \text{ ms (halve periode)}$$

$$C = 1 \text{ mF}$$

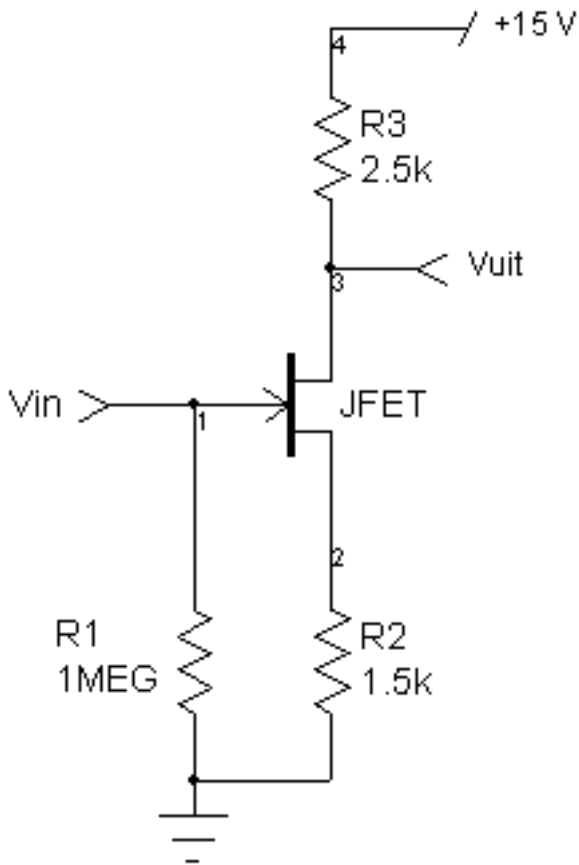
$$\rightarrow dV = Idt / C = 10^{-2} \times 10^{-2} / 10^{-3} = 0,1 \text{ V top-top}$$

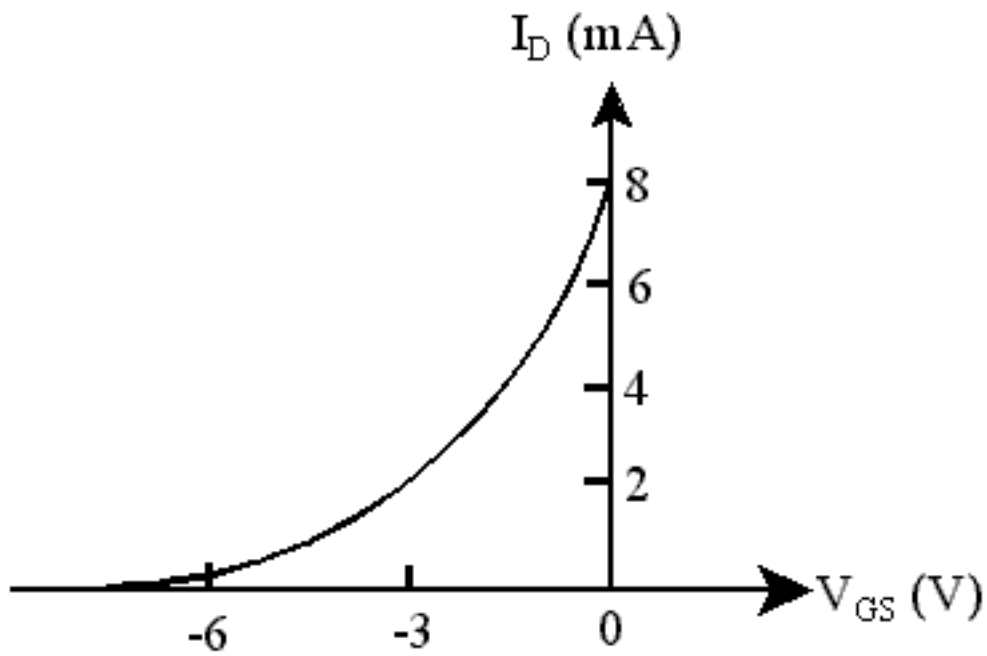
[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 14 October 1999*

# Opgave 4

Beschouw de schakeling in onderstaande figuur. De ingangskarakteristiek van de JFET is gegeven; ga ervan uit dat deze niet afhangt van de spanning tussen *source* en *drain*. De uitgangsimpedantie van de JFET is  $r_d = 100 \text{ k}$ .





- Wordt de stroom door de channel verzorgd door elektronen of door gaten?
- Bereken de DC-instelling van de JFET, te weten  $I_{\text{drain}}$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  en  $V_3$ .
- Bepaal de ingangsimpedantie  $R_{\text{in}}$  en de uitgangsimpedantie  $R_{\text{uit}}$  van de schakeling.
- Bepaal de AC-spanningsversterking  $v_{\text{uit}} / v_{\text{in}}$  van de schakeling.

[\(oplossing\)](#)

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 14 October 1999*

# Oplossing opgave 4

n-channel FET -> elektronen

ingang van JFET trekt geen stroom

$$\rightarrow V_1 = 0 \text{ V}$$

snijpunt van ingangskarakteristiek en belastingslijn  $\rightarrow I_{\text{drain}} = 2 \text{ mA}$

$$\rightarrow V_2 = I_{\text{drain}} R_2 = 2 \times 1,5 = 3 \text{ V}$$

$$V_3 = 15 - I_{\text{drain}} R_3 = 15 - 2 \times 2,5 = 15 - 5 = 10 \text{ V}$$

ingangsimpedantie van de JFET is oneindig groot  $\rightarrow R_{\text{in}} = R_1 = 1 \text{ M}$

uitgangsimpedantie:  $R_{\text{uit}} = r_d // R_3 = 100\text{k} // 2,5\text{k} = 2,5 \text{ k}$

*AC-spanningsversterking:*

$$i_{\text{drain}} = g_m (v_1 - v_2) = g_m v_1 - g_m v_2 = g_m v_1 - g_m i_{\text{drain}} R_2$$

$$\rightarrow i_{\text{drain}} = g_m v_1 / (1 + g_m R_2)$$

$$\rightarrow v_{\text{uit}} / v_{\text{in}} = -i_{\text{drain}} R_3 / v_1 = -g_m R_3 / (1 + g_m R_2)$$

uit ingangskarakteristiek volgt dat  $g_m = 5/6 = 0,8 \text{ mA/V}$  voor  $I_{\text{drain}} = 2 \text{ mA}$

$$\rightarrow v_{\text{uit}} / v_{\text{in}} = -0,8 \times 2,5 / (1 + 0,8 \times 1,5) = -2,0 / 2,2 = -0,9$$

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 14 October 1999*

# Opgave 5

- Ontwerp een circuit met een 4-bit ingang en een 1-bit uitgang. Aan de ingang wordt een 4-bit binair getal aangeboden. De uitgang is dan en slechts dan 1 als het getal aan de ingang gelijk is aan een priemgetal (dit is een getal  $>1$  dat uitsluitend deelbaar is door 1 en zichzelf).
- Geef een elektronische realisatie van het ontwerp, waarbij uitsluitend NAND-poorten worden gebruikt.

