STUDIEBLAD PTT

DOOR EN VOOR TECHNISCH PERSONEEL

Uitgave: De Algemene Bond van Ambtenaren, de Ned. Chr. Bond van Overheidspersoneel en de Kath. Bond van Overheidspersoneel.

Redactie: Hoofdredacteur: J. A. v. d. Touw. Redacteuren: W. F. H. van Damme, B. Kieboom en C. L. Quint. Secretaris: L. Neijenhuis.

Redactie-adres: **Nieuwendamlaan 408, Den Haag, telefoon 232711**

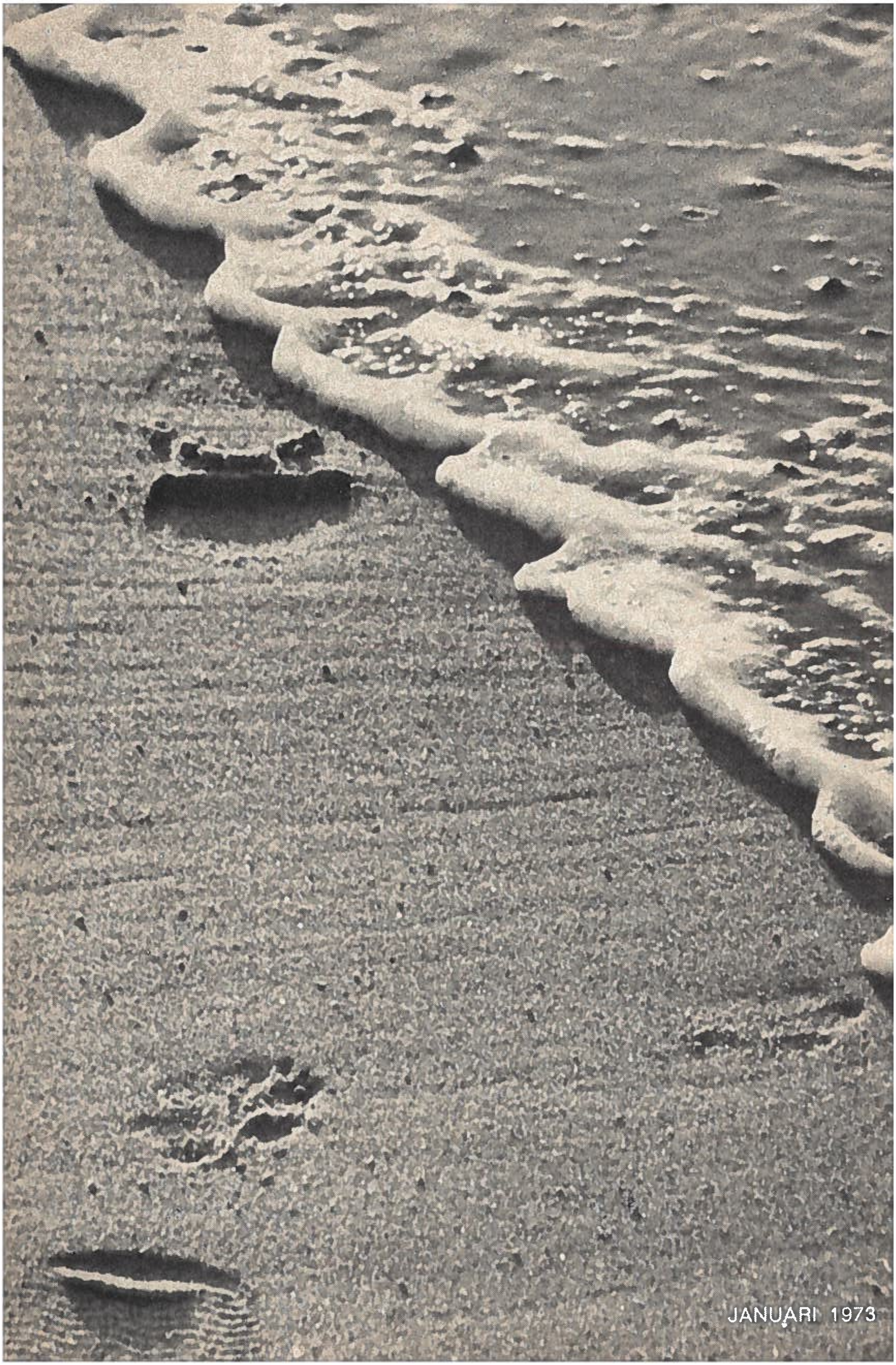
Administratie: Stadhouderslaan 9, Den Haag, Giro 4073, Tel. 635932 t/m 635936.

Abonnement: F 12.— per jaar. Voor niet-PTT-ers F 24.— per jaar. Verschijnt omstreeks de 15e van iedere maand.

Correspondentie: Alle correspondentie betreffende verzending en administratie uitsluitend aan het adres: Stadhouderslaan 9, Den Haag.
Alle correspondentie, de inhoud van het blad betreffende, uitsluitend Nieuwendamlaan 408, Den Haag.

In dit nummer vindt u:

Bij de foto: *Branding*


JANUARI 1973

JANUARI 1973

In deze eerste aflevering van het Studieblad van de acht-en-twintigste jaargang, brengen wij voor het jaar 1973 onze beste wensen aan onze abonnees in en buiten Nederland.
Onze beste wensen ook voor de auteurs, die ons in het afgelopen jaar hun bijdragen stuurden, de leden van de SBO, van de administratie en de medewerkers van de firma Wieringa.
Helaas heeft de administrateur van het Studieblad, na rijp beraad en overleg, zich genoodzaakt gezien de abonnementsprijs per 1 januari 1973 tot *f* 12,— voor PTT-ers en *f* 24,— voor niet PTT-ers per jaar, te verhogen.
De stijging van de kosten van het papier, de cliché's, het tekenwerk, het drukken van het blad enz., maakten deze verhoging onvermijdelijk, wilden we niet met *verlies* blijven werken.
De redactie heeft zich ook de overbekende vraag gesteld: „Waar gaan wij in het nieuwe jaar naar toe?"
Wij willen trachten mogelijkheden te scheppen en te bereiken om de inhoud van het blad aan te passen aan de snelle technische ontwikkeling, welke zich ook bij PTT voltrekt.
De plannen daartoe zijn nog in beraad maar te zijner tijd zullen wij daarvan melding maken.
Maar u lezers kunt ons nu reeds op vele manieren steunen bij ons werk. Wij zullen het bijzonder waarderen als u ons eens schrijft hoe u over het Studieblad denkt en wat er naar uw mening aan verbeterd zou kunnen worden.
Vooral de jeugd zouden wij graag in ons werk willen betrekken. Wacht niet te lang met schrijven, maar doe het direct.
Misschien wilt u ook wel artikelen publiceren, welke u van algemeen belang acht.

Dit zijn zo enkele wensen van de redactie.

