



## Stichting NIOC en de NIOC kennisbank

Stichting NIOC ([www.nioc.nl](http://www.nioc.nl)) stelt zich conform zijn statuten tot doel: het realiseren van congressen over informatica onderwijs en voorts al hetgeen met een en ander rechtstreeks of zijdelings verband houdt of daartoe bevorderlijk kan zijn, alles in de ruimste zin des woords.

De stichting NIOC neemt de archivering van de resultaten van de congressen voor zijn rekening. De website [www.nioc.nl](http://www.nioc.nl) ontsluit onder "Eerdere congressen" de gearchiveerde websites van eerdere congressen. De vele afzonderlijke congresbijdragen zijn opgenomen in een kennisbank die via dezelfde website onder "NIOC kennisbank" ontsloten wordt.

Op dit moment bevat de NIOC kennisbank alle bijdragen, incl. die van het laatste congres (NIOC2023, gehouden op donderdag 30 maart 2023 jl. en georganiseerd door NHL Stenden Hogeschool). Bij elkaar bijna 1500 bijdragen!

We roepen je op, na het lezen van het document dat door jou is gedownload, de auteur(s) feedback te geven. Dit kan door je te registreren als gebruiker van de NIOC kennisbank. Na registratie krijg je bericht hoe in te loggen op de NIOC kennisbank.

Het eerstvolgende NIOC vindt plaats op donderdag 27 maart 2025 in Zwolle en wordt dan georganiseerd door Hogeschool Windesheim. Kijk op [www.nioc2025.nl](http://www.nioc2025.nl) voor meer informatie.

Wil je op de hoogte blijven van de ontwikkeling rond Stichting NIOC en de NIOC kennisbank, schrijf je dan in op de nieuwsbrief via

[www.nioc.nl/nioc-kennisbank/aanmelden-nieuwsbrief](http://www.nioc.nl/nioc-kennisbank/aanmelden-nieuwsbrief)

Reacties over de NIOC kennisbank en de inhoud daarvan kun je richten aan de beheerder:

R. Smedinga [kennisbank@nioc.nl](mailto:kennisbank@nioc.nl).

Vermeld bij reacties jouw naam en telefoonnummer voor nader contact.

## Digitale techniek met relais

W. van Prooijen  
De Vrije School  
Waalsdorperweg 12  
2597 JB 's Gravenhage

### Samenvatting

Op de Vrije Scholen wordt bij het vak Computertechniek het werken met "black boxes" pas toegepast, nadat de leerlingen eerst de werking van het inwendige hebben doorgrond. In dit artikel wordt dat duidelijk gemaakt met de uitleg van enige beginselen van de digitale techniek.

### 1 Inleiding

Op de Vrije School in Den Haag wordt sinds 1985 in de 10e klassen (15 à 16-jarigen) het vak Digitale Techniek onderwezen. Dit maakt deel uit van het onderwijs in computertechnologie in de bovenbouw van de Vrije School, dwz. de klassen 9 t/m 12 (14- t/m 18-jarigen). Dankzij regelmatig overleg tussen de Vrije Scholen in Nederland, gebundeld via het Vrij Pedagogisch Centrum te Driebergen, ziet het "computer"-leerplan er ruwweg als volgt uit.

In klas 9 en 10 wordt de hardware beoefend. Hierbij maken we gebruik van een typisch Vrije Schools pedagogisch beginsel, namelijk dat het voor het begrijpen van een bepaald stuk techniek uitermate nuttig kan zijn om de historische lijn te volgen die tot deze techniek heeft geleid. In de praktijk nemen we uit deze ontwikkeling natuurlijk een aantal fasen, echter zó gekozen, dat het geheel daaruit zichtbaar kan worden. In dit geval kiezen we uit de ontwikkeling van de computer het toepassen van relais, zoals dat oorspronkelijk rond 1940 gebeurde bij de diverse machines van Zuse, Stibitz en Aiken. Op veel Vrije Scholen worden thans allerlei relais-kastjes in klas 9 gesoldeerd; in klas 10 kan er dan mee geschakeld worden.