[\(oplossing\)](#)

---

[Frits Pleiter](#)

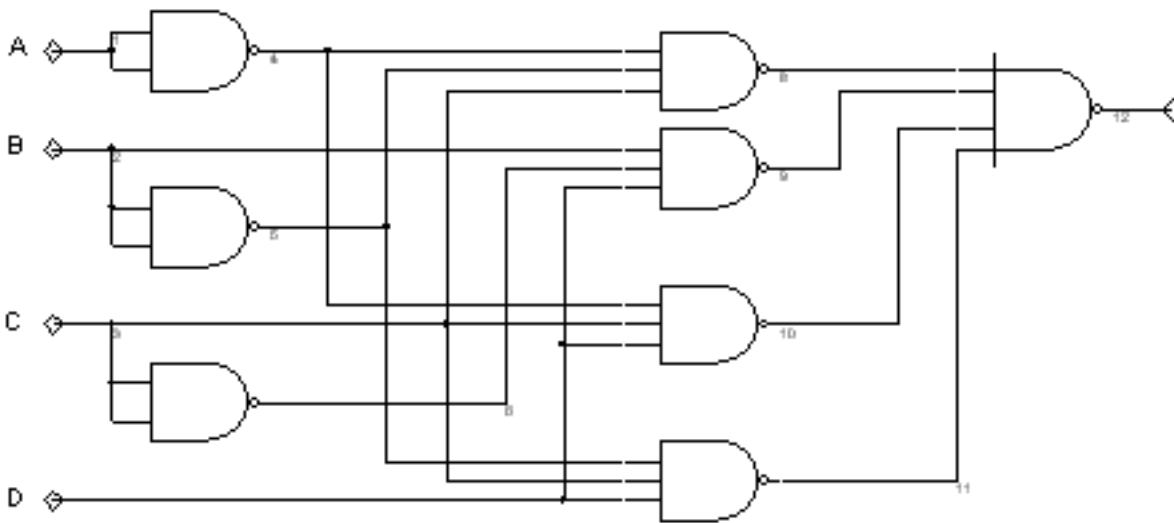
*Last modified on 28 September 1999*

# Oplissing opgave 5

getal	A	B	C	D	uit
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	1
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	0

	CD	00	01	11	10
AB					
00		0	0	1	1
01		0	1	1	0
11		0	1	0	0
10		0	0	1	0

$$\text{uit} = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot C \cdot D + B \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{B} \cdot C \cdot D$$



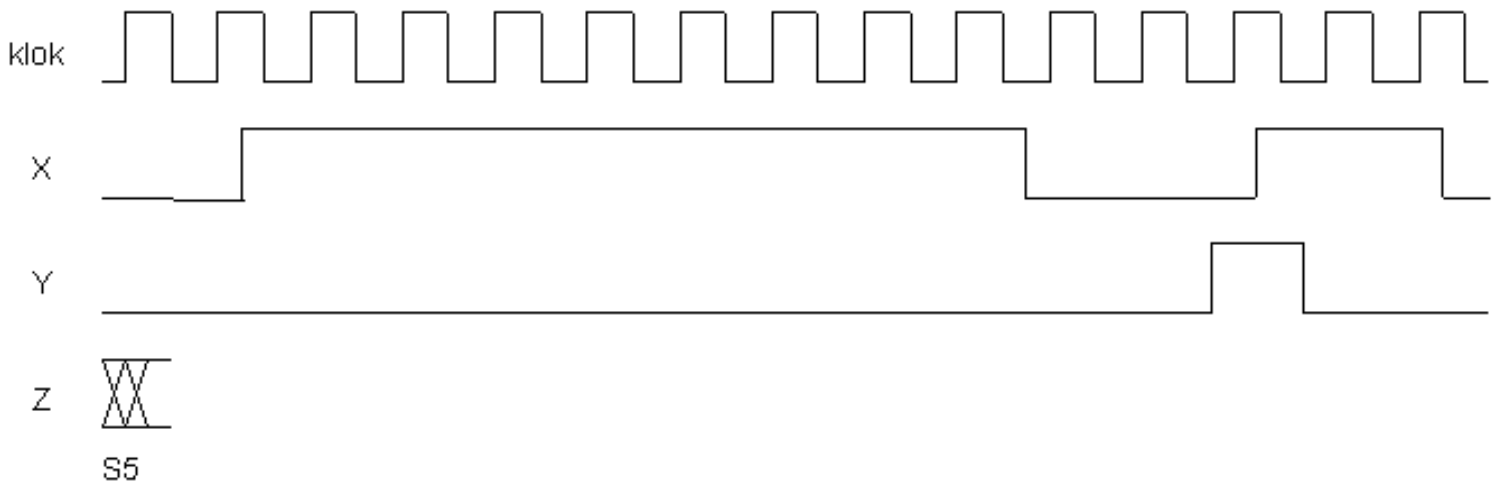
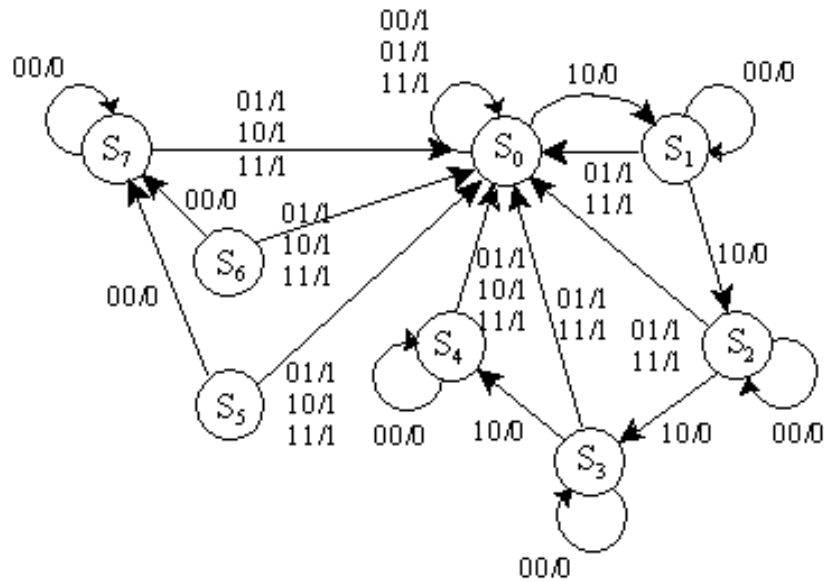
[Frits Pleiter](#)

Last modified on 12 October 1999

# Opgave 6

Een automaat met een 2-bits ingang en een 1-bit uitgang wordt beschreven door het toestanden-diagram in nevenstaande figuur. De overgangen verlopen synchroon met de negatieve flank van een kloksignaal en zijn in het diagram gemerkt met een label  $XY/Z$ . Hierbij zijn  $X$  en  $Y$  de ingangswaarden vóór de overgang en is  $Z$  de uitgangswaarde ná de overgang.

- Welke toestanden kan men als unused states betitelen? Motiveer het antwoord.
- In onderstaande figuur zijn het kloksignaal en de ingangswaarden  $X$  en  $Y$  gegeven als functie van de tijd. De automaat is aanvankelijk in toestand  $S_5$ . Teken het verloop van de uitgang  $Z$ , en wel zodanig dat de relatie met de flanken van het kloksignaal duidelijk is. Geef eveneens duidelijk aan in welke toestand de automaat zich op de verschillende tijdstippen bevindt.



([oplossing](#))

[Frits Pleiter](#)

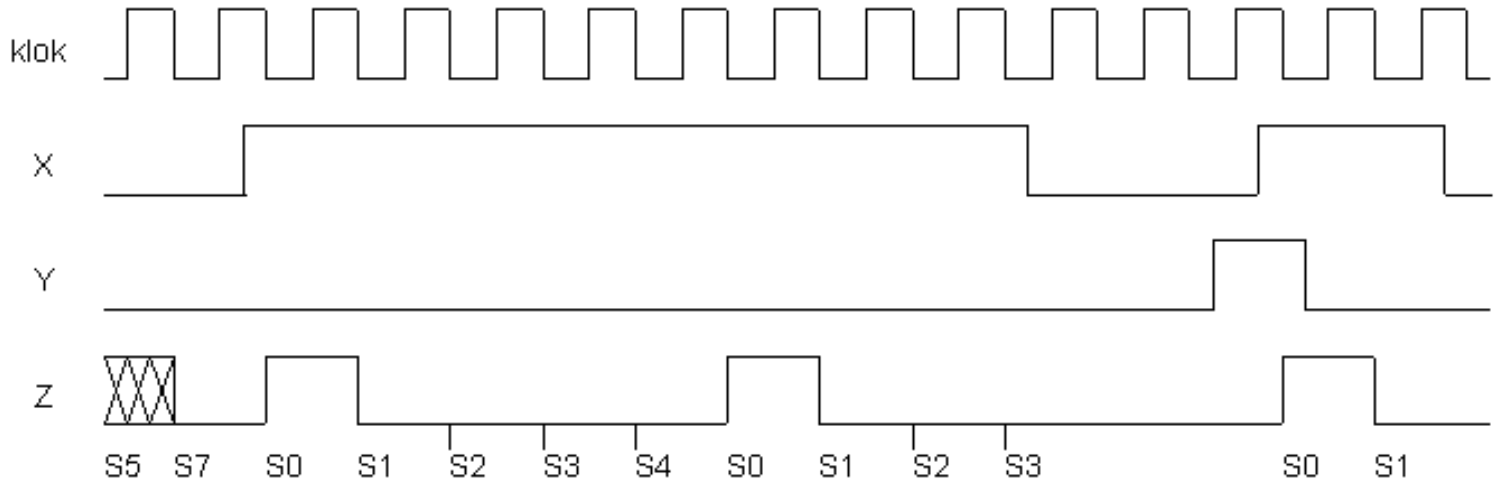
Last modified on 29 September 1999

# Oplossing opgave 6

toestanden  $S_5$  en  $S_6$  kunnen uitsluitend bij het opstarten worden bereikt