Uit een en ander blijkt, dat wij ons blad nog meer willen maken tot het Studieblad *dóór* en *vóór* Technisch personeel PTT.

De Redactie

Boolean Algebra

J. P. Leeman

(Vervolg van blz. 281, Jrg. 1972)

Karnaughdiagrammen 4 termen (variabelen)

Met behulp van een Karnaughdiagram voor 4 variabelen bijvoorbeeld x, y, z en w, zal wat uitgebreider op het diagram worden ingegaan.

Een Karnaughdiagram voor 4 variabelen bestaat uit $2^4 = 16$ hokjes, omdat met 4 variabelen w, x, y en z er $2^4 = 16$ mogelijkheden zijn.

Om nu de termen op de juiste wijze langs de horizontale en verticale as te plaatsen, wordt gebruik gemaakt van de reeds eerder genoemde Gray-code, opdat het juiste diagram ontstaat.

$y.\bar{z}$				
$y.z$				
$\bar{y}.z$				
$\bar{y}.\bar{z}$				
	$\bar{w}.\bar{x}$	$\bar{w}.x$	$w.x$	$w.\bar{x}$

Evenals reeds is aangetoond bij het Karnaughdiagram voor 3 termen, namelijk dat men het diagram in horizontale richting „rond" kan denken, kan op dezelfde wijze bij dit diagram aangetoond worden, dat deze ook in verticale richting „rond" te denken is. Wanneer men een schakel-formule met 4 variabelen met behulp van een Karnaugh-diagram wil vereenvoudigen, is het het eenvoudigst om te zorgen dat in iedere term w, x, y en z voorkomen.

Een term waarin alle variabelen als produkt voorkomen wordt MIN-term genoemd. Aan de hand van een aantal voorbeelden zal het gebruik duidelijk worden gemaakt.

Voorbeeld 1

Stel u wilt vereenvoudigen $F = w \cdot \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{w} \cdot \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + x$.

De eerste 2 termen $w \cdot \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z}$ en $\bar{w} \cdot \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z}$ zijn in het diagram zonder veel moeite in te vullen echter van de term x moet eerst een min-term gemaakt worden, dus een term waarin w, x, y en z voorkomen.

Eerst wordt x vermenigvuldigd met $(w + \bar{w})$ zodat $x \cdot w + x \cdot \bar{w}$ ontstaat.

Beide termen nu vermenigvuldigen met $(y + \bar{y})$ dus $(x \cdot w + x \cdot \bar{w})\ (y + \bar{y}) =$

$x \cdot y \cdot w + x \cdot y \cdot \bar{w} + x \cdot \bar{y} \cdot w + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{w}$.

Om nu z in de formule te betrekken wordt met $(z + \bar{z})$ vermenigvuldigd, zodat

$w \cdot x \cdot y \cdot z + x \cdot w \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{w} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{w} \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot w \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot w \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{w} \cdot \bar{y} \cdot z +$

$x \cdot \bar{w} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z}$

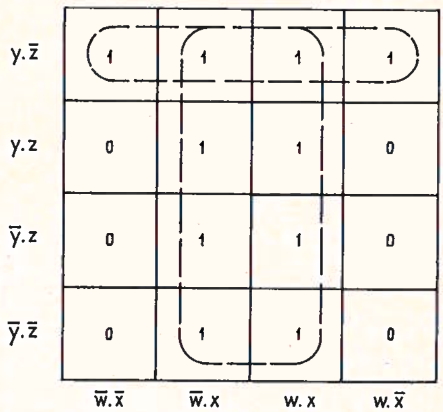
ontstaat, met andere woorden $x = x\ (w + \bar{w})\ (y + \bar{y})\ (z + \bar{z})$. Dit is natuurlijk volkomen juist omdat de termen tussen de haakjes „1" zijn.
De aldus verkregen formule wordt:

$F = w \cdot \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{w} \cdot \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + w \cdot x \cdot y \cdot z + w \cdot x \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{w} \cdot x \cdot y \cdot z + \bar{w} \cdot x \cdot y \cdot \bar{z} +$

$w \cdot x \cdot \bar{y} \cdot z + w \cdot x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{w} \cdot x \cdot \bar{y} \cdot z + \bar{w} \cdot x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z}$

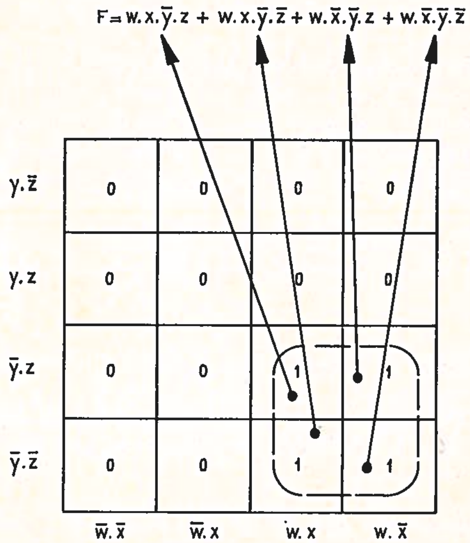
Dit ingevuld geeft:

$F = x + y \cdot \bar{z}$.



De 2 middelste verticale kolommen stellen juist x voor waardoor de formule zo lang werd.
Bij veelvuldig gebruik van Karnaughdiagrammen zult u zelf het meer ingewikkeld maken van een formule voorkomen doordat u het Karnaughdiagram beter doorziet.

Voorbeeld 2

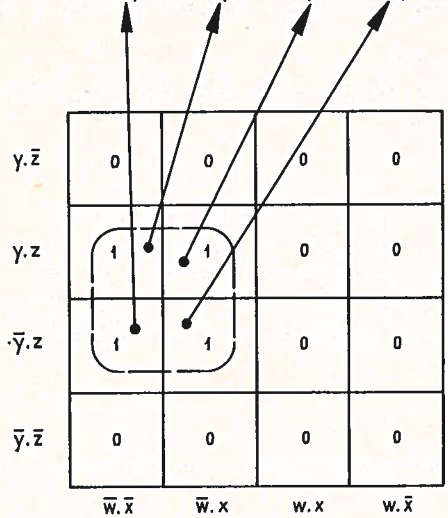


In een geval als dit moet u zich afvragen welke termen hebben de „1" gemeen.

Na bestudering ziet u dat dit $\bar{y}$ en w zijn, zodat $F = w \cdot \bar{y}$.