In klas 11 wordt de sprong gemaakt naar de huidige computer, meestal de PC. De nadruk komt nu te liggen op de software-kant, dus hoe programmeren we deze enorme



hoeveelheid "schakelaars" zó dat het ding doet wat wij willen. De keuze voor de - in didactisch opzicht - handigste programmeertaal is nog niet definitief gemaakt; wel is het streven aanwezig de taal zo laag mogelijk te kiezen, zodat enig begrip van de werking van de microprocessor kan ontstaan.

In klas 12 wordt aandacht aan de verschillende toepassingen van de computer in de maatschappij besteed. Hieruit kan hopelijk een oordeelsvorming volgen over de gebieden waar computergebruik al dan niet gewenst is en over de consequenties in positieve en negatieve zin.

Wat betreft de pedagogische doelstelling van het onderwijs in techniek in het algemeen, de volgende opmerkingen. Het doel is de jonge mens van deze tijd een aantal beginselen van enige algemene technieken duidelijk te maken. De achtergrond daarvan is nog niet eens zozeer in het praktische nut "voor later" gelegen, maar in het in aanraking komen met dié door mensen bedachte principes die tegenwoordig zo sterk het aanzien van onze wereld bepalen. Het zijn namelijk juist deze principes, die als ideëngoed opvoedend werken op de ontwakende ziel van de lange mens. Daarbij gaat het uiteraard niet om een complete opleiding in dit soort vakken. Er moeten dus keuzes worden gemaakt. Bij die keuzes kunnen de volgende eisen worden gesteld:

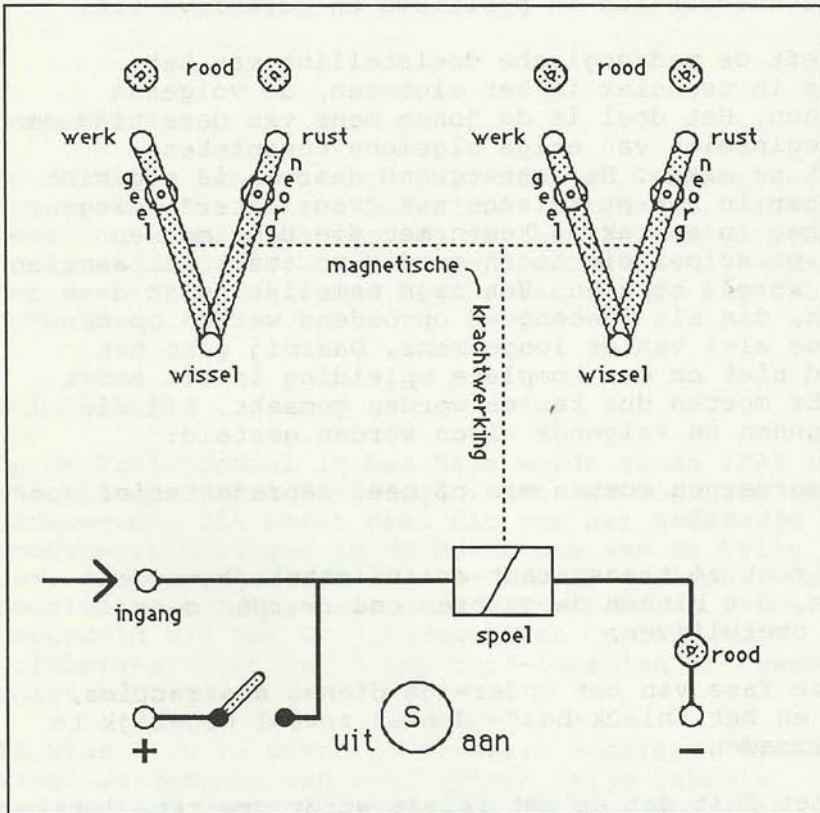
- a. de onderwerpen moeten min of meer representatief voor het hele vak zijn;
- b. alles moet zó transparant en inzichtelijk worden behandeld, dat binnen de gekozen onderwerpen geen raadsels overblijven;
- c. in deze fase van het onderwijs dienen abstracties, modellen en het "black-box"-denken zoveel mogelijk te worden vermeden.

Dankzij het feit dat er met relais wordt gewerkt, lukt dit ook bij de als complex bekend staande computertechniek heel behoorlijk. Alles blijft concreet begrijpelijk. Het begrip is geheel gebaseerd op een aantal natuurkundige verschijnselen (elektrische stroom, elektromagnetisme) en op het tweetallige stelsel uit de wiskunde (dat op de meeste Vrije Scholen in de 9e klas wordt behandeld).