toestand  $S_7$  kan uitsluitend via  $S_5$  of  $S_6$  worden bereikt, dus ook alleen bij het opstarten

deze drie toestanden worden tijdens de normale werking van de automaat dus niet gebruikt




---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 12 October 1999*



# Opgave 1

Een analoge voltmeter heeft schaalbereiken die telkens met een factor 10 oplopen van 1 mV tot 100 V volle schaal. De meter heeft een inwendige weerstand van 100k per volt volle schaal (*d.w.z. 100k bij een schaalbereik van 1 V, 1000k bij een schaalbereik van 10 V, enzovoorts*) en een afleesnauwkeurigheid van 1% van de volle schaal (*d.w.z. 10 mV bij een schaalbereik van 1 V, 100 mV bij een schaalbereik van 10 V, enzovoorts*). Verder heeft men een spanningsbron met een inwendige weerstand  $R = 2k$  en een uitgangsspanning  $V_{oc}$  100 mV bij open klemmen.

- Laat door berekening zien op welk schaalbereik van de meter de afgelezen spanningswaarde de kleinste fout heeft.

[\(oplossing\)](#)

---

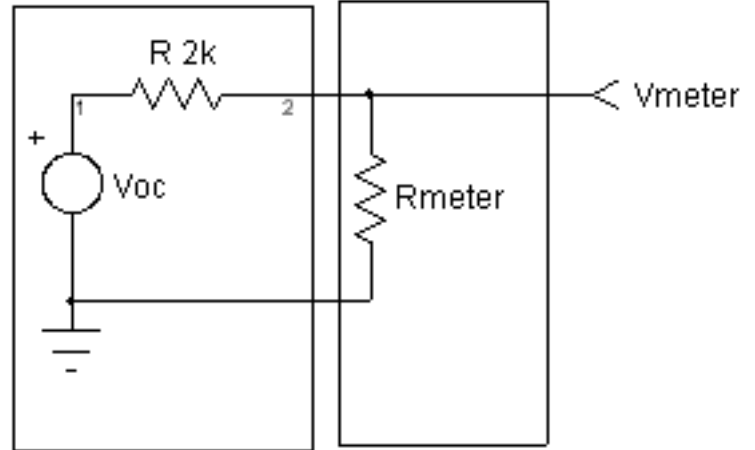
[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 13 September 1999*

# Oplossing opgave 1

$$V_{\text{meter}} = V_{\text{oc}} \times R_{\text{meter}} / (R + R_{\text{meter}})$$

volgens onderstaande tabel is de totale meetfout op het bereik van 1 volt het kleinst



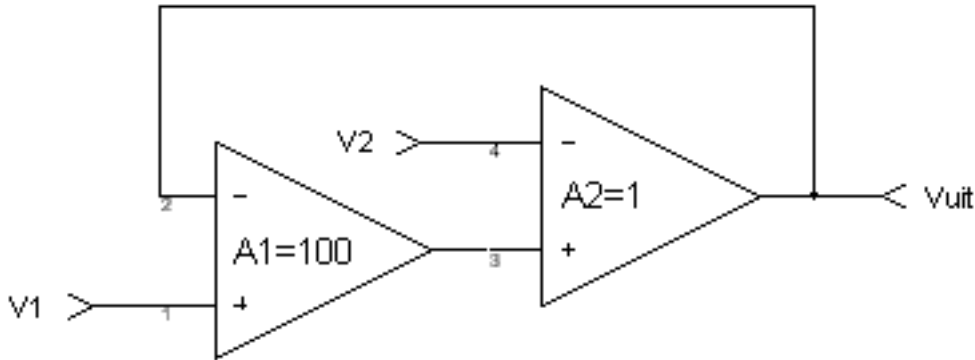
bereik	$R_{\text{meter}}$ afleesfout	$V_{\text{meter}}$	miswijzing	
100 mV	10 k	83 mV	$100 - 83 = 17 \text{ mV}$	$1\% \times 100 \text{ mV} = 1 \text{ mV}$
1 V	100 k	98 mV	$100 - 98 = 2 \text{ mV}$	$1\% \times 1 \text{ V} = 10 \text{ mV}$
10 V	1000 k	100 mV	$100 - 100 = 0 \text{ mV}$	$1\% \times 10 \text{ V} = 100 \text{ mV}$

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

# Opgave 2

Het is bekend dat door terugkoppeling de in een versterker geproduceerde ruis/vervorming sterk kan worden onderdrukt. De situatie is in onderstaande figuur gemodelleerd. De eerste verschilversterker heeft een versterkingsfactor  $A_1 = 100$  en eeningangssignaal  $V_1 = 1$  mV. Signaal  $V_2 = 1$  mV stelt de ruis/vervorming voor, die bij het uitgangssignaal van de eerste versterker wordt opgeteld. De tweede verschilversterker heeft een versterkingsfactor  $A_2 = 1$ .



- Druk de uitgangsspanning  $V_{\text{uit}}$  uit in de beideingangsspanningen  $V_1$  en  $V_2$ .
- Met welke factor wordt het ongewenste signaal  $V_2$  onderdrukt als gevolg van de terugkoppeling?

[\(oplossing\)](#)

---

*[Frits Pleiter](#)*

*Last modified on 13 September 1999*

# Oplossing opgave 2

$$V_{\text{uit1}} = A_1(V_1 - V_{\text{uit}})$$

$$V_{\text{uit}} = A_2(V_{\text{uit1}} - V_2) = A_1A_2V_1 - A_1A_2V_{\text{uit}} - A_2V_2$$

$$\rightarrow (1 + A_1A_2)V_{\text{uit}} = A_1A_2V_1 - A_2V_2$$

invullen van  $A_1 = 100$  en  $A_2 = 1$ :

$$V_{\text{uit}} = V_1 - 0,01V_2 = V_1 = 1 \text{ mV}$$

signaal  $V_2$  wordt dus met een factor  $A_1 = 100$  onderdrukt

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

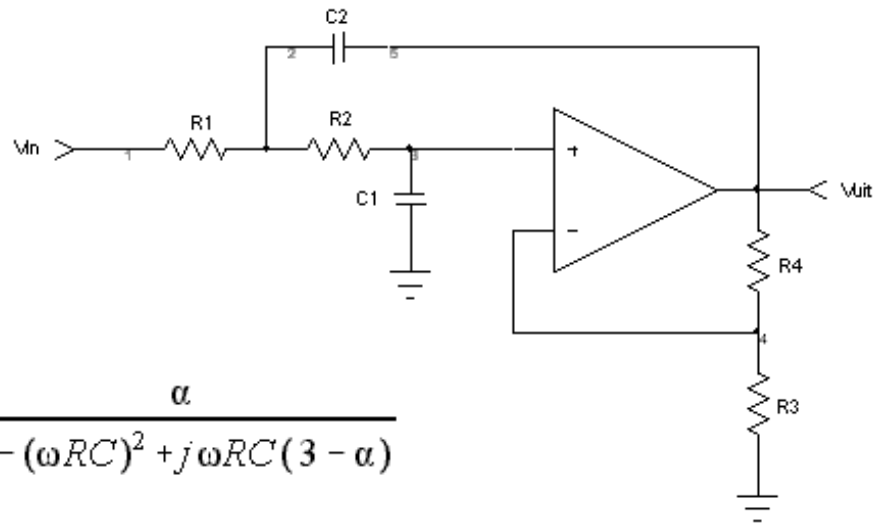
# Opgave 3

De schakeling in nevenstaande figuur geeft het schema van een low-pass-filter van de tweede orde. De OPAMP mag als ideaal worden beschouwd. Verder is  $C_1 = C_2 = C$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = R$  en  $R_4 = (\alpha - 1)R$ .