Voorbeeld 3

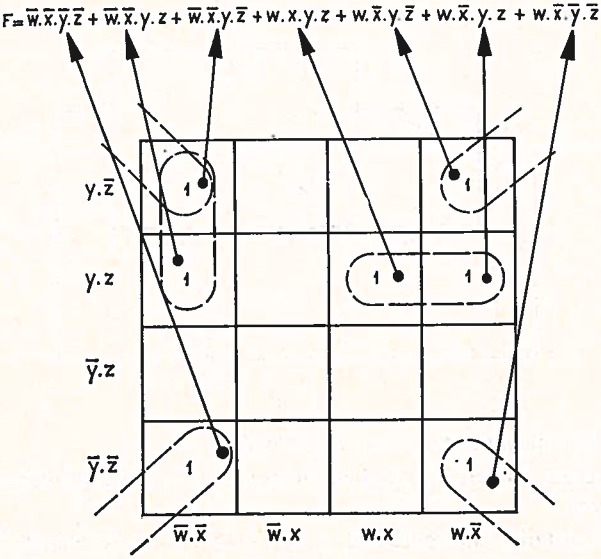
$$F = \overline{w}.\overline{x}.\overline{y}.z + \overline{w}.\overline{x}.y.z + \overline{w}.x.y.z + \overline{w}.x.\overline{y}.z$$



Hier is op te merken dat de „1" de termen z en $\overline{w}$ gemeen hebben dus $F = \overline{w} \cdot z$.

Voorbeeld 4

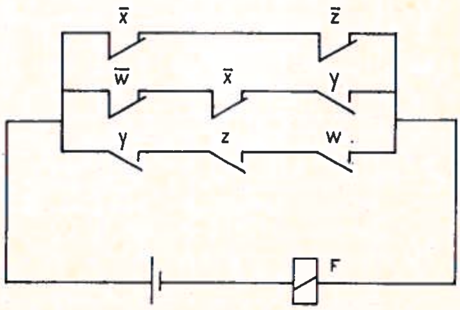
$$F = \overline{w}.\overline{x}.\overline{y}.\overline{z} + \overline{w}.\overline{x}.y.z + \overline{w}.\overline{x}.y.\overline{z} + w.x.y.z + w.\overline{x}.y.\overline{z} + w.\overline{x}.y.z + w.\overline{x}.\overline{y}.\overline{z}$$



De 4 hoekpunten van het diagram hebben alle de term $\bar{x}$ en $\bar{z}$ gemeen.

De 2 „enen" links bovenaan hebben de term y, $\bar{w}$ en $\bar{x}$ gemeen.
De 2 „enen" rechts van het midden hebben de term y, z en w gemeen, zodat

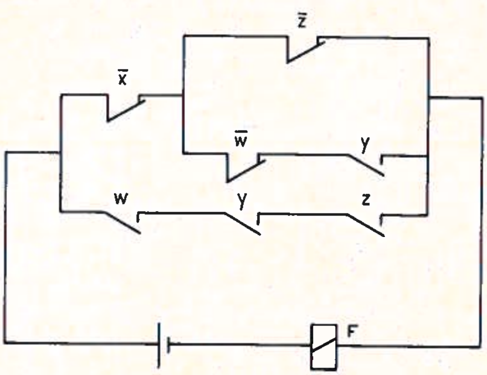
$F = \bar{x} \cdot \bar{z} + \bar{w} \cdot \bar{x} \cdot y + y \cdot z \cdot w.$
Wanneer we met behulp van contacten deze schakeling tekenen, dan ziet hij er als volgt uit.



U ziet dat er 8 contacten nodig zijn.
De formule voor F is ook te schrijven als

$F = \bar{x} \cdot \bar{z} + y\ (\bar{w} \cdot \bar{x} + z \cdot w)$ of als

$F = \bar{x}\ (\bar{z} + \bar{w} \cdot y) + y \cdot z \cdot w.$
De schakeling volgens deze laatste formule wordt:

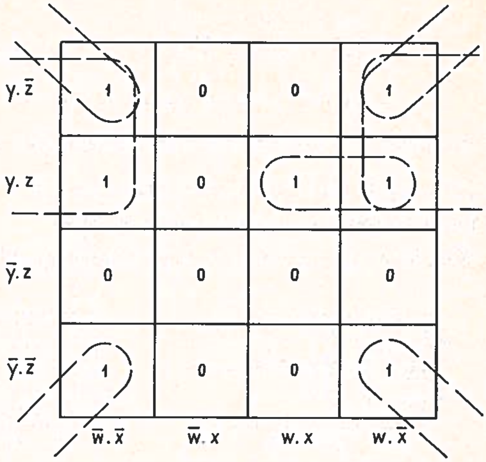


In plaats van 8 kan men nu met 7 contacten volstaan.
Hiermede is bewezen, dat uit het Karnaughdiagram *niet altijd* de eenvoudigste formule direct is af te lezen.
Wanneer we de formule van voorbeeld 4 nog eens in het Karnaughdiagram bekijken, is het mogelijk om op een andere wijze de formule voor F te vereenvoudigen.

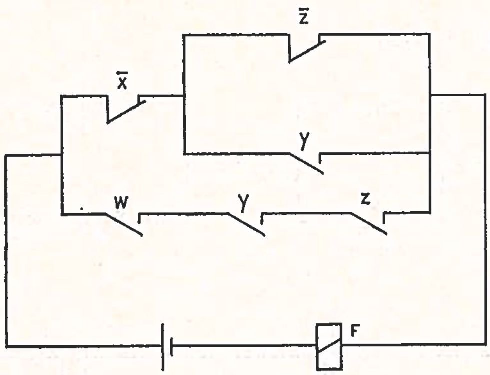
De 4 hoekpunten hebben $\bar{x}$ en $\bar{z}$ gemeen. De 2 „enen" links en de 2 „enen" rechts bovenaan hebben tezamen y en $\bar{x}$ gemeen. De 2 „enen" rechts van het midden hebben w, y en z gemeen, zodat

$F = \bar{x} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y + w \cdot y \cdot z$ of

$F = \bar{x}\ (\bar{z} + y) + w \cdot y \cdot z.$



De schakeling wordt:



Door deze vereenvoudiging zijn slechts 6 contacten nodig. Een andere mogelijkheid is om eens naar de inverse functie te kijken.

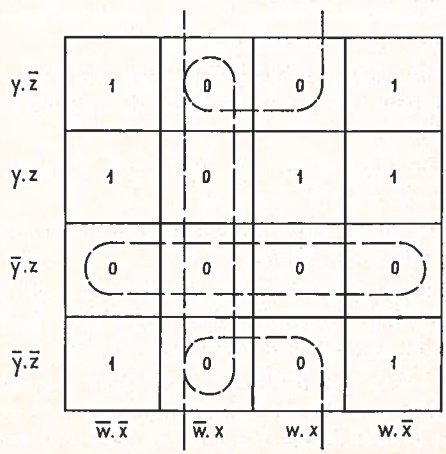
De 4 horizontale „nullen" hebben $\bar{y}$ en z gemeen.

De 4 verticale „nullen" hebben $\bar{w}$ en x gemeen.