Een buitengewoon vruchtbaar didactisch aspect is verder het feit, dat het materiaal voor het praktikum geheel door de leerlingen zélf in de 9e klassen wordt vervaardigd.

2 Het relais

In deze context gaan we er van uit dat de lezer de natuurkundige werking van het relais kent. Zoals gezegd, bouwen de leerlingen hier een kastje omheen, zodat de aansluitingen verder heel gemakkelijk via stekersnoeren kan geschieden. Het kastje komt er als volgt uit te zien (schaal 1:1):



Betekenis der symbolen:

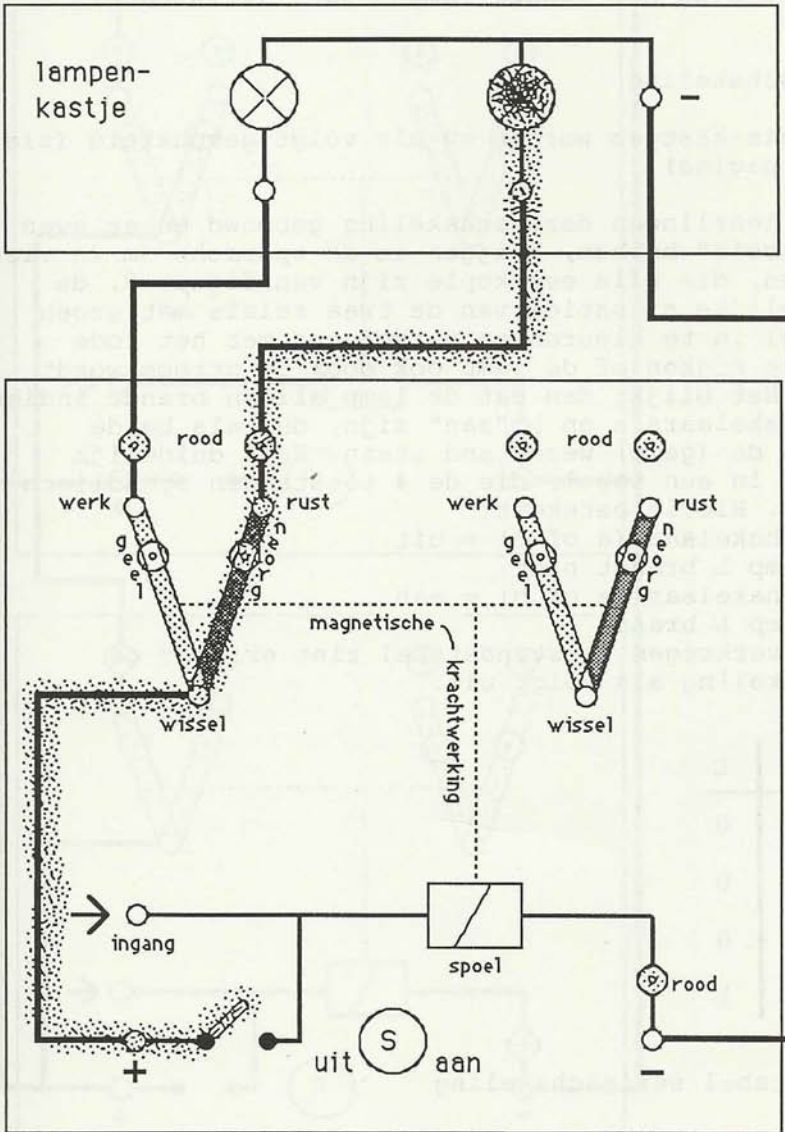
- stekerbuis
- ⊙ LED
- ⊙ S schakelaar
- ⎓ stand uit
- ⎓ stand aan

Figuur 1  
Het relais-kastje



Opgemerkt moet worden dat bij dit nog uit de beginjaren daterende ontwerp de lay-out niet ideaal is. Intussen is een nieuw ontwerp ontstaan; de geïnteresseerde lezer kan dit bij de auteur verkrijgen.