- Toon aan dat de overdracht  $A = V_{\text{uit}} / V_{\text{in}}$  van het filter geschreven kan worden als:

$$A = \frac{\alpha}{1 - (\omega RC)^2 + j\omega RC(3 - \alpha)}$$

- Schets de Bode-diagrammen voor fase en amplitude voor het geval dat  $\alpha = 1$ .



[\(oplossing\)](#)

[Frits Pleiter](#)

Last modified on 12 September 1999

# Oplossing opgave 3

$$V_+ = V_- = V_{\text{uit}} / \text{alfa}$$

superpositiebeginsel in punt 2 levert (met  $Z_C = 1/j\omega C$ ):

$$\begin{aligned} V_2 &= V_{\text{in}}(R//Z_C) / \{R+(R//Z_C)\} + V_+(R//Z_C) / \{R+(R//Z_C)\} + V_{\text{uit}}(R/2) / \{(R/2)+Z_C\} \\ &= V_{\text{in}} / (2+j\omega RC) + V_+ / (2+j\omega RC) + V_{\text{uit}}(j\omega RC) / (2+j\omega RC) \end{aligned}$$

verder is  $V_2 = V_+(1+j\omega RC)$ , zodat:

$$(V_{\text{uit}}/\text{alfa})(1+j\omega RC) = V_{\text{in}} / (2+j\omega RC) + (V_{\text{uit}}/\text{alfa}) / (2+j\omega RC) + V_{\text{uit}}(j\omega RC) / (2+j\omega RC)$$

$$(V_{\text{uit}}/\text{alfa})\{1-(\omega RC)^2+j\omega RC(3-\text{alfa})\} = V_{\text{in}}$$

hieruit volgt onmiddellijk de onder (a) gevraagde uitdrukking

voor  $\text{alfa} = 1$  wordt de overdracht:

$$A = 1 / (1+j\omega RC)^2$$

-> kantelpunt bij  $\omega RC=1$

$|A|$  is 0 dB voor  $\omega RC \ll 1$ , -6 dB voor  $\omega RC = 1$ , en valt af met 40 dB per decade voor  $\omega RC \gg 1$

$\arg(A)$  is  $0^\circ$  voor  $\omega RC \ll 1$ ,  $-90^\circ$  voor  $\omega RC = 1$ , en  $-180^\circ$  voor  $\omega RC \gg 1$

---

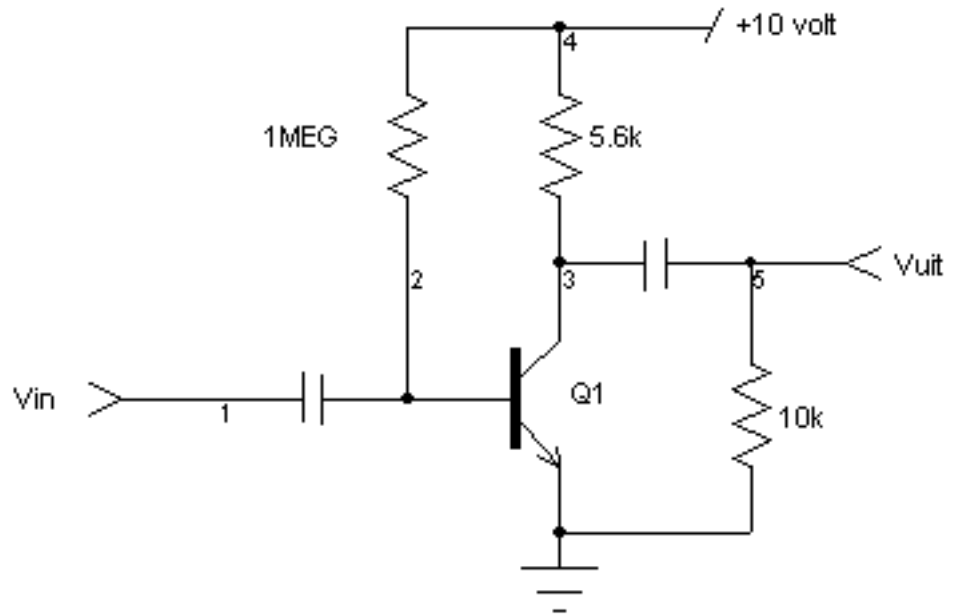
[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 2 October 1999*

# Opgave 4

Bereken voor de schakeling in nevenstaande figuur:

- de DC-instelling, te weten  $I_B$ ,  $I_C$  en  $V_C$ ;
- de in- en uitgangsimpedanties;
- de AC-spanningsversterking  $A_V = v_{uit} / v_{in}$ ; de condensatoren mogen bij de beschouwde frequenties als kortsluitingen worden beschouwd.



Gegeven: 1)  $h_{FE} = h_{fe} = 100$

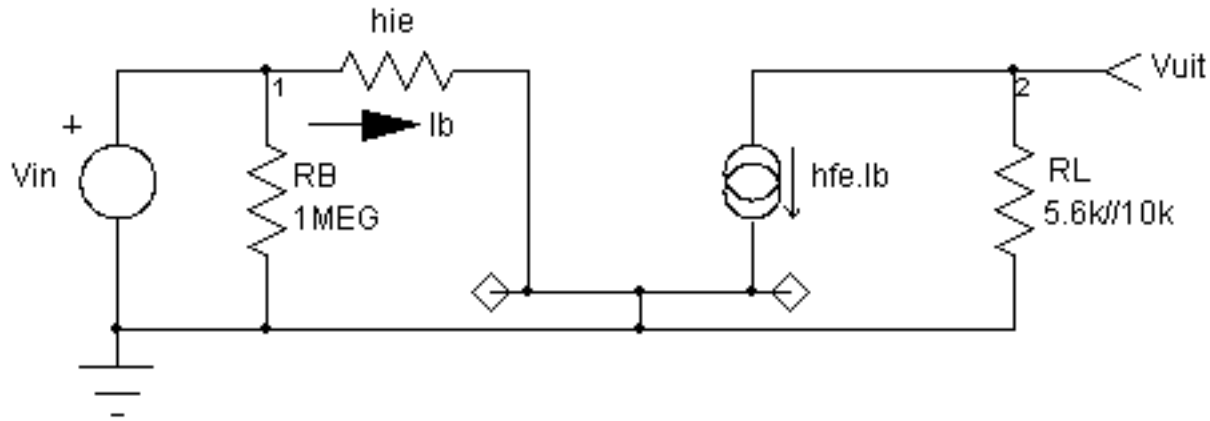
$$2) i_c / v_{be} = g_m = 40 I_C h_{fe} / h_{ie}$$

(oplossing)

[Frits Pleiter](#)

Last modified on 15 October 1999

# Oplossing opgave 4



$$I_B = (10 - 0,7) / 1M = 9,3 \mu A$$

$$I_C = h_{FE} \times I_B = 100 \times 9,3 \mu A = 0,93 \text{ mA}$$

$$V_C = 10 - 5,6k \times 0,93 \text{ mA} = 10 - 5,2 = 4,8 \text{ V}$$

$$g_m = 40 I_C = 40 \times 0,93 = 37 \text{ mA/V}$$

$$h_{ie} = h_{fe} / g_m = 100 / (37 \text{ mA/V}) = 2,7 \text{ k}$$

$$\rightarrow R_{in} = 1M / h_{ie} = 1M / 2,7k = 2,7 \text{ k}$$

$$R_{uit} = 5,6k // 10k = 3,6 \text{ k}$$

$$A_V = v_{uit} / v_{in} = -R_{uit} \times i_c / v_{be} = -R_{uit} \times g_m = -3,6 \times 37 = -133$$

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 15 October 1999*



# Opgave 5

- Ontwerp een circuit dat de (binair gecodeerde) getallen 0, 1, 2 en 3 omzet in de (eveneens binair gecodeerde ) getallen 1, 2, 3 en 4 (en wel in die volgorde).
- Geef een elektronische realisatie van het ontwerp.