De 2 „nullen" boven en de 2 „nullen" onder hebben gezamenlijk $\bar{z}$ en x gemeen zodat:

$\bar{F} = \bar{y} \cdot z + \bar{w} \cdot x + \bar{z} \cdot x$ of

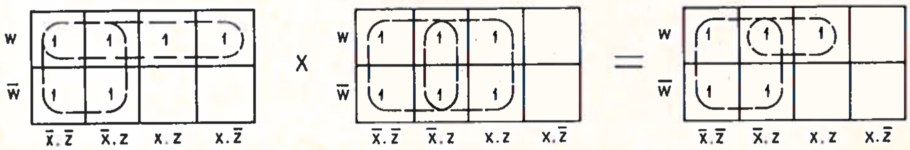
$\bar{\bar{F}} = F = \overline{\bar{y} \cdot z + \bar{w} \cdot x + \bar{z} \cdot x} =$



$$= \overline{\overline{y}\cdot z} \cdot \overline{\overline{w}\cdot x} \cdot \overline{\overline{z}\cdot x} \quad = \quad \text{volgens de Morgan}$$

$$= (y + \overline{z})\ (w + \overline{x})\ (z + \overline{x})$$

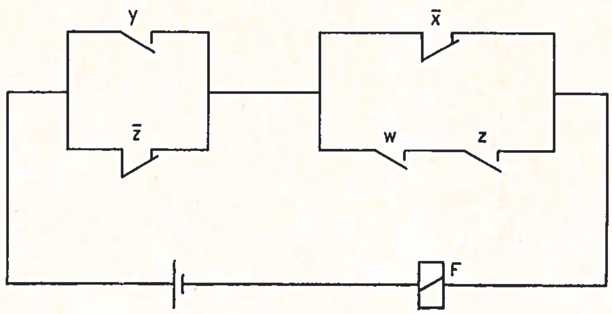
Wanneer u deze formule nader beschouwt, ziet u dat de rechter 2 termen $(w + \overline{x})$ en $(z + \overline{x})$ beide $\overline{x}$ gemeen hebben, en uit 3 varianten bestaan.
Deze formule is dus te vereenvoudigen.
We doen dit met behulp van vermenigvuldigen van Karnaughdiagrammen.



$$(w + \overline{x}) \quad X \quad (z + \overline{x}) \quad = \quad \overline{x} + w.z$$

zodat $F = (y + \overline{z})\ (\overline{x} + w\cdot z)$

De schakeling wordt:



Deze schakeling bestaat uit 5 contacten.
Het is dus, om tot de eenvoudigste schakeling te komen noodzakelijk alle mogelijkheden af te handelen.

Don't care toestanden

In de schakeltechniek komt het veelvuldig voor dat bij de bepaalde contactcombinaties het niet hindert wat er aan de uitgang verschijnt (of het relais niet of wel aan zal trekken).

Door zo'n contact of combinatie van contacten kan dus zowel een „0" als een „1" aan de uitgang verschijnen.

Een andere mogelijkheid is dat een of meerdere contactcombinaties in het geheel niet voor kunnen komen.

Deze laatst genoemde combinaties treft men vooral aan bij zgn. codeomzetters, dit zijn schakelingen die bijvoorbeeld het decimale stelsel omzetten in een of ander 2-tallig stelsel, zoals het zuiver binaire stelsel.

In beide bovengenoemde gevallen zou men dus zowel een „0" als een „1" in een hokje van het Karnaughdiagram kunnen plaatsen. Om verwarring te voorkomen wordt zo'n hokje meestal voorzien van een kruis of een „d".

Voor deze „d" kunnen we nemen wat we willen omdat deze zowel een „1" als een „0" voorstelt.

Voorbeeld

Stel we hebben de cijfers 0 t/m 9 met behulp van contacten in het binaire stelsel gecodeerd.

Nu kan het gewenst zijn om bij de cijfers 0, 1, 4, 5, 8 en 9 een relais op te laten komen.

In het binaire stelsel wordt het getal 9 aangegeven met 1001 zodat we met behulp van 4 schakelaars de cijfers 0 t/m 9 kunnen uitcoderen.

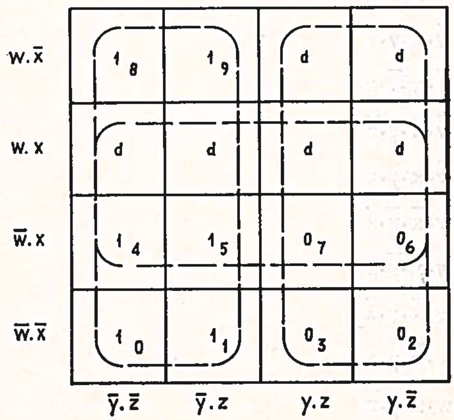
decimaal	binair				F
	w	x	y	z	
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	1

0 1 4 5 8 9

Hieruit volgt $F = \overline{w}\cdot\overline{x}\cdot\overline{y}\cdot\overline{z} + \overline{w}\cdot\overline{x}\cdot\overline{y}\cdot z + \overline{w}\cdot x\cdot\overline{y}\cdot\overline{z} + \overline{w}\cdot x\cdot\overline{y}\cdot z + w\cdot\overline{x}\cdot\overline{y}\cdot\overline{z} + w\cdot\overline{x}\cdot\overline{y}\cdot z$

Doordat we te maken hebben met 4 variabelen w, x, y en z zijn er dus $2^4 = 16$ mogelijkheden te bedenken.

De nu volgende mogelijkheden vertegenwoordigen de cijfers 10 t/m 15. Daar deze toch nooit voorkomen worden ze in het Karnaughdiagram voorgesteld door een „d".



Vereenvoudiging geeft $F = \overline{y}$.

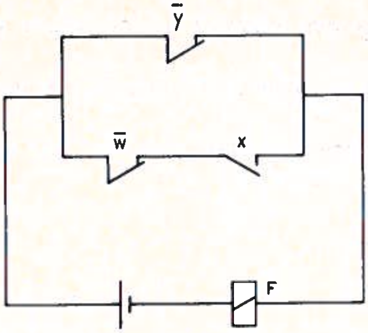
Willen we een relais op laten komen bij de cijfers 2, 3, 6 en 7 dan nemen we de „0" samen zodat $F = y$.

Voor 4, 5, 6 en 7 geldt $F = x$.
U ziet aan de hand van dit voorbeeld dat Don't care toestanden bijzonder makkelijk kunnen zijn.

Voorbeeld: $F = \overline{w}\cdot\overline{x}\cdot\overline{y}\cdot\overline{z} + \overline{w}\cdot\overline{x}\cdot\overline{y}\cdot z + \overline{w}\cdot x\cdot\overline{y}\cdot\overline{z} + \overline{w}\cdot x\cdot\overline{y}\cdot z + \overline{w}\cdot x\cdot y\cdot z$

Don't care zijn: $w\cdot\overline{x}\cdot\overline{y}\cdot\overline{z}$, $w\cdot\overline{x}\cdot\overline{y}\cdot z$, $w\cdot x\cdot\overline{y}\cdot\overline{z}$, $w\cdot x\cdot\overline{y}\cdot z$ en $\overline{w}\cdot x\cdot y\cdot\overline{z}$

Vereenvoudigd $F = \overline{y} + \overline{w} \cdot x$
de schakeling wordt nu:



	$\overline{y}.\overline{z}$	$\overline{y}.z$	$y.z$	$y.\overline{z}$
$w.\overline{x}$	d	d	0	0
$w.x$	d	d	0	0
$\overline{w}.x$	1	1	1	d
$\overline{w}.\overline{x}$	1	1	0	0

Andere notatie vormen van contactcombinaties

Zoals u wellicht opgemerkt zal hebben, kunnen de formules voor F bij 4 en meer variabelen nogal lang en onoverzichtelijk worden.

