

Les B-02 Technologie: elektronische schakelingen

In de module A heb je geleerd hoe informatie (getallen, tekens, beeldpunten) door een binaire waarde, een reeks 0-en en 1-en, kan worden gerepresenteerd. De computer bewerkt deze waarden en doet dat met behulp van elektronische **schakelingen**. Deze elektronische schakelingen worden ook wel logische schakelingen genoemd omdat ze logische operaties uitvoeren en ook wel **poorten** genoemd omdat ze, afhankelijk van invoersignalen (stroompjes), wel of geen signaal (stroompje) doorlaten.

In deze les wordt behandeld op welke manier elektronische schakelingen met binaire waarden kunnen rekenen. Uitgelegd wordt hoe met behulp van poorten twee binaire getallen kunnen worden opgeteld. De bedoeling daarvan is dat je een indruk krijgt hoe stroompjes en schakelingen voor de gegevensverwerking in een computer kunnen zorgen.

Bij deze les heb je het programma Multimedia Logic (MMLOGIC.EXE) nodig.

2.1 Optellen in het decimale getallenstelsel en binaire getallenstelsel

Wanneer je twee decimale getallen bij elkaar optelt:

$$\begin{array}{r} 19 \\ \underline{35} \\ 54 \end{array}$$

maak je gebruik van de rekenregel “één onthouden”. Het optellen van de eenheden “9” en “5” levert als resultaat “14”, zodat er één tiental extra nodig is die bij het optellen van de tientallen “1” en “3” moet worden meegerekend.

Het optellen van twee binaire getallen werkt vergelijkbaar. Hieronder staan alle mogelijkheden voor het optellen van binaire getallen van één cijfer.

$$\begin{array}{r} 0 \\ \underline{0} \\ 00 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0 \\ \underline{1} \\ 01 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \underline{0} \\ 01 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \underline{1} \\ 10 \end{array}$$

Bij het optellen van twee binaire getallen van één cijfer ontstaat een binair getal van hooguit twee cijfers. Het optellen van de eenheden “1” en “1” levert als resultaat “2”, zodat er één tweetal extra nodig is die bij het optellen van de tweetallen moet worden meegerekend. De rekenregel “één onthouden” werkt hier dus ook.

Bij het optellen van twee binaire getallen van twee cijfers werkt het net zo:

$$\begin{array}{r} 10 \\ \underline{01} \\ 11 \end{array} \quad \begin{array}{r} 01 \\ \underline{00} \\ 01 \end{array} \quad \begin{array}{r} 11 \\ \underline{11} \\ 110 \end{array} \quad \begin{array}{r} 11 \\ \underline{10} \\ 101 \end{array} \quad \begin{array}{r} 01 \\ \underline{01} \\ 10 \end{array} \quad \begin{array}{r} 11 \\ \underline{01} \\ 100 \end{array}$$

Bij het optellen van twee binaire getallen van twee cijfers ontstaat een binair getal van (hooguit) drie cijfers.

2.2 Rekenregels voor elektronische schakelingen

In de computer zitten schakelingen die op basis van stroompjes die ze ontvangen op een bepaalde manier reageren. We noemen ze poorten. Met behulp van deze schakelingen kunnen we de computer wiskundige operaties laten uitvoeren. In de volgende paragrafen leer je hoe je met behulp van EN-poorten en (X-)OF-poorten twee binaire getallen kunt optellen.

We bekijken voor het gemak het optellen van twee binaire getallen van één cijfer:

$$\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 1 \\ \underline{0} & \underline{1} & \underline{0} & \underline{1} \\ 00 & 01 & 01 & 10 \end{array}$$

Daarbij moet als volgt gerekend worden:

voor het eerste getal:

$$\begin{array}{l} 0 + 0 = 0 \\ 0 + 1 = 0 \\ 1 + 0 = 0 \\ 1 + 1 = 1 \end{array}$$