([oplossing](#))

---

*[Frits Pleiter](#)*

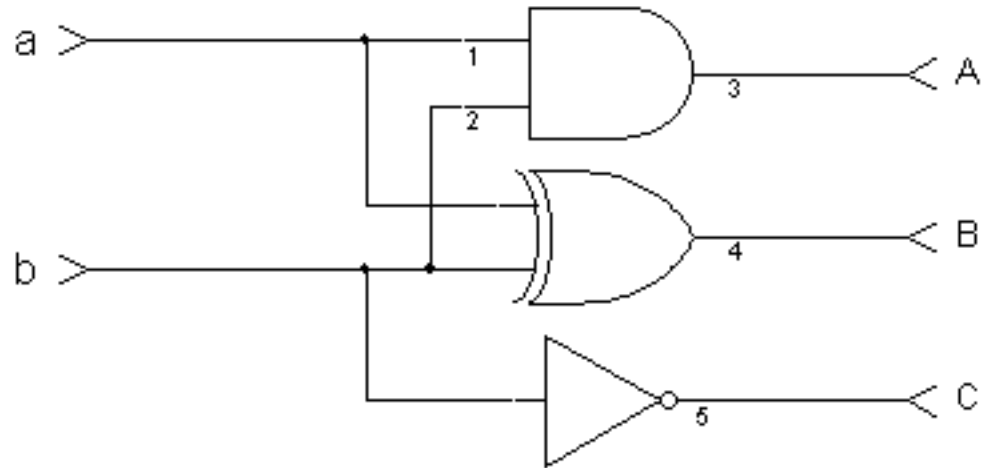
*Last modified on 28 September 1999*

# Oplossing opgave 5

*mogelijkheid 1: met  
elementaire poorten*

noem de ingangsbits a en b  
noem de uitgangsbits A, B en C

getal	a	b	A	B	C
0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0
2	1	0	0	1	1
3	1	1	1	0	0



	b	0	1
a			
0		0	0
1		0	1

$$A = a \cdot b$$

	b	0	1
a			
0		1	0
1		1	0

$$C = \bar{b}$$

	b	0	1
a			
0		0	1
1		1	0

$$B = a \oplus b$$

*mogelijkheid 2: met een 4-bits full-adder*

zet alle bits van ingang a op 0

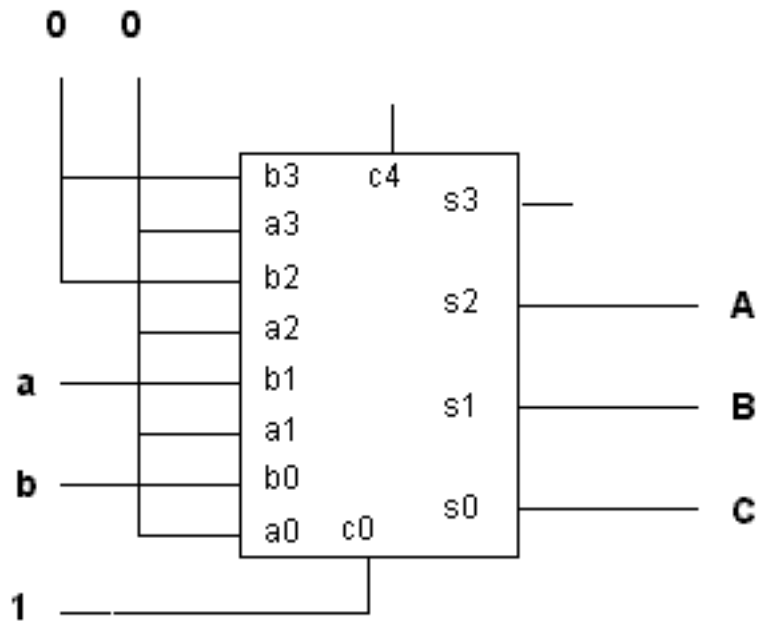
zet beide hoogste bits van ingang b op 0

zet carry-in op 1

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 11 October 1999*



# Opgave 6

Ontwerp een automaat met een 1-bit ingang en een 1-bit uitgang. De ingangswaarde wordt synchroon met de negatieve flank van een kloksignaal ingelezen. De automaat moet aan de volgende ontwerpeisen voldoen:

- de uitgangswaarde verandert van 0 naar 1, als aan de ingang 3 opeenvolgende enen worden aangeboden;
- de uitgangswaarde verandert van 1 naar 0, als aan de ingang 2 opeenvolgende nullen worden aangeboden;
- in alle andere gevallen blijft de uitgangswaarde onveranderd.
  - Definieer en benoem alle mogelijke toestanden

*Suggestie: begin met de toestand waarin de uitgang zojuist de waarde 0 heeft aangenomen.*

- Stel een toestandentabel op met de volgend kolommen: huidige toestand, huidige uitgangswaarde, ingangswaarde(n), volgende toestand, volgende uitgangswaarde.
- Teken het volledige overgangsdigram. Voorzie elke mogelijke overgang duidelijk van een label X/Y, waarbij X de ingangswaarde en Y de volgende uitgangswaarde is.

[\(oplossing\)](#)

---

[Frits Pleiter](#)

*Last modified on 29 September 1999*

# Oplossing opgave 6

S0 uitgangswaarde is zojuist 0 geworden en blijft zo totdat 3 opeenvolgende enen zijn ontvangen

S1 eerste 1 ontvangen; uitgangswaarde blijft 0

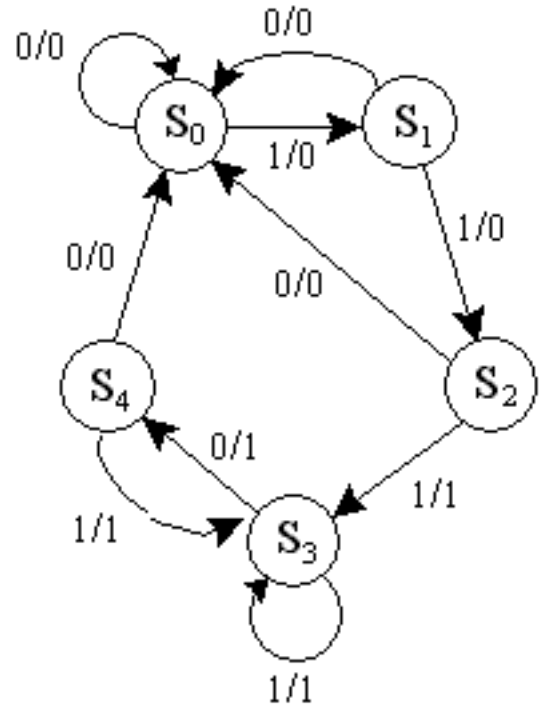
S2 tweede 1 ontvangen; uitgangswaarde blijft 0

S3 derde 1 ontvangen; uitgangswaarde wordt nu 1 en blijft zo totdat 2 opeenvolgende nullen zijn ontvangen

S4 eerste 0 ontvangen; uitgangswaarde blijft 1

S0 tweede 0 ontvangen; uitgangswaarde wordt nu 0

	huidige toestand		volgende toestand	
	uitgang	ingang	uitgang	
S <sub>0</sub>	0	0	S <sub>0</sub>	0
		1	S <sub>1</sub>	0
S <sub>1</sub>	0	0	S <sub>0</sub>	0
		1	S <sub>2</sub>	0
S <sub>2</sub>	0	0	S <sub>0</sub>	0
		1	S <sub>3</sub>	1
S <sub>3</sub>	1	0	S <sub>4</sub>	1
		1	S <sub>3</sub>	1
S <sub>4</sub>	1	0	S <sub>0</sub>	0
		1	S <sub>3</sub>	1