Een andere notatie-vorm is om aan de variabelen waarden toe te kennen. Deze worden vooraf aangegeven bijv. $w = 8$, $x = 4$, $y = 2$, $z = 1$. Niet vermeld behoeft te worden dat $\overline{w}$, $\overline{x}$, $\overline{y}$, en $\overline{z}$ allen 0 zijn.

Met deze waarden wordt als volgt gewerkt.

$\overline{w} \cdot \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot \overline{z}$	komt overeen met	$0 + 0 + 0 + 0 = 0$
$\overline{w} \cdot \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot z$		$0 + 0 + 0 + 1 = 1$
$\overline{w} \cdot \overline{x} \cdot y \cdot \overline{z}$		$0 + 0 + 2 + 0 = 2$
$\overline{w} \cdot \overline{x} \cdot y \cdot z$		$0 + 0 + 2 + 1 = 3$
$\overline{w} \cdot x \cdot \overline{y} \cdot \overline{z}$		$0 + 4 + 0 + 0 = 4$
$\overline{w} \cdot x \cdot \overline{y} \cdot z$		$0 + 4 + 0 + 1 = 5$
$\overline{w} \cdot x \cdot y \cdot \overline{z}$		$0 + 4 + 2 + 0 = 6$
$\overline{w} \cdot x \cdot y \cdot z$		$0 + 4 + 2 + 1 = 7$
$w \cdot \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot \overline{z}$		$8 + 0 + 0 + 0 = 8$
$w \cdot \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot z$		$8 + 0 + 0 + 1 = 9$
$w \cdot \overline{x} \cdot y \cdot \overline{z}$		$8 + 0 + 2 + 0 = 10$
$w \cdot \overline{x} \cdot y \cdot z$		$8 + 0 + 2 + 1 = 11$
$w \cdot x \cdot \overline{y} \cdot \overline{z}$		$8 + 4 + 0 + 0 = 12$
$w \cdot x \cdot \overline{y} \cdot z$		$8 + 4 + 0 + 1 = 13$
$w \cdot x \cdot y \cdot \overline{z}$		$8 + 4 + 2 + 0 = 14$
$w \cdot x \cdot y \cdot z$		$8 + 4 + 2 + 1 = 15$

Nu wordt aan elke term een bepaalde waarde toegekend. Zo betekent:

$$13 = 8 + 4 + 1 = w \cdot x \cdot \overline{y} \cdot z$$

en $$6 = 4 + 2 = \overline{w} \cdot x \cdot y \cdot \overline{z}$$

Voorbeeld $F = 1,\ 4,\ 9,\ 10$ d.w.z.

$$F = \underset{\substack{0+0+0+1 \\ 1}}{\overline{w} \cdot \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot z} + \underset{\substack{0+4+0+0 \\ 4}}{\overline{w} \cdot x \cdot \overline{y} \cdot \overline{z}} + \underset{\substack{8+0+0+1 \\ 9}}{w \cdot \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot z} + \underset{\substack{8+0+2+0 \\ 10}}{w \cdot \overline{x} \cdot y \cdot \overline{z}}$$

Voorbeeld $F = 0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4$ d.w.z.

$$F = \overline{w} \cdot \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot \overline{z} + \overline{w} \cdot \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot z + \overline{w} \cdot \overline{x} \cdot y \cdot \overline{z} + \overline{w} \cdot \overline{x} \cdot y \cdot z + \overline{w} \cdot x \cdot \overline{y} \cdot \overline{z}$$

De formules voor F zien er dus veel eenvoudiger uit.

Wanneer we F noteren als $F = 5,\ 8,\ 9,\ 12,\ 13$ dan zijn de „enen" als volgt in het diagram in te vullen.
U ziet dat de som der cijfers behorende bij de horizontale en verticale kolom juist de getallen 5, 8, 9, 12 en 13 geven.

2	$y.\overline{z}$				
3	$y.z$				
1	$\overline{y}.z$		1_{5}	1_{13}	1_{9}
0	$\overline{y}.\overline{z}$			1_{12}	1_{8}
		$\overline{w}.\overline{x}$	$\overline{w}.x$	$w.x$	$w.\overline{x}$
		0	4	12	8

Een andere notatie-vorm is de zgn. kanonieke vorm.

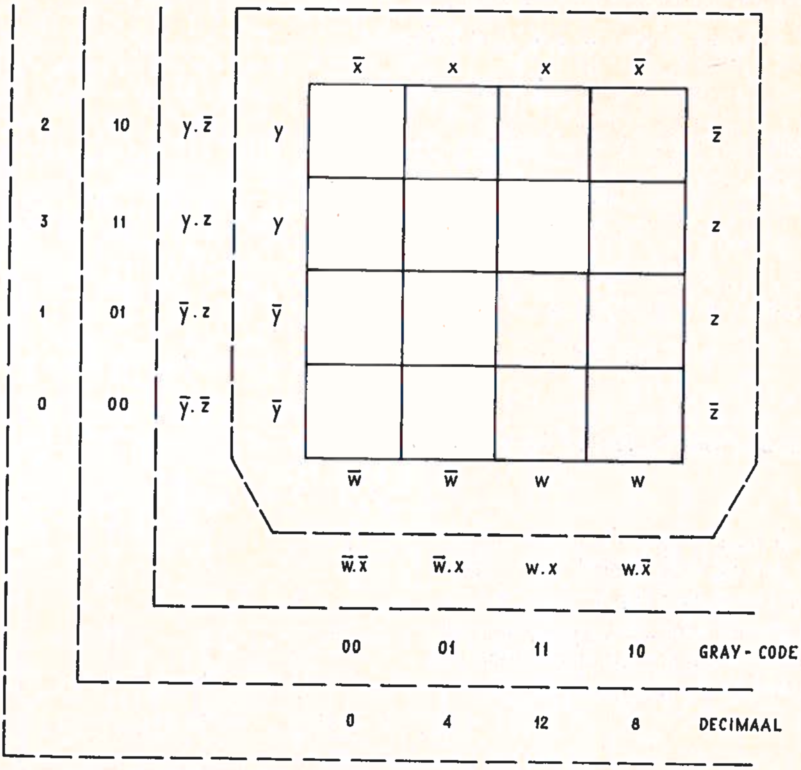
Zoals reeds is opgemerkt, wordt een term waarin alle variabelen als produkt voorkomen een min-term genoemd.