De werking van het relais wordt duidelijk, indien we een lampenkastje aansluiten; zie figuur 2. De dikkere lijnen zijn uitwendig aangebrachte verbindingen.



Figuur 2  
Ruststand relais

Zoals te zien bevindt de schakelaar, die (inwendig) op de spoel is aangesloten, zich in de stand "uit". Het relais neemt dan de met een groene LED gemarkeerde ruststand aan. De stroom volgt de gespikkelde route. Op een werkblad dient de leerling dit met zijn rode potlood na te volgen. Je komt dan uit bij het rechter lampje, dat in werkelijkheid dan ook blijkt te branden. De lezer kan zelf nagaan, dat bij de stand "aan" de stroom via de gele route naar het linkse lampje gaat (werkstand).

### 3 Serie-schakeling

Twee relais-kastjes worden nu als volgt geschakeld (zie volgende pagina).

Nadat de leerlingen deze schakeling gebouwd en er even mee "gespeeld" hebben, krijgen ze de opdracht om in vier werkbladen, die alle een kopie zijn van figuur 3, de vier mogelijke situaties van de twee relais met groen resp. geel in te kleuren en vervolgens met het rode potlood te kijken of de lamp ook door de stroom wordt bereikt. Het blijkt dan dat de lamp alleen brandt indien beide schakelaars a en b "aan" zijn, dus als beide relais in de (gele) werkstand staan. Heel duidelijk wordt dit in een tabel, die de 4 toestanden symbolisch weergeeft. Hierin betekent:

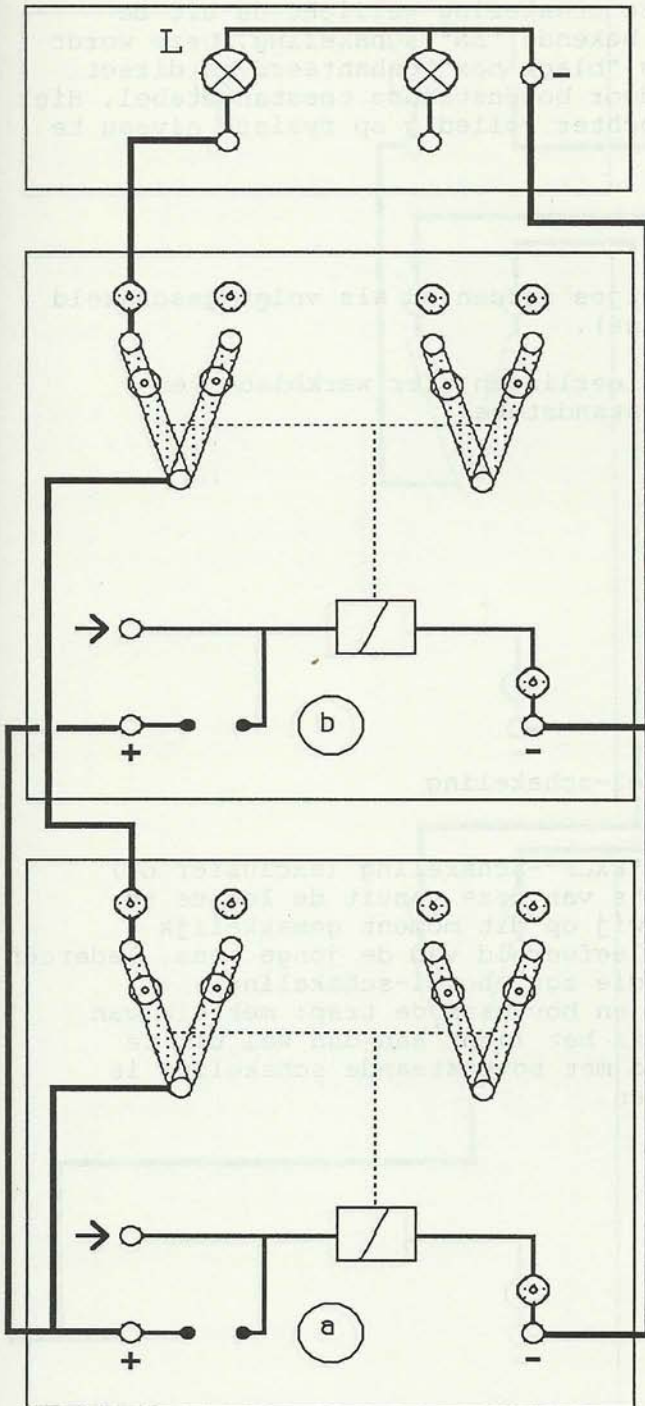
- 0: schakelaar (a of b) = uit  
lamp L brandt niet
- 1: schakelaar (a of b) = aan  
: lamp L brandt