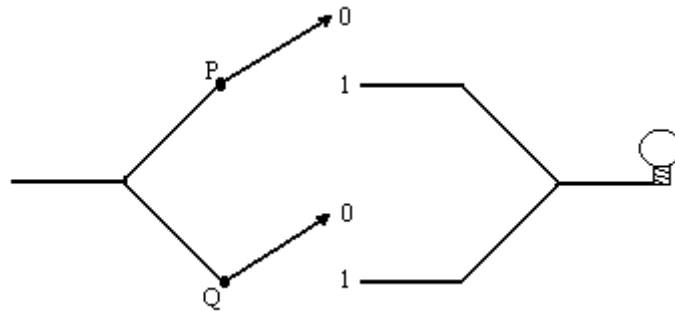
voor het tweede getal:

$$\begin{array}{l} 0 + 0 = 0 \\ 0 + 1 = 1 \\ 1 + 0 = 1 \\ 1 + 1 = 0 \end{array}$$

We gaan nu kijken met wat voor soort elektronische schakelingen we deze berekening kunnen uitvoeren.

2.3 De OF-poort.

Twee schakelaars P en Q kunnen beide een stroompje afgeven aan de OF-poort. Een OF-poort laat een stroompje door wanneer of schakelaar P of schakelaar Q aanstaat of beide.

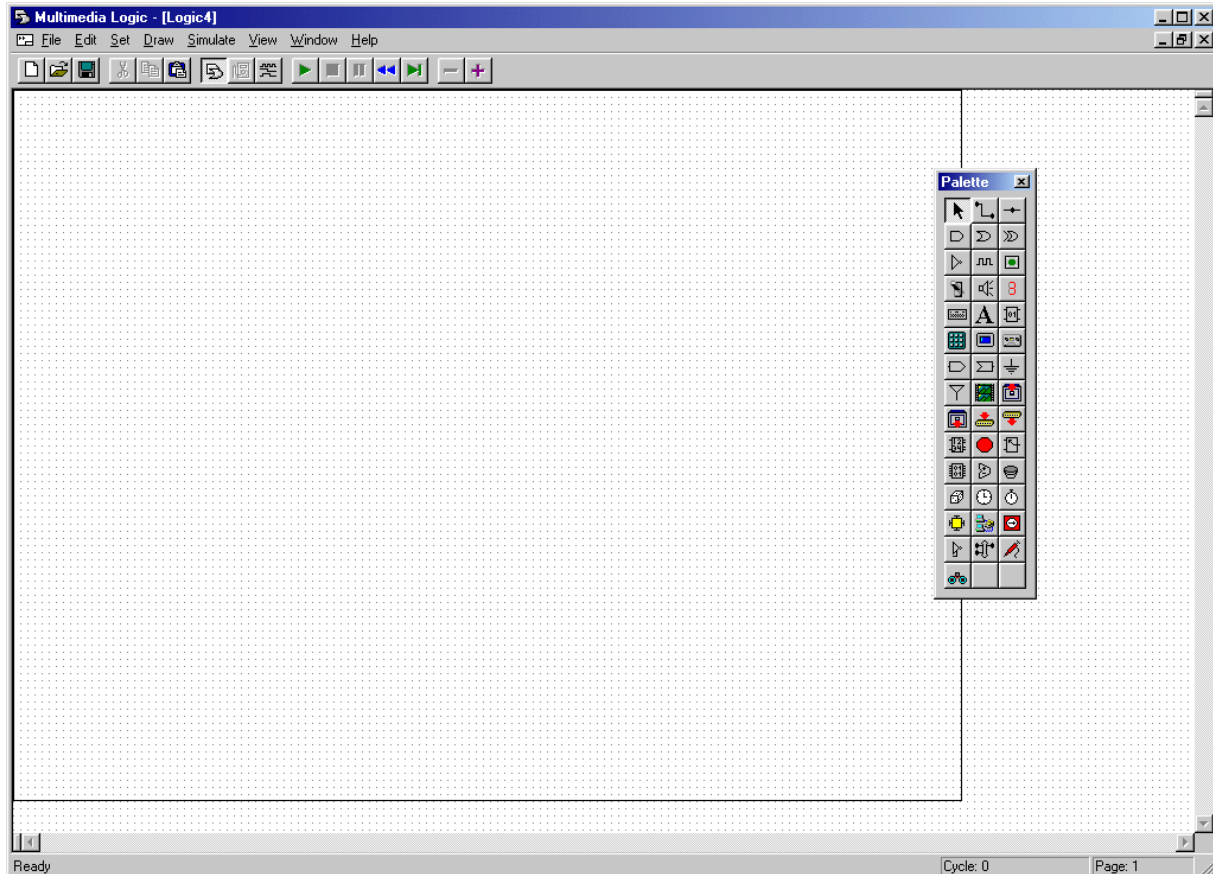


figuur 2.1 weergave van een OF-poort

De verschillende uitkomsten van de OF-poort zijn dus:

P	Q	P OF Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

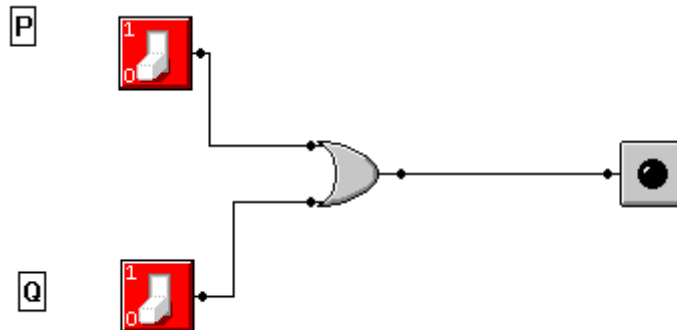
We gaan deze schakeling nabootsen met een programma dat Multimedia Logic heet. Als je het programma opstart zie je de onderstaande interface:



figuur 2.2 Interface van Multimedia Logic

Met de Palette-tool, zoals je die hiernaast ziet, kun je onderdeeljes op het scherm zetten.

Een OF-poort in Multimedia Logic ziet er als volgt uit:



figuur 2.3 De OF-poort in Multimedia Logic



OPDRACHT

Opdracht 2.1

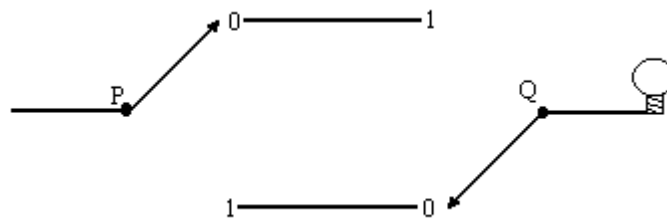
Bouw het scherm van de OF-poort.
Gebruik de juiste schakelaars, verbindingen en LEDs.
Controleer of de OF-poort de resultaten oplevert uit de tabel.

Let op! Als je het scherm hebt nagebouwd, kun je de schakeling laten werken door op het start-pictogram (PLAY) te klikken.

Merk op dat met uitzondering van het resultaat 1 en 1 geeft 1 de OF-poort de tweede bit oplevert bij het optellen van twee binaire getallen bestaand uit één cijfer.

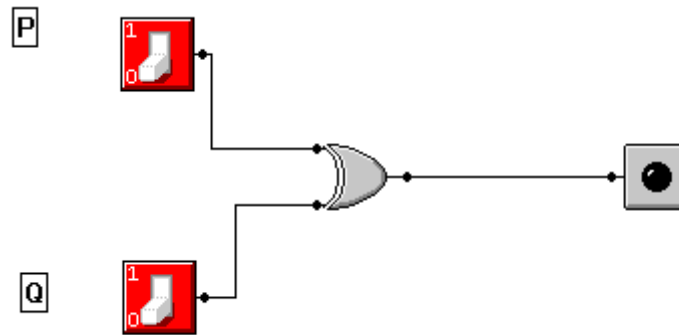
2.4 De XOF-poort.

De exclusieve (X) OF-poort laat een stroompje door wanneer of schakelaar P of schakelaar Q aanstaat maar niet wanneer beide aanstaan.



figuur 2.4 De XOF-poort

In Multimedia Logic ziet de XOF-poort er als volgt uit:



figuur 2.5 De XOF-poort in Multimedia Logic

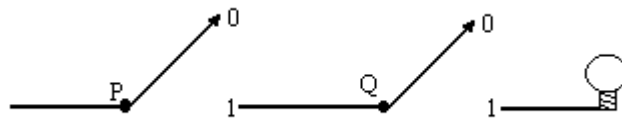
De verschillende uitkomsten van de XOF-poort zijn dus:

P	Q	P XOF Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

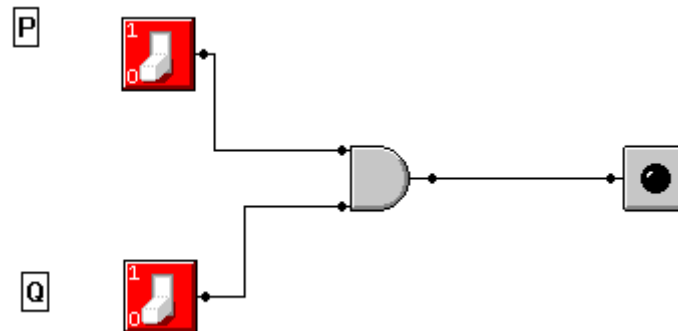
De XOF-poort geeft dus precies de tweede bit bij het optellen van twee binaire getallen bestaand uit één cijfer (zie de rekenregels in les A-10 paragraaf 10.2) !

2.5 De EN-poort.

Twee schakelaars P en Q kunnen beide een stroompje afgeven aan de EN-poort. Een EN-poort laat alleen een stroompje door wanneer èn schakelaar P èn schakelaar Q aanstaan.



figuur 2.6 De EN-poort



figuur 2.7 De EN-poort in Multimedia Logic

De verschillende uitkomsten van de EN-poort zijn dus:

P	Q	P EN Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Merk op dat de EN-poort precies de eerste bit oplevert bij het optellen van twee binaire getallen bestaand uit één cijfer.

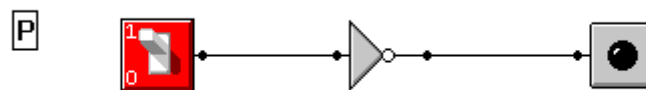
2.6 De NIET-poort.

Een schakelaar P kan een stroompje afgeven aan de NIET-poort. Komt er een stroompje binnen in de NIET-poort dan geeft deze geen stroompje af en komt er geen stroompje binnen dan geeft de NIET-poort wel een stroompje af.

OPDRACHT

Opdracht 2.2

Bekijk nogmaals de plaatjes bij de OF-poort, de XOF-poort en de EN-poort.
Hoe zal een NIET-poort er uitzien?



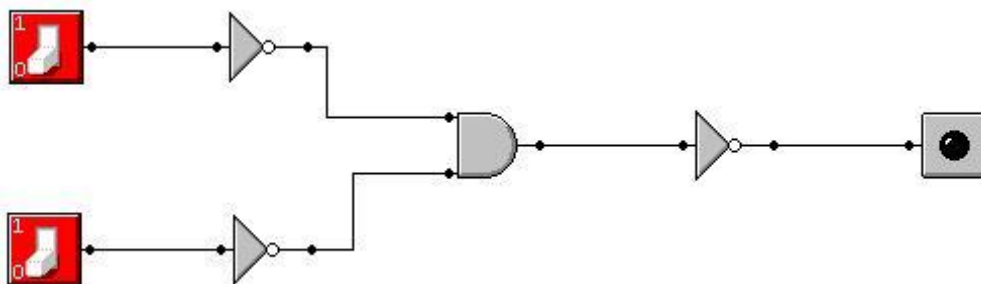
figuur 2.8 De NIET-poort in Multimedia Logic

De verschillende uitkomsten van de NIET-poort zijn dus:

P	NIET P
0	1
1	0

OPDRACHT

Opdracht 2.3



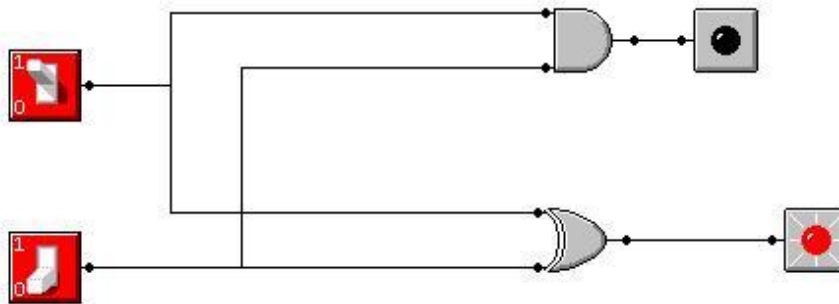
figuur 2.9 Een schakeling die door één enkele schakeling kan worden vervangen

Hoe gedraagt bovenstaande schakeling zich?