[Frits Pleiter](#)

Last modified on 11 October 1999

# Opgave 1

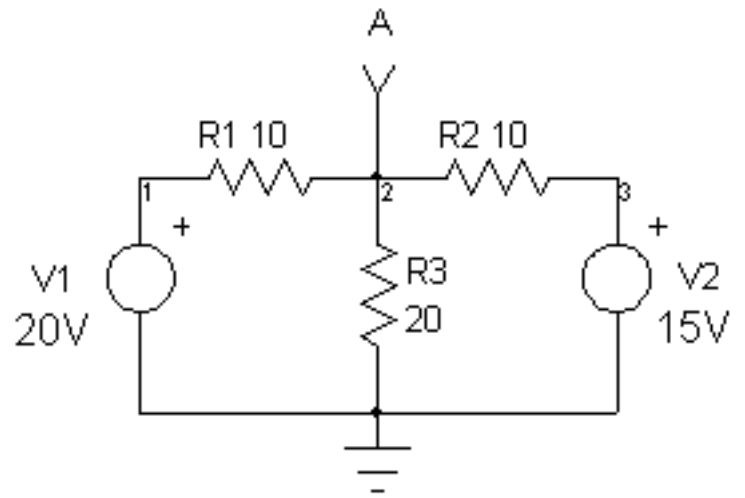
Gegeven is de schakeling in nevenstaande figuur. De spanningen zijn gegeven in volts, de weerstandswaarden in ohms.

- Bepaal de spanning in punt A.

[\(oplossing\)](#)

---

Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)



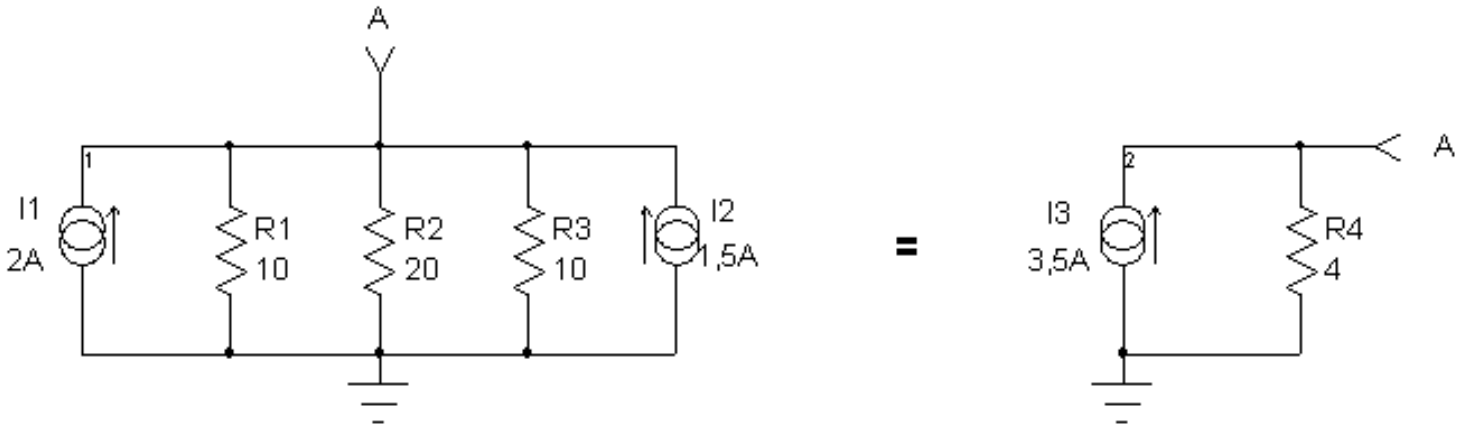
# Oplossing opgave 1

*methode 1: pas het superpositiebeginsel toe*

$$V_2 = V_1 \times (10//20) / (10 + 10//20) + V_3 \times (10//20) / (10 + 10//20)$$

$$= 35\text{V} \times (20/3) / (10 + 20/3) = 35\text{V} \times 2/5 = 14\text{V}$$

*methode 2: vervang de spanningsbronnen door Norton-equivalent*



$$R_1//R_2//R_3 = 10//20//10 = 4$$

$$I_1 + I_2 = 3,5 \text{ A}$$

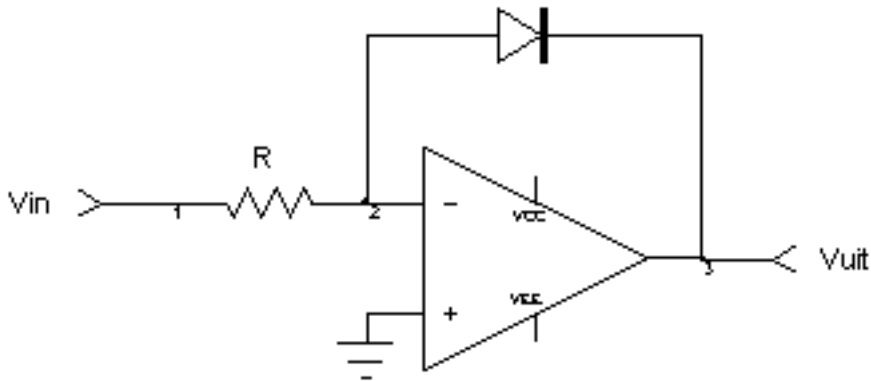
$$V_2 = 3,5 \times 4 = 14\text{V}$$

---

Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)

# Opgave 2

Onderstaande figuur geeft het vereenvoudigde schema van een logaritmische versterker. De hierin opgenomen OPAMP mag als ideaal worden beschouwd. De diodekarakteristiek wordt beschreven door de expressie  $I = I_S(e^{40V}-1)$ . Verder is  $R = 1 \text{ k}$  en  $I_S = 1 \text{ pA}$ .



- Toon aan dat  $V_{\text{uit}} = A \log(V_{\text{in}} / B)$  voor positieve waarden van de ingangsspanning. Bepaal de beide constanten A en B.
- Bereken de uitgangsspanning  $V_{\text{uit}}$  voor  $V_{\text{in}} = +1 \mu\text{V}$ ,  $+1 \text{ mV}$  en  $+1 \text{ V}$ .
- Een "echte" OPAMP is nooit ideaal. Noem tenminste twee niet-ideale kenmerken die de werking van de schakeling in figuur 2 desastreus (kunnen) beïnvloeden. Geef duidelijk aan waarom dit zo is.

[\(oplossing\)](#)

---

Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)



# Oplossing opgave 2

$$V_{\text{diode}} = V_- - V_{\text{uit}} = V_+ - V_{\text{uit}} = -V_{\text{uit}}$$

als  $V_{\text{in}} > 0$ , staat de diode in voorwaartse richting

$$\rightarrow V_{\text{in}} / R = I_S (e^{40V_{\text{diode}}} - 1) \approx I_S e^{40V_{\text{diode}}} = I_S e^{-40V_{\text{uit}}}$$

$$\rightarrow \log(V_{\text{in}} / I_S R) = -40 \log(e) V_{\text{uit}}$$

$$\rightarrow V_{\text{uit}} = -[40 \log(e)]^{-1} \log(V_{\text{in}} / I_S R) = A \log(V_{\text{in}} / B)$$

$$\rightarrow A = -[40 \log(e)]^{-1} = -58 \text{ mV} \quad B = I_S R = 10^{-12} \times 10^3 = 1 \text{ nV}$$

$$V_{\text{in}} = +1 \mu\text{V} \rightarrow V_{\text{uit}} = -58 \log(10^{-6} / 10^{-9}) = -58 \times 3 = -174 \text{ mV}$$

$$V_{\text{in}} = +1 \text{ mV} \rightarrow V_{\text{uit}} = -58 \log(10^{-3} / 10^{-9}) = -58 \times 6 = -348 \text{ mV}$$

$$V_{\text{in}} = +1 \text{ V} \rightarrow V_{\text{uit}} = -58 \log(1 / 10^{-9}) = -58 \times 9 = -522 \text{ mV}$$

als gevolg van de eindige ingangsstroom  $I_-$  vloeit slechts een deel van  $I(R)$  door de diode

$$\rightarrow \text{eis dat } |I_-| \ll V_{\text{in}} / R$$

als gevolg van de eindige offset-spanning  $V_{i0}$  is  $I(R)$  niet evenredig met deingangsspanning  $V_{\text{in}}$

$$\rightarrow \text{eis dat } |V_{i0}| \ll V_{\text{in}}$$

als gevolg van de eindige versterking  $A_0$  zijn  $V_-$  en  $V_+$  niet aan elkaar gelijk