De aldus verkregen toestandstabel ziet er voor de serieschakeling als volgt uit:

a	b	L
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabel 1  
Toestandstabel serieschakeling

Bewust vermijden wij de term "waarheidstabel". De nullen en enen zijn in deze fase niets anders dan een afkorting voor "uit" resp. "aan"; het begrip "waarheid" is niet aan de orde.



Figuur 3  
Serie-schakeling



Men herkent in deze schakeling wellicht de uit de digitale techniek bekende "EN"-schakeling. Deze wordt aldaar meestal als "black box" gehanteerd en direct gekarakteriseerd door bovenstaande toestandstabel. Hier is de schakeling echter volledig op fysisch niveau te begrijpen.

#### 4 Hotel-schakeling

De twee relais-kastjes worden nu als volgt geschakeld (zie volgende pagina).

Ook hier maken de leerlingen vier werkbladen en vervolgens een toestandstabel:

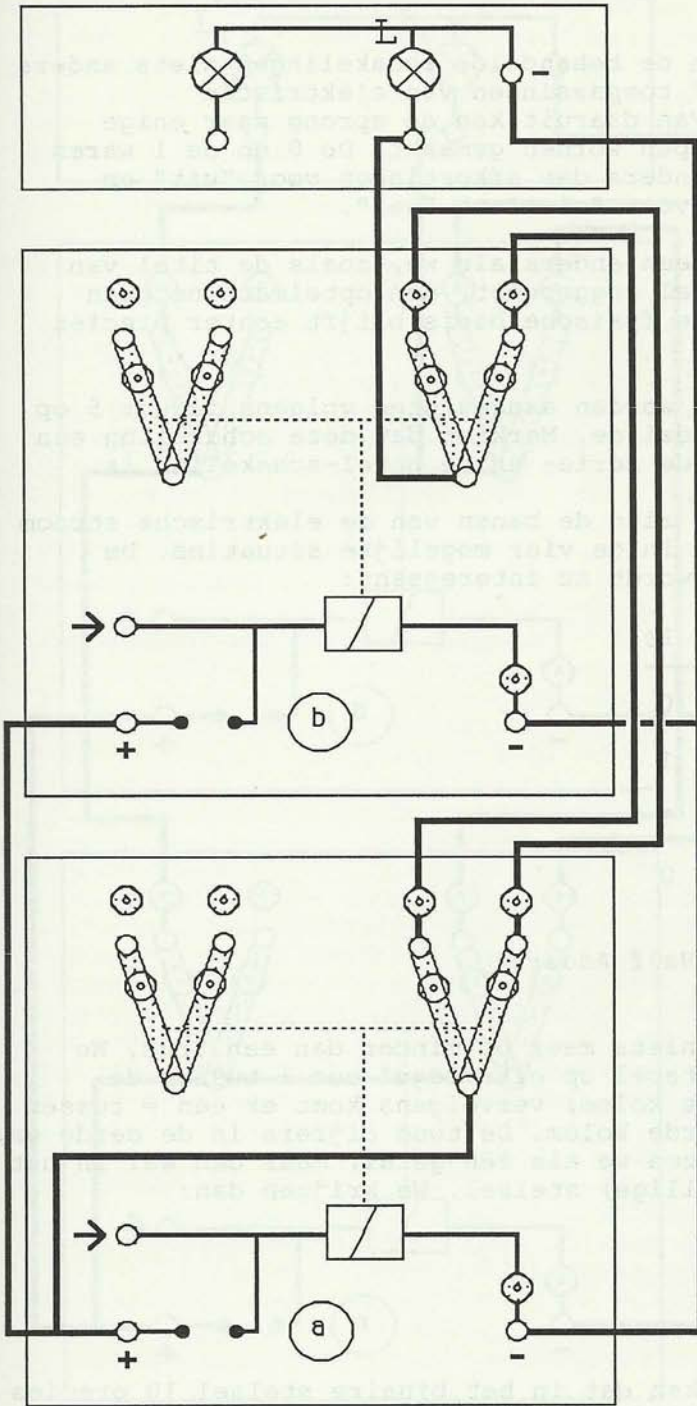
a	b	L
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabel 2