- A** EN-poort **B** OF-poort **C** XOF-poort **D** NIET-poort

2.7 Binair optellen met een EN-poort en een XOF-poort

Op de voorgaande pagina's is uitgelegd dat bij het optellen van binaire getallen van één cijfer de EN-poort de eerste bit geeft en de XOF-poort de laatste bit. Op een eenvoudige manier kan je dus met deze twee schakelingen een binaire optelling uitvoeren:



figuur 2.10 De optelschakeling voor binaire getallen van één cijfer.

Zoals je in figuur 2.10 ziet geeft 1 en 0 als resultaat 01 (EN-poort 0 en XOF-poort 1).

OPDRACHTEN

Opdracht 2.4

Bouw de optelschakeling voor binaire getallen van één cijfer uit figuur 9.10 na in Multimedia Logic. Controleer of je optelschakeling de juiste resultaten geeft:

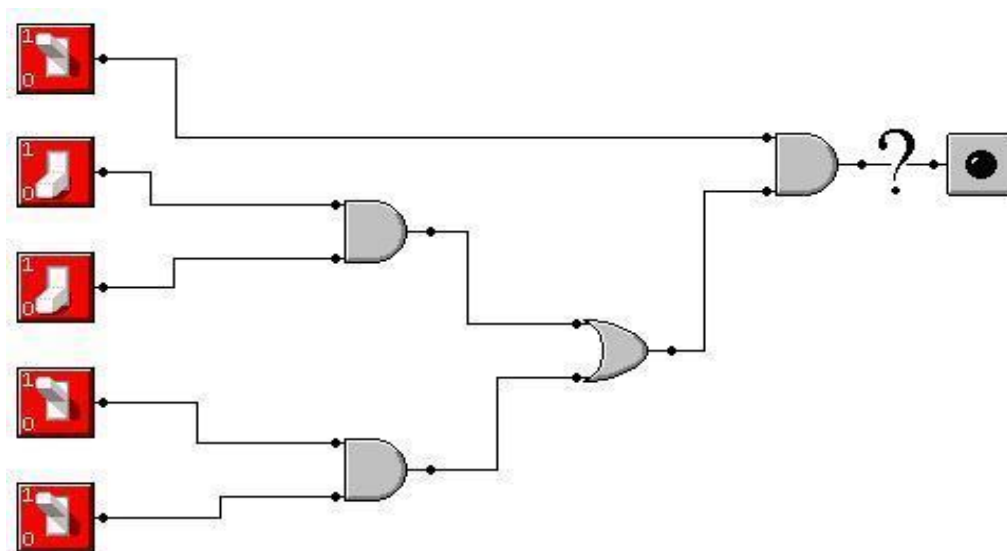
0	0	1	1
$\frac{0}{00}$	$\frac{1}{01}$	$\frac{0}{01}$	$\frac{1}{10}$

Opdracht 2.5

Zal het lampje in onderstaande afbeelding branden of niet?

Probeer het eerst te beredeneren zonder gebruik te maken van het programma.

Controleer je antwoord daarna door de schakeling na te bouwen.

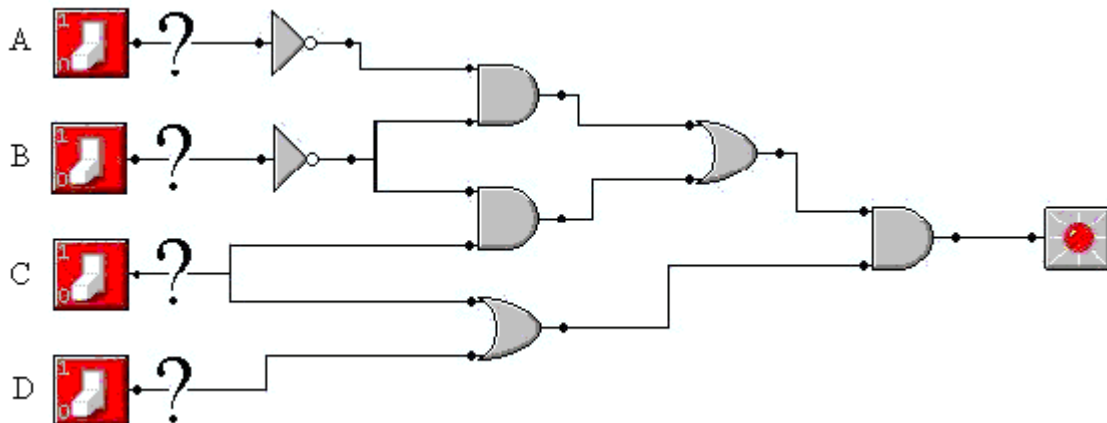


figuur 2.11 Brandt het lampje?