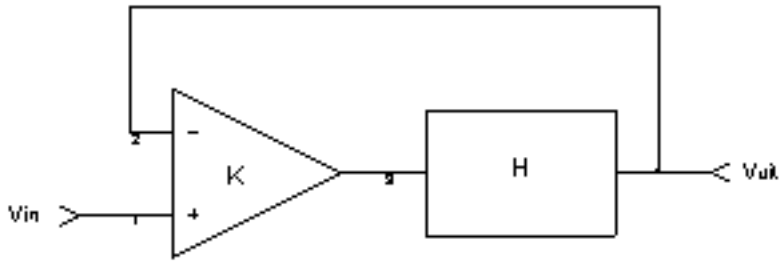
$$\rightarrow \text{eis dat } |V_{\text{uit}}| / A_0 \ll V_{\text{in}}$$

---

*Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)*

# Opgave 3

Een regelsysteem is opgebouwd volgens onderstaande figuur.



De overdracht H is

$$H(f) = \frac{1}{(1 + jf/f_0)^3}$$

De versterkingsfactor K is reëel en onafhankelijk van de frequentie.

- Bepaal de waarde van K waarvoor de fasemarge van dit systeem  $45^\circ$  is.
- Bepaal de versterkingsmarge voor de hierboven gevonden waarde van K.

[\(oplossing\)](#)

---

*Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)*

# Oplossing opgave 3

vanwege stabiliteit moet  $K > 0$  zijn; fasemarge =  $45^\circ$

$$\rightarrow \arg(KH) = \arg(H) = -3 \times \arg(1+jf/f_0) = -3\arctg(f/f_0) = -(180^\circ-45^\circ) = -135^\circ$$

$$\rightarrow \arctg(f/f_0) = 135^\circ/3 = 45^\circ$$

$$\rightarrow f/f_0 = 1$$

$$|KH| = K / |1+jf/f_0|^3 = K / |1+j|^3 = K / 2(2)^{1/2} = 1$$

$$\rightarrow K = 2(2)^{1/2}$$

$$\arg(KH) = -3\arctg(f/f_0) = -180^\circ$$

$$\rightarrow \arctg(f/f_0) = 180^\circ/3 = 60^\circ$$

$$\rightarrow f/f_0 = (3)^{1/2}$$

$$|KH| = 2(2)^{1/2} / |1+j(3)^{1/2}|^3 = 2(2)^{1/2} / 2^3$$

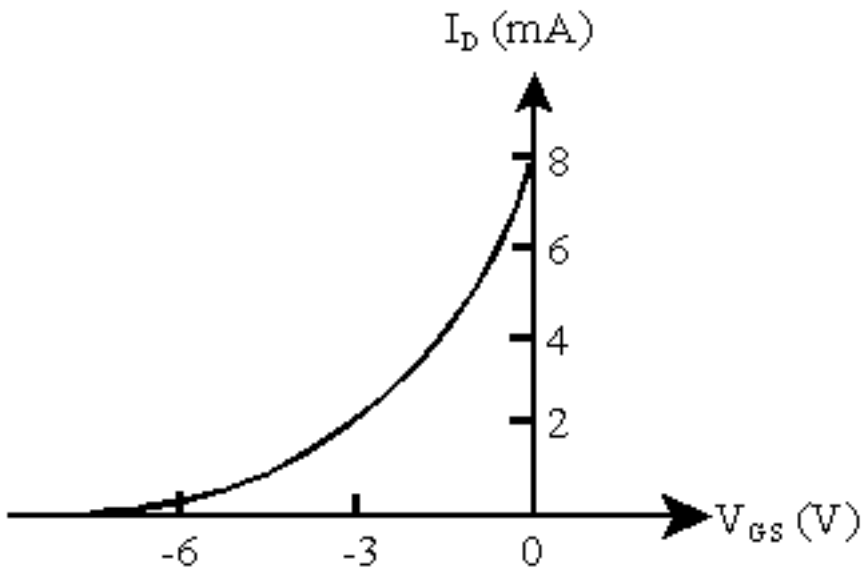
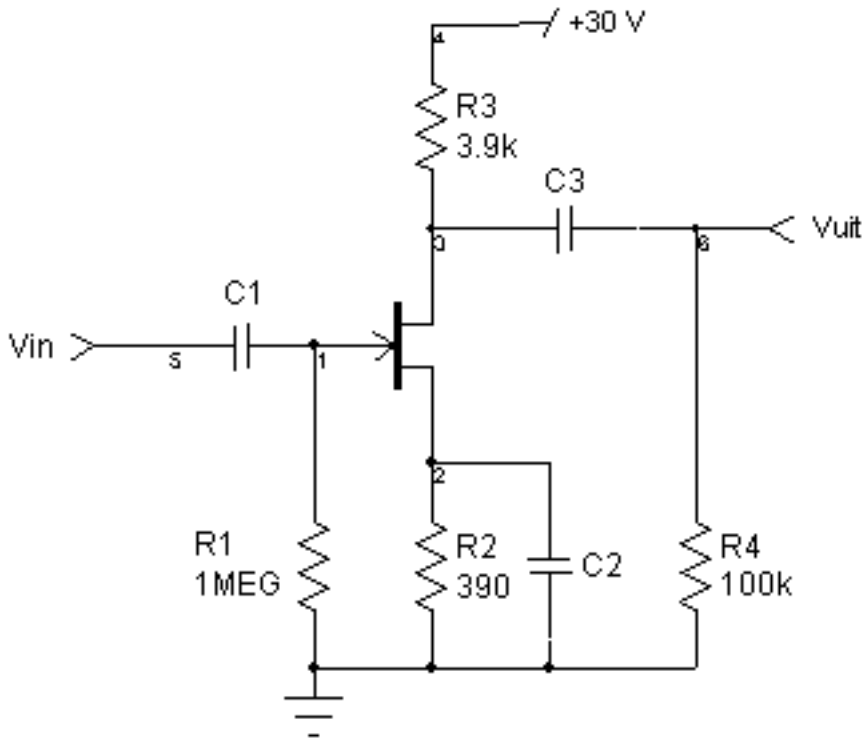
$$\rightarrow \text{versterkingsmarge} = 1 / |KH| = 2(2)^{1/2}$$

---

*Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)*

# Opgave 4

Beschouw de schakeling in de figuur linksonder. De ingangskarakteristiek van de JFET is gegeven in de figuur rechtsonder; ga ervan uit dat deze niet afhangt van de spanning tussen *source* en *drain*. Verder is  $r_d = 100 \text{ k}$ . De condensatoren mogen bij de beschouwde frequenties als kortsluitingen worden opgevat.



- Bereken de DC-instelling, te weten  $I_{\text{drain}}$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  en  $V_3$ .
- Bepaal de ingangsimpedantie  $R_{\text{in}}$  en de uitgangsimpedantie  $R_{\text{uit}}$  van de schakeling.
- Bepaal de AC-spanningsversterking  $v_{\text{uit}} / v_{\text{in}}$  van de schakeling.