Toestandstabel hotel-schakeling

Men zal hierin de "EXOF"-schakeling (exclusief of) herkennen. In plaats van deze vanuit de logica te benaderen, kunnen wij op dit moment gemakkelijk aansluiten bij de leefwereld van de jonge mens. Iedereen heeft wel in huis die zgn. hotel-schakeling, bijvoorbeeld onder en bovenaan de trap: met elk van beide schakelaars is het licht aan dan wel uit te zetten. Het verband met bovenstaande schakeling is eenvoudig in te zien.





Figuur 4  
Hotel-schakeling

## 5 Half Adder

Tot nu toe zijn de behandelde schakelingen niets anders dan wat "leuke" toepassingen van elektrische stroomwetten. Van daaruit kon de sprong naar enige logische begrippen worden gemaakt. De 0 en de 1 waren evenwel niets anders dan afkortingen voor "uit" en "aan", oftewel voor "niet" en "wel".

Dit wordt zometeen anders als we, zoals de titel van deze paragraaf al suggereert, een optelmachine gaan vervaardigen. De fysische basis blijft echter precies dezelfde!

De twee kastjes worden aangesloten volgens figuur 5 op de volgende bladzijde. Merk op dat deze schakeling een combinatie van de serie- en de hotel-schakeling is.

Nog steeds zijn zijn de banen van de elektrische stroom prima te volgen in de vier mogelijke situaties. De toestandstabel wordt nu interessant:

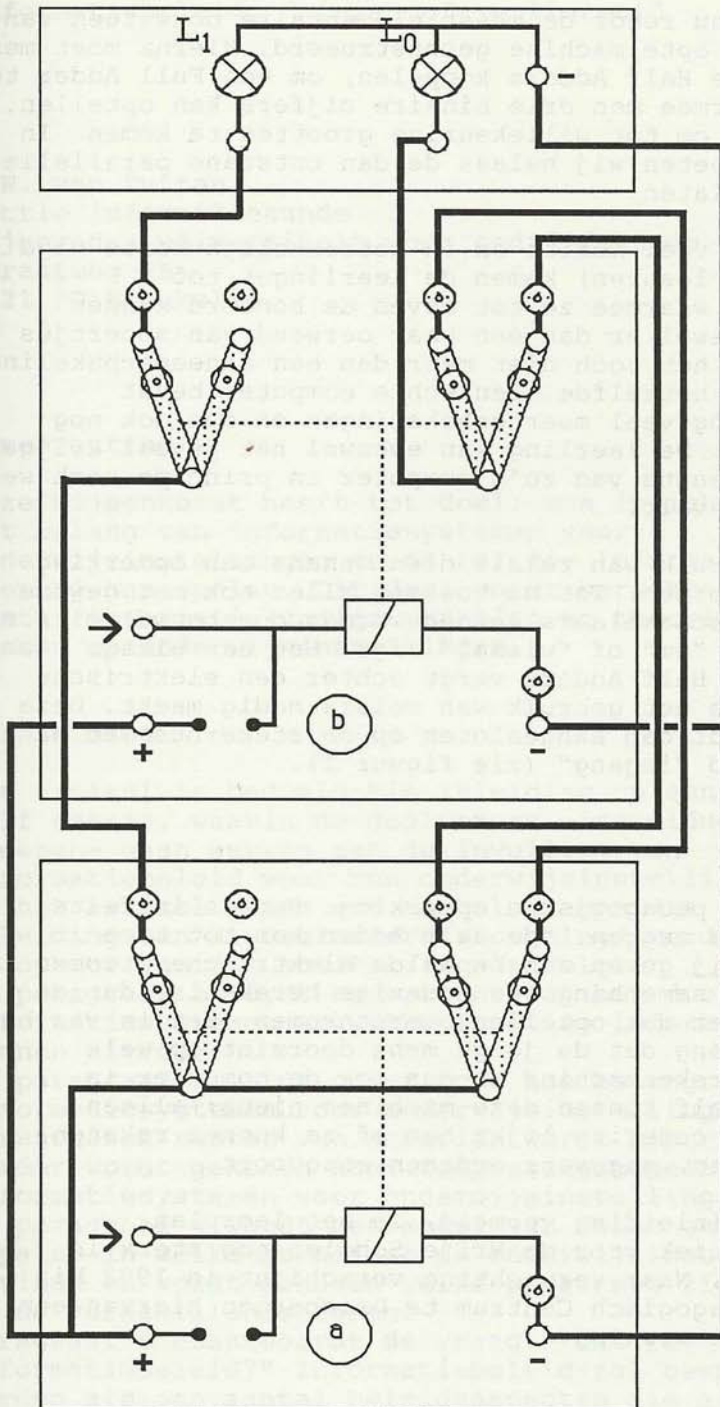
a	b	L1	L0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Tabel 3  
Toestandstabel Half Adder