OPDRACHTEN

Opdracht 2.6

Welke waarden moeten de schakelaars A, B, C en D in figuur hebben om het lampje te laten branden?



figuur 2.12 Welke waarden hebben de schakelaars A, B, C en D ?

Opdracht 2.7

Mogelijkheden voor het optellen van binaire getallen bestaand uit twee cijfers zijn:

10	01	11	11	01	11
<u>01</u>	<u>00</u>	<u>11</u>	<u>10</u>	<u>01</u>	<u>01</u>
11	01	110	101	10	100

Als je logisch nadenkt over deze binaire optellingen kom je tot de volgende conclusie:

- Het laatste cijfer van de optelling is alleen “1” als één van de twee laatste cijfers van de twee getallen de waarde “1” heeft.
- Het middelste cijfer van de optelling is “1” als er:
 - o of “één onthouden” moet worden (beide laatste cijfers zijn “1”) en geen van de eerste cijfers van de twee getallen is “1” of beide eerste cijfers zijn “1”
 - o of geen “één onthouden” moet worden (niet beide laatste cijfers zijn “1”) en één van de eerste cijfers van de twee getallen is “1”
- Het eerste cijfer van de optelling is “1” als:
 - o of beide eerste cijfers “1” zijn (ongeacht de laatste cijfers)
 - o of er “één onthouden” moet worden en één van beide eerste cijfers “1” zijn

Probeer de bovenstaande optelregels te vertalen in een schakeling in Multimedia Logic die binaire getallen van twee cijfers optelt!

2.8 Samenvatting

Een optelling van binaire getallen van één cijfer heeft de mogelijkheden:

$$\begin{array}{r} 0 \\ \underline{0} \\ 00 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0 \\ \underline{1} \\ 01 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \underline{0} \\ 01 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \underline{1} \\ 10 \end{array}$$

Met behulp van **schakelingen** of **poorten** kunnen we deze optelling verrichten.

We onderscheiden de:

OF-poort
XOF-poort
EN-poort
NIET-poort

Van deze poorten dien je de werking te kennen.

De XOF-poort geeft precies de laatste bit van de optelling:

P	Q	P XOF Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

De EN-poort geeft precies de eerste bit van de optelling:

P	Q	P EN Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Met behulp van een XOF-poort en een EN-poort kunnen dus twee binaire getallen van één cijfer worden opgeteld.

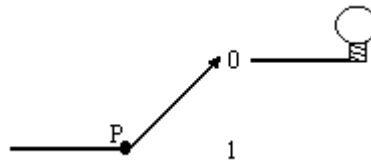
Het programma **Multimedia Logic** maakt het mogelijk om schakelingen te bouwen.

ANTWOORDEN**Opdracht 2.1**

Als je de juiste poort hebt gebruikt, de OF-poort, kloppen de resultaten met de tabel.

Opdracht 2.2

De NIET-poort ziet er als volgt uit:

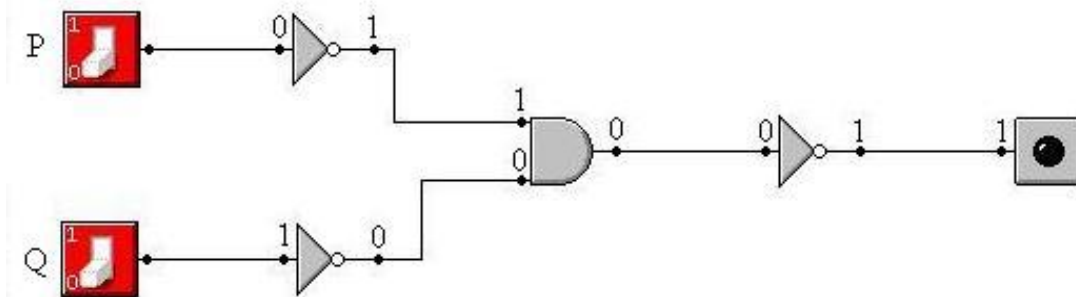


figuur 12.13 De NIET-poort

Komt er een stroompje binnen in de NIET-poort dan geeft deze geen stroompje af en komt er geen stroompje binnen dan geeft de NIET-poort wel een stroompje af.