Bovenstaande formule wordt dan genoteerd als $F = m5 + m8 + m9 + m12 + m13$.
Verder dient nog te worden opgemerkt, dat een term waarin alle variabelen als som voorkomen bijv. $w + x + y + z$ een max-term genoemd wordt.

Dat wil zeggen $$\begin{array}{l} w + \overline{x} + \overline{y} + z = M9 \\ 8 + 0 + 0 + 1 = 9 \end{array}$$

Het verband tussen min- en max-termen en de rekenregels hiermee zou in deze verhandeling te ver voeren.

Voor het gemak worden bovengenoemde notatie-vormen nog eens in een diagram samengevat.



Slotbeschouwing

Bij het ontwerpen van een schakeling gaan we als volgt te werk:

1e Het maken van een waarheidstabel.
2e Bepalen formule.
3e Opzetten Karnaugh-diagram.
4e Vereenvoudigen van de formule.
5e Nagaan welke poorten ter beschikking staan.
6e Vereenvoudigde formule geschikt maken voor de beschikbare poorten.
7e Schema tekenen.

Voorbeeld:

Stel we willen een 2 bits binaire opteller maken, d.w.z.

$0 + 0 = 00,\qquad 0 + 1 = 01\qquad$ en $\qquad 1 + 1 = 10$

We hebben hier dus 2 ingangen die we x en y noemen en we hebben hier 2 uitgangen (voor 10) die we met C en F voorstellen.

1e Waarheidstabel

x	y	C	F
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	0	1
1	1	1	0

2e Formule bepalen (hier dus voor C en F)

$C = x \cdot y$

$F = x \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot y$

3e Opzetten Karnaughdiagram

C

	$\bar{y}$	y
x	0	1
$\bar{x}$	0	0

F

	$\bar{y}$	y
x	1	0
$\bar{x}$	0	1

4e De formules voor C en F zijn niet te vereenvoudigen. Wanneer we de waarheidstabel en de Karnaughdiagrammen onder de loep nemen, blijkt dat de waarheidstabel voor C een „EN-poort" voorstelt en dat $F = \bar{C} \times \overline{\bar{x} \cdot \bar{y}}$

F

	$\bar{y}$	y
x	1	0
$\bar{x}$	0	1

=

$\bar{c}$

	$\bar{y}$	y
x	1	0
$\bar{x}$	1	1

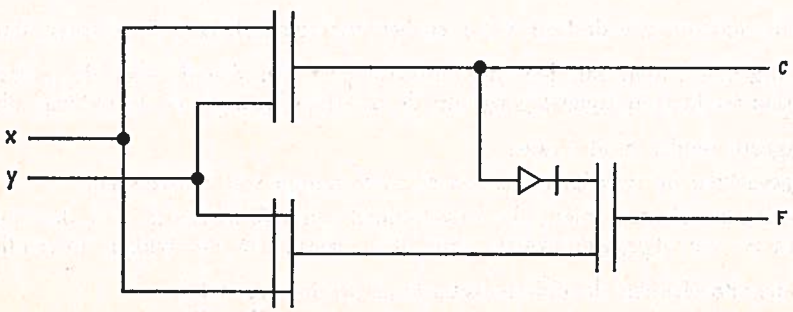
×

$\overline{\bar{x} \cdot \bar{y}}$

	$\bar{y}$	y
x	1	1
$\bar{x}$	0	1

Anders geschreven $F = \bar{C}\ (x + y)$ volgens De Morgan
en $C = x \cdot y$.

5e Stel dat we de beschikking hebben over alle poorten dan wordt het schema:

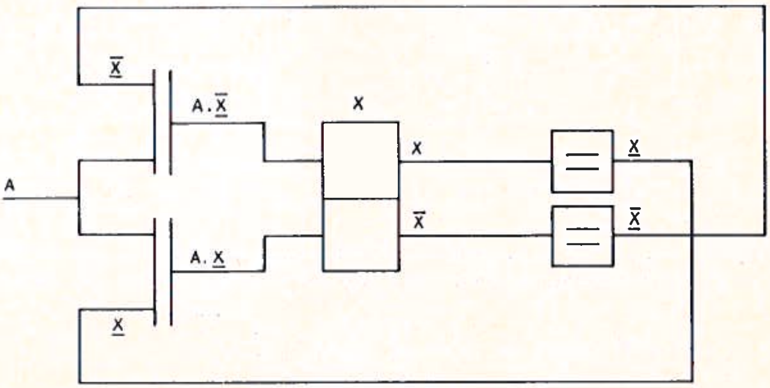


Elektronische schakeltechniek

(Vervolg van blz. 365, Jrg. '72)

A. Th. P. Stappers en
F. G. Teunissen

In het voorgaande over de tweedeler (zie blz. 175) hebben we de tweedeler samengesteld uit een trekkerschakeling met in de uitgangen vertragingselementen.
Bij deze tweedeler zullen we vertragingselementen precies aangepast moeten maken aan de pulslengte van A. Anders werkt deze tweedeler niet goed.

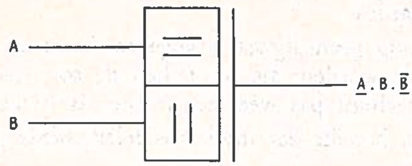


Veronderstellen we eens dat de vertraging van de elementen korter is dan de pulslengte van A.

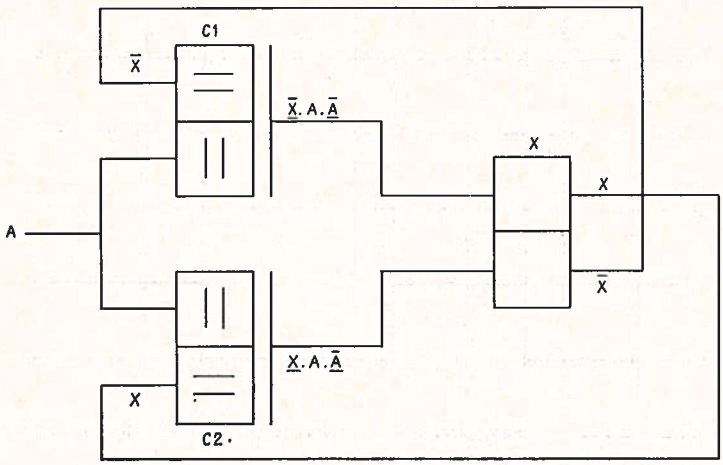
Als we dan uitgaan van de toestand $A = 0$, $X = 1$ (en ook $\underline{X} = 1$), is $\overline{X} = 0$ (en ook $\underline{\overline{X}} = 0$). Wordt nu $A = 1$ dan zal de onderste EN-poort signaal afgeven en de trekker schakelt om. X wordt 0 en $\overline{X}$ wordt 1. Als nu de vertraging van $\overline{X}$ te kort duurt, zal $\underline{\overline{X}}$ al 1 zijn, terwijl A ook nog 1 is. De trekker zal dan *weer* omschakelen, omdat nu de bovenste EN-poort signaal afgeeft. Dus $X = 1$ en $\overline{X} = 0$. De tweedeler zal dan tweemaal of vaker schakelen op één puls van A.
Zou de vertraging te lang duren, dan gebeurt het volgende:
We gaan uit van: $A = 0$, $X = 1$ (en ook $\underline{X} = 1$), dan is $\overline{X} = 0$ (en ook $\underline{\overline{X}} = 0$).