Wat nu komt is niets meer of minder dan een truc. We zetten in deze tabel op elke regel een + tussen de eerste en tweede kolom; vervolgens komt er een = tussen de tweede en derde kolom. De twee cijfers in de derde en vierde kolom lezen we als één getal, maar dan wel in het binaire (tweetalige) stelsel. We krijgen dan:

$$\begin{aligned}
 0 + 0 &= 00 \\
 0 + 1 &= 01 \\
 1 + 0 &= 01 \\
 1 + 1 &= 10
 \end{aligned}$$

Als we nu bedenken dat in het binaire stelsel 10 precies 2 betekent, dan zien we hier de "tafel" voor het optellen in dit talstelsel!



Figuur 5  
Half Adder



In feite is nu reeds de meest elementaire bouwsteen van een komplette optelmachine geconstrueerd. Hierna moet men twee van deze Half Adders koppelen, om een Full Adder te krijgen, waarmee men drie binaire cijfers kan optellen. Dit is nodig om tot willekeurige groottes te komen. In dit bestek moeten wij helaas de dan ontstane parallelle opteller weglaten.

Zonder al te veel moeite en in betrekkelijk korte tijd (een tiental lesuren) komen de leerlingen tot schakelingen waarmee ze tot boven de honderd kunnen optellen. Hoewel er dan een waar oerwoud van snoertjes ontstaat, is het toch niet meer dan een aaneenschakeling van veel van hetzelfde. Een echte computer bevat natuurlijk nog veel meer schakelingen en dan ook nog veel kleiner. De leerling kan evenwel het gevoel krijgen dat het binnenste van zo'n computer in principe toch wel te begrijpen valt.

Over het gebruik van relais dient thans een opmerking gemaakt te worden. Tot nu toe zou alles ook met gewone mechanische schakelaars kunnen worden opgebouwd, mits ze van het type "om" of "wissel" zijn. Het aan elkaar koppelen van Half Adders vergt echter een elektrische doorvoer, die het gebruik van relais nodig maakt. Deze doorvoer wordt dan aangesloten op de stekerbuis met de pijl, genaamd "ingang" (zie figuur 1).

## 6 Afsluiting

Tot slot een pedagogische opmerking. Het is in feite onjuist om te zeggen: "de Half Adder kan tot twee optellen". Wij geven aan bepaalde elektrische stromen in een bepaalde samenhang een zodanige betekenis, dat de toestanden met dat optellen overeenkomen. Het is van het grootste belang dat de jonge mens doorziet op welk principe de rekenmachine en dus ook de computer is gebaseerd. Zelf kunnen deze machines niets; alleen dankzij onze codering lijkt het of ze kunnen rekenen, tekstverwerken, gegevens ordenen enzovoort.

Zoals in de inleiding vermeld, is het leerplan Computertechniek voor de Vrije Scholen nog sterk in ontwikkeling. Naar verwachting verschijnt in 1992 bij het Vrij Pedagogisch Centrum te Driebergen hiervan een specifieke uitwerking.

## Gebruikte literatuur

Otger, R. e.a. (1990) Praktische Vorming, Leerplan Werkboek 1. Driebergen: Vrij Pedagogisch Centrum.