Opdracht 2.3

Een mogelijke toestand van de schakeling is (P = uit = 0, Q = aan = 1):



figuur 2.14 Een mogelijke toestand van de schakeling

Voor elke mogelijke toestand kan je “doorrekenen” of het lampje brandt:

P	Q	RESULTAAT
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

De schakeling gedraagt zich dus als een OF-poort.

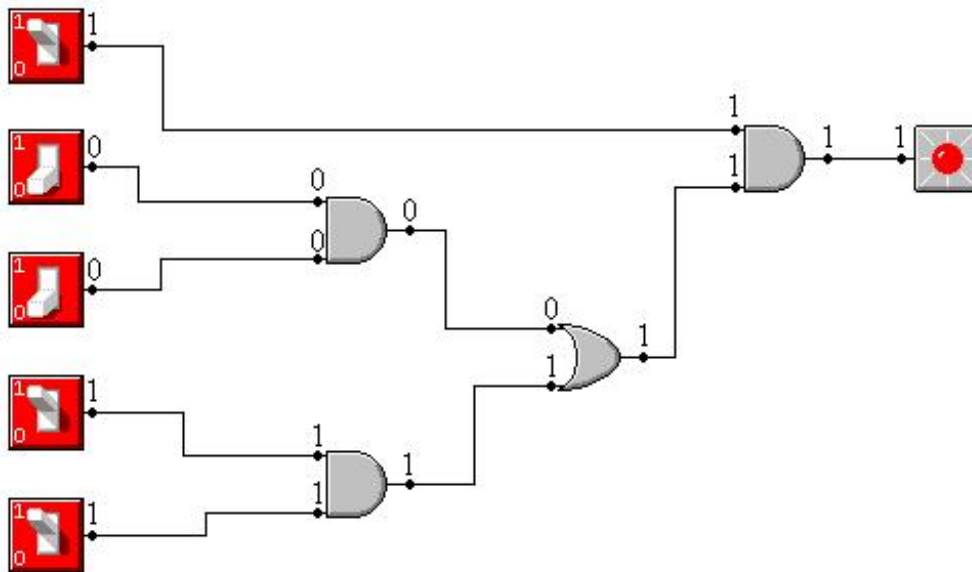
Opdracht 2.4

Als je de schakeling goed hebt nagebouwd, kloppen de resultaten van de optellingen.

ANTWOORDEN

Opdracht 2.5

Hieronder is doorberekend wat de schakeling doet:

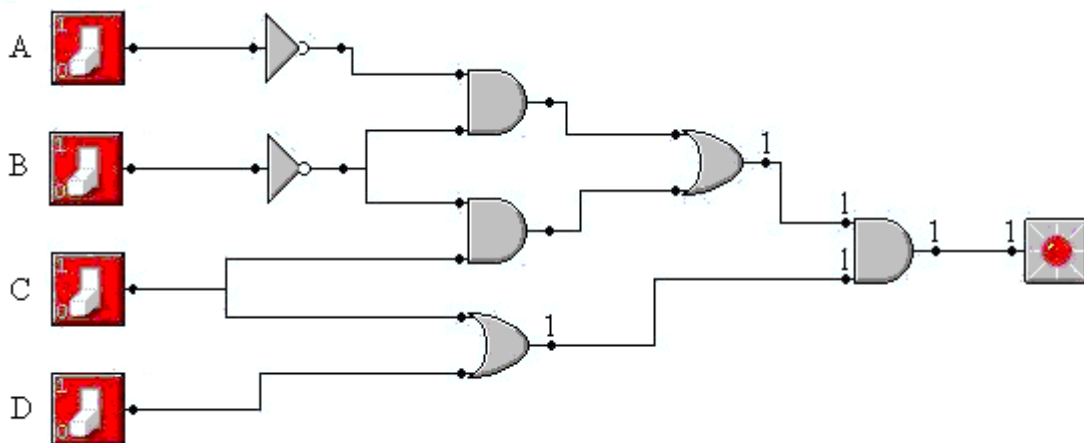


figuur 2.15 Doorberekening van de schakeling uit figuur 9.11.

Conclusie: het lampje brandt!

Opdracht 2.6

Het eerste deel van de schakeling is, van achter naar voren, eenvoudig te herleiden:



figuur 2.16 Doorberekening van de schakeling uit figuur 9.12

De OF-poorten geven vervolgens verschillende mogelijkheden.

In elk geval kan de schakelaar D aanstaan, dat hoeft echter niet als schakelaar C aanstaat. Voor de bovenste drie schakelaars geldt: Om of één van de EN-poorten of beide EN-poorten een "1" af te laten geven moeten de bovenste twee schakelaars een "0" afgeven. De derde schakelaar mag dan een "0" of een "1" afgeven.

De oplossingen zijn dus (van A naar D): 0 0 0 1, 0 0 1 1 en 0 0 1 0

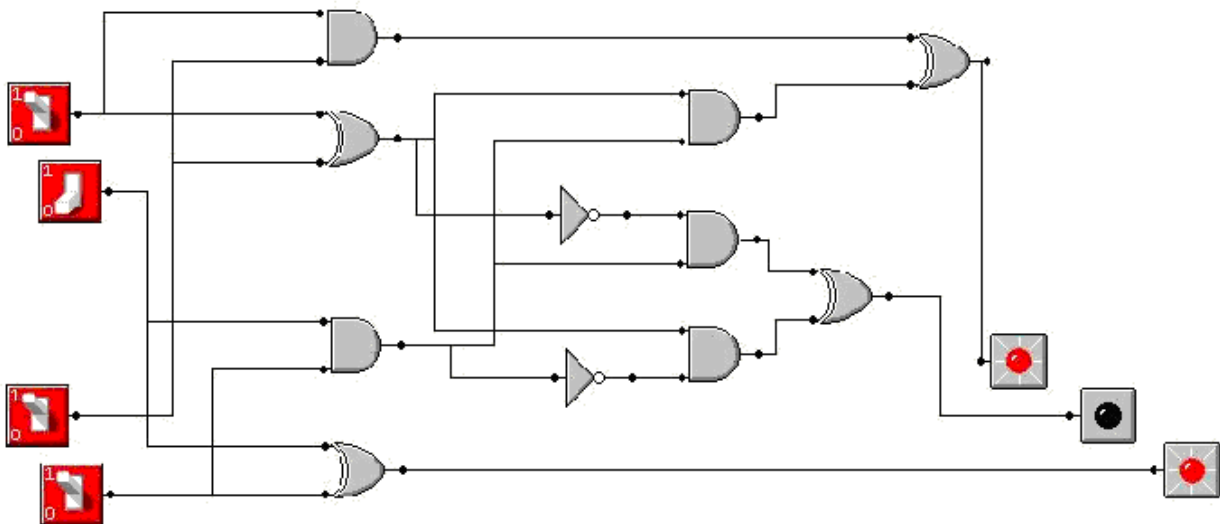
ANTWOORDEN

Opdracht 2.7

De regels:

- *Het laatste cijfer van de optelling is alleen "1" als één van de twee laatste cijfers van de twee getallen de waarde "1" heeft.*
- *Het middelste cijfer van de optelling is "1" als er:*
 - o *of "één onthouden" moet worden (beide laatste cijfers zijn "1") en geen van de eerste cijfers van de twee getallen is "1" of beide eerste cijfers zijn "1"*
 - o *of geen "één onthouden" moet worden (niet beide laatste cijfers zijn "1") en één van de eerste cijfers van de twee getallen is "1"*
- *Het eerste cijfer van de optelling is "1" als:*
 - o *of beide eerste cijfers "1" zijn (ongeacht de laatste cijfers)*
 - o *of er "één onthouden" moet worden en één van beide eerste cijfers "1" zijn*

kunnen worden vertaald in de logische schakeling:



De optelregels zijn vertaald in elektronische schakelingen:

Hierboven staat: 10 en 11 geeft 101.

Uit het plaatje kan je aflezen hoe bijvoorbeeld de regel:

Het laatste cijfer van de optelling is alleen "1" als één van de twee laatste cijfers van de twee getallen de waarde "1" heeft.

werkt.