Als $A = 1$ wordt zal de trekker omschakelen, zodat $X = 0$ en $\overline{X} = 1$. Daarna: $A = 0$.

Wordt nu voor de tweede keer $A = 1$ en het vertragingselement is zo traag, dat $\underline{\overline{X}}$ nog 0 is, (nog niet 1)dan zal door deze tweede puls van A ook weer de onderste EN-poort gaan werken en signaal geven op de onderste ingang van de trekker, die hierop niet reageert, omdat $\overline{X}$ al 1 was.
In dit geval zou de tweedeler dus een of meer pulsen van A overslaan.
Het condensatorelement biedt de mogelijkheid om onafhankelijk van de aangeboden puls van A, een afgepaste (korte) puls af te geven aan de trekker. Bovendien is in het condensatorelement de EN-voorwaarde aanwezig, $(\underline{A} \cdot B \cdot \underline{\overline{B}})$.



We brengen nu condensatorelementen aan op de ingangen van de trekker:



De uitgangen van de trekker moesten we vertragen; dit kunnen we bereiken m.b.v. het integrerend deel van de condensatorelementen C1 en C2.
Op de ingangen van de trekker moeten korte pulsen komen, onafhankelijk van de lengte van de aangeboden puls op A.
Dit kunnen de differentiërende delen van C1 en C2 doen.

Voor C1 geldt nu, dat $\bar{X} = 1$ en daarna $A = 1$ moeten zijn om een pulsvormig signaal $(\underline{X} \cdot A \cdot \underline{\bar{A}})$ af te geven aan de trekker X.

Voor C2 geldt nu, dat $X = 1$ en daarna $A = 1$ moeten zijn om een pulsvormig signaal $(\underline{X} \cdot A \cdot \underline{\bar{A}})$ af te geven aan de andere ingang van de trekker X.

Hoe werkt nu deze tweedeler?

We gaan uit van de volgende situatie:

$$A = 0,\ X = 1 \text{ en dan is } \bar{X} = 0$$

Op C2 is dan de voorwaarde $X = 1$ aanwezig (condensator geladen) om als A straks 1 wordt signaal af te geven.
Op C1 is die voorwaarde niet aanwezig (condensator niet geladen).

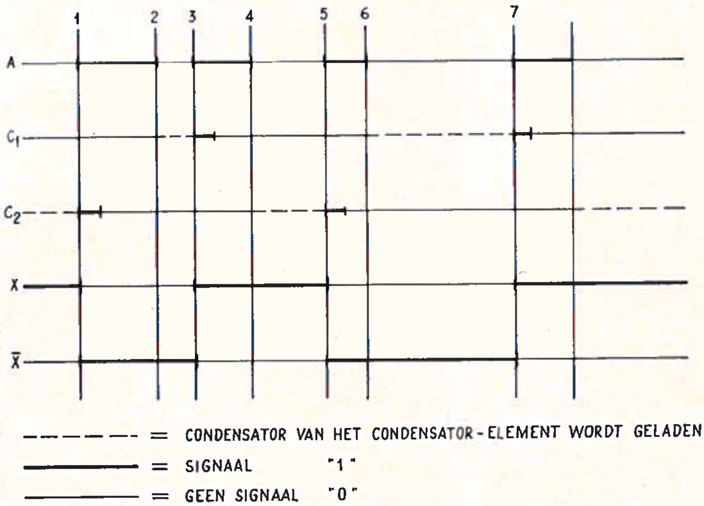
Wanneer nu $A = 1$ wordt, zal C2 een pulsvormig signaal $(\underline{X} \cdot A \cdot \underline{\bar{A}})$ afgeven, waardoor de trekker omschakelt. Nu is $\bar{X} = 1$ en $X = 0$.

Op C1 komt nu signaal op de integrerende ingang te staan, waardoor de condensator wordt geladen, (voorwaarde).

Door C1 wordt echter nog geen signaal afgegeven, want als A nog 1 is kan de condensator nog niet geladen worden; als A = 0 kan de condensator wel geladen worden, maar aan de uitgang verschijnt pas weer een pulsje als A weer 1 wordt.

We hebben hiermee dus bereikt dat deze tweedeler steeds goed werkt, onafhankelijk van de pulslengte van A.

De werking van de tweedeler kunnen we ook verklaren met behulp van een volgordediagram:



Uitgaande van de stand X = 1 en A = 0 zien we dat door X = 1 de condensator van het condensatorelement C2 geladen wordt.

Dit is het integrerend deel van het condensator-element.

Als A nu 1 wordt (tijdstip 1) is de voorwaarde voor C2 (condensator geladen) aanwezig om een pulsvormig signaal te geven.

Hierdoor wordt de trekker X omgeschakeld. D.w.z. $\overline{X}$ wordt 1; X wordt 0.

Op het moment dat X = 1 wordt en als A dan nog 1 is, zal van het condensatorelement C1 de condensator nog niet geladen kunnen worden. Dit kan pas als A = 0 wordt, (tijdstip 2).

Nu kan de condensator van C1 geladen worden, zodat dan de voorwaarde aanwezig is om bij de volgende keer dat A = 1 wordt (tijdstip 3) een pulsvormig signaal af te geven, waarop de trekker weer omgaat. X = 1 en $\overline{X}$ = 0.

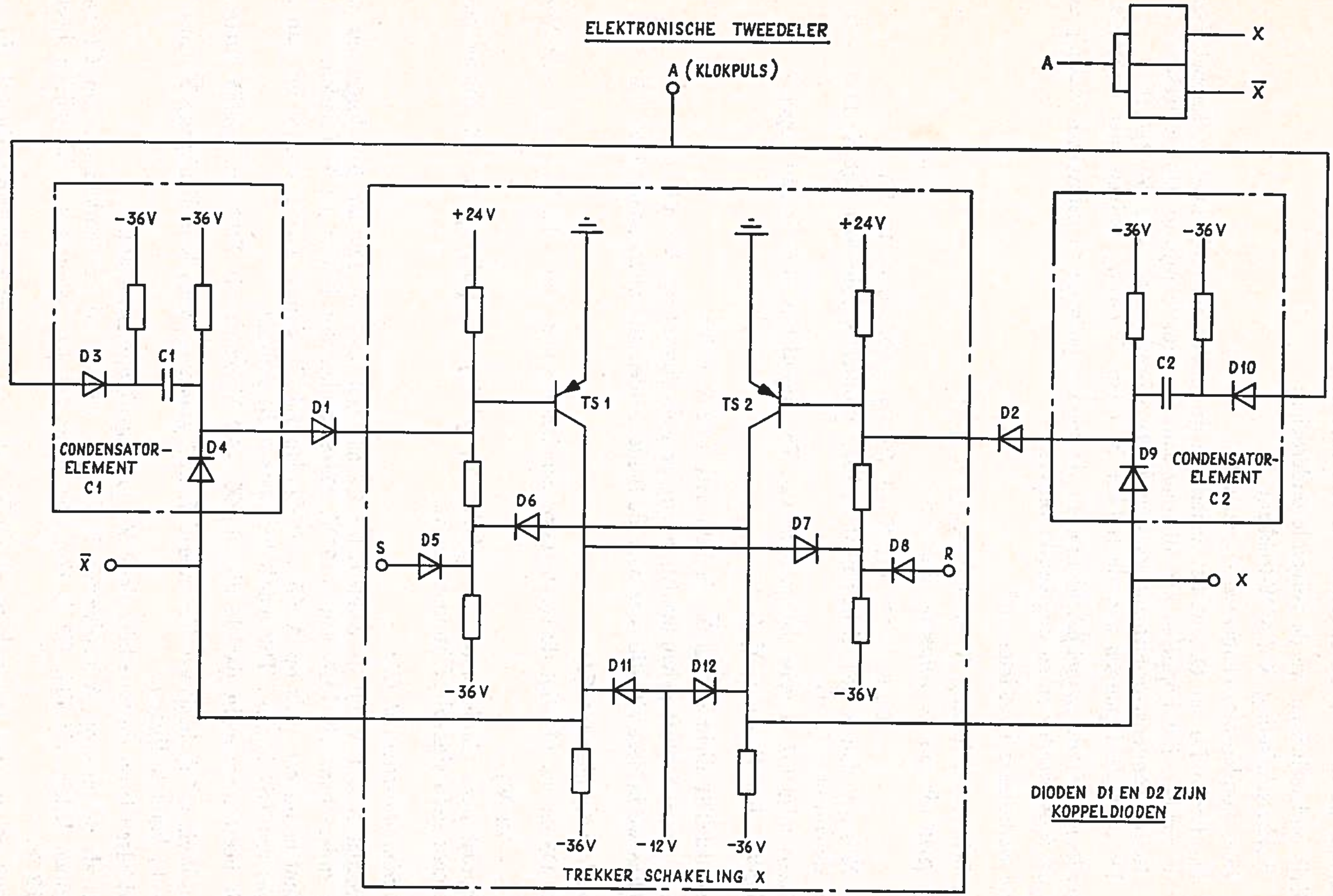
We kunnen uit dit volgorde-schema ook zien, dat de lengte van de puls en de pauze van A onbelangrijk zijn voor de goede samenwerking van de tweedeler.

Verder is ook duidelijk te zien dat wanneer A viermaal 1 is geweest, X en $\overline{X}$ elk tweemaal 1 zijn geweest.

Dit is dus de werking als TWEEDELER.

Ook kunnen we uit dit volgorde-schema nog zien, dat de afgegeven puls van X en $\overline{X}$ steeds gelijk is aan de pulslengte van A plus de pauze tussen de pulsen.

ELEKTRONISCHE TWEEDELER



Bekijken we nu eens de tweedeler in onderdelen: (zie blz. 17)

Hierin onderscheiden we de volgende onderdelen:

1. Trekkerschakeling X (NOF-trekker)
2. Twee condensator-elementen C1 en C2.
3. De dioden D1 en D2, welke dienen om de condensator-elementen te koppelen aan de trekker. Dit koppelen kan nl. niet aan de normale ingang van de trekker, omdat het condensator-element als signaal een spanning van + 12 V afgeeft. De normale ingangen van de trekker X (resp. S en R) blijven hier ongebruikt.

Hierdoor blijft de mogelijkheid bestaan de trekker normaal te gebruiken, waarbij dan de condensator-elementen ongebruikt blijven.

Hoe werkt deze tweedeler nu?

We hebben als ingang A en als uitgang X en $\overline{X}$.

We gaan uit van de volgende situatie:

$$A = 0\ (-12\ V);\ X = 1\ (0\ V)\ en\ \overline{X} = 0\ (-12\ V)$$

Als X is 0 V dan is TS1 dicht omdat de basis positief is. Hierdoor ligt via D11 – 12 V aan de collector (= 0).

Tevens zorgt D7 er voor dat de basis van TS2 negatief is. TS2 is dan „open”.

Hierdoor ligt X aan 0 V (= 1).

Doordat TS1 dicht is, ligt $\overline{X}$ via D11 aan – 12 V (= 0).

Deze toestand blijft gehandhaafd, zolang er geen signaal op A komt.

Kijken we in deze situatie eens naar de beide condensator-elementen C1 en C2:

Condensator-element C1:

Via D3 en via D4 ligt de condensator aan beide zijden aan – 12 V (A = – 12 V en $\overline{X}$ = – 12 V).

Doordat deze condensator niet geladen is, zal bij een puls op A, dit condensator-element géén signaal af kunnen geven.

Condensator-element C2:

Doordat X = 0 V zal de condensator C2 aan één kant via D9 aan 0 V liggen en aan de andere kant via D10 aan – 12 V. Deze condensator is dus 12 V geladen.

Komt er nu een puls op A (A = 0 V) dan zal C2 signaal (+ 12 V) via D2 aan de basis van TS2 leggen. TS2 wordt hierdoor dicht gedrukt.

Dit heeft tot gevolg dat de uitgang X – 12 V wordt via D12 en tegelijk hiermee wordt via D6 de basis van TS1 negatief. TS2 gaat open, waardoor de uitgang $\overline{X}$ aan 0 V (= 1) komt te liggen.

Inderdaad is nu de tweedeler door één puls op A omgeschakeld.

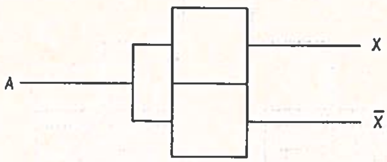
Pas als de puls op A verdwenen is (A = – 12 V) zal de condensator van C1 zich kunnen laden, via D4. C2 is dan niet meer geladen, want aan beide zijden heerst – 12 V.

Komt er nu weer een puls op A (0 V), dan zal C1 een pulsvormig signaal afgeven (+ 12 V) aan de basis van TS1, welke TS1 zal dichtdrukken. Als TS1 dicht is zal er – 12 V (= 0) op X komen en via D7 zal TS2 open gaan. Hierdoor komt er 0 V (= 1) van de collector op X. Via D6 wordt TS1 dicht gehouden.

Na de tweede puls op B is dus de oorspronkelijke toestand $X = 1$ en $\overline{X} = 0$ weer terug. Dit is een cyclus. De schakeling werkt als een tweedeler.