[\(oplossing\)](#)

---

*Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)*

# Oplossing opgave 4

ingang van de JFET trekt geen stroom

$$\rightarrow V_1 = 0 \text{ V}$$

uit snijpunt van de ingangskarakteristiek en belastingslijn volgt dat  $I_{\text{drain}} = 4 \text{ mA}$

$$\rightarrow V_2 = I_{\text{drain}} R_2 = 4 \times 0,39 = 1,6 \text{ V}$$

$$V_3 = 30 - I_{\text{drain}} R_3 = 30 - 4 \times 3,9 = 14,4 \text{ V}$$

ingangsimpedantie:  $R_{\text{in}} = R_1 = 1 \text{ M}$

uitgangsimpedantie:  $R_{\text{uit}} = 100\text{k} // 3,9\text{k} // 100\text{k} = 3,6 \text{ k}$

AC-spanningsversterking:

$$i_{\text{drain}} = g_m (v_1 - v_2) = g_m v_1 = g_m v_{\text{in}}$$

$$v_{\text{uit}} = -i_{\text{drain}} R_{\text{uit}} = -g_m R_{\text{uit}} v_{\text{in}}$$

uit de ingangskarakteristiek volgt dat  $g_m = 6/4 = 1,5 \text{ mA/V}$  voor  $I_{\text{drain}} = 4 \text{ mA}$

$$\rightarrow v_{\text{uit}} / v_{\text{in}} = -1,5 \times 3,6 = -5,4$$

---

*Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)*

# Opgave 5

De pariteit van een binair woord is "even" als een even aantal bits van het woord de logische waarde "1" heeft, en "oneven" als dit aantal oneven is. Beschouw nu een woord bestaande uit 4 bits.

- Ontwerp een schakeling waarvan de uitgang dan en slechts dan de waarde "1" (= true) heeft als de pariteit van het woord aan de ingang oneven is.
- Geef een elektronische realisatie van het ontwerp.
- Breid de schakeling uit met één externe lijn waarmee kan worden geschakeld tussen "even" (uitgang is "1" voor even pariteit) en "oneven" (uitgang is "1" voor oneven pariteit).

[\(oplossing\)](#)

---

*Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)*

# Oplossing opgave 5

noem de 4 inganglijnen A, B, C en D, en de uitgang P

A	B	C	D	P
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

	CD	00	01	11	10
AB					
00		0	1	0	1
01		1	0	1	0
11		0	1	0	1
10		1	0	1	0

P =

$$\begin{aligned} & \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot \overline{D} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot D + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C \cdot \overline{D} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C \cdot D + \\ & A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot \overline{D} + A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot D + A \cdot \overline{B} \cdot C \cdot \overline{D} + A \cdot \overline{B} \cdot C \cdot D + \end{aligned}$$

bedenk dat:

$$\text{XOR}(AB) = \text{NOT}(A) \cdot B + A \cdot \text{NOT}(B)$$

$$\text{XNOR}(AB) = \text{NOT}(A) \cdot \text{NOT}(B) + A \cdot B$$

dan kan P worden herschreven tot:

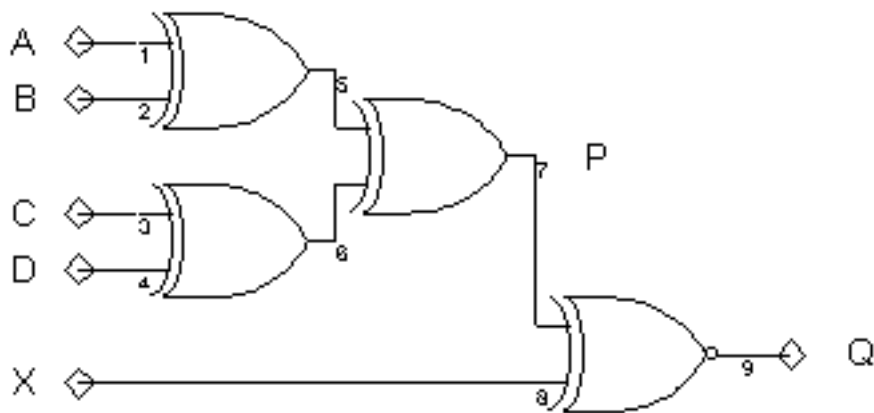
$$\begin{aligned} P &= \text{NOT}(A) \cdot \text{NOT}(B) \cdot \text{XOR}(CD) + \text{NOT}(A) \cdot B \cdot \text{XNOR}(CD) + A \cdot B \cdot \text{XOR}(CD) + \\ & A \cdot \text{NOT}(B) \cdot \text{XNOR}(CD) \\ &= \text{XNOR}(AB) \cdot \text{XOR}(CD) + \text{XOR}(AB) \cdot \text{XNOR}(CD) \\ &= \text{XOR}\{\text{XOR}(AB) \text{ XOR}(CD)\} \end{aligned}$$

noem de externe stuurlijn X en de nieuwe uitgang Q

kies de sturing zodanig dat  $Q = P$  als  $X = 1$  en  $Q = \overline{P}$  als  $X = 0$

$$\rightarrow Q = \text{NOT}(X) \cdot \text{NOT}(P) + X \cdot P = \text{XNOR}(XP)$$





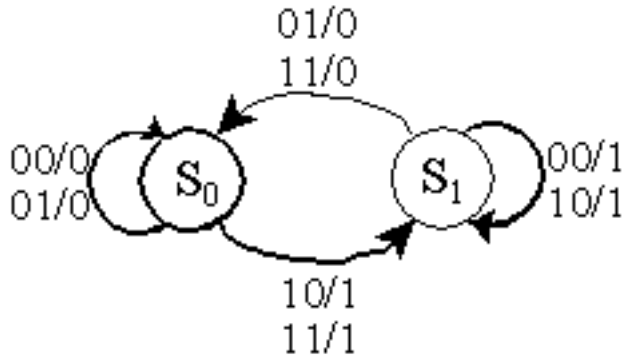
	P	0	1
X			
0		1	0
1		0	1

$$Q = \overline{\overline{X}} \cdot \overline{\overline{P}} + XP$$

Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)

# Opgave 6

Een automaat met een 2-bit ingang en een 1-bit uitgang wordt beschreven door het toestandendiagram in onderstaande figuur. De overgangen verlopen synchroon met met een kloksignaal en zijn in het diagram gemerkt met een label  $XY/Z$ , waarbij  $\{XY\}$  de ingangswaarden vóór de overgang zijn en  $Z$  de uitgangswaarde ná de overgang is.



- Maak een "state transition table", d.w.z. een tabel waarin alle toestanden en alle overgangen tussen toestanden voorkomen.
- Ontwerp op een systematische manier een circuit dat voldoet aan de beschrijving van de automaat. Maak hierbij gebruik van JK-flipflops van het type master-slave.
- Geef een elektronische realisatie van het ontwerp.

[\(oplossing\)](#)

---

*Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)*

# Oplossing opgave 6

Voor 2 toestanden is 1 flipflop voldoende

oude toestand					nieuwe toestand		aansturing flipflop		
Q	Z	X	Y	Q	J	K			
$S_0$	0	0	0	0	$S_0$	0	x		
			0	1	$S_0$	0	x		
			1	0	$S_1$	1	x		
			1	1	$S_1$	1	x		
$S_1$	1	1	0	0	$S_1$	1	x	0	
			0	1	$S_0$	0	x	1	
			1	0	$S_1$	1	x	0	
			1	1	$S_0$	0	x	1	

	XY	00	01	11	10
Q					
0		0	0	1	1
1		x	x	x	x

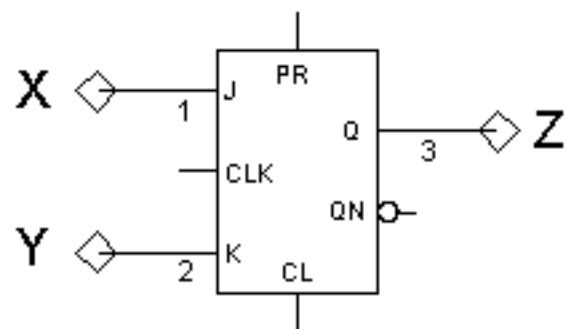
$$J = X$$

	XY	00	01	11	10
Q					
0		0	0	0	0
1		1	1	1	1

$$Z = Q$$

	XY	00	01	11	10
Q					
0		x	x	x	x
1		0	1	1	0

$$K = Y$$



Last modified on 28 Februari 2000 by [Frits Pleiter](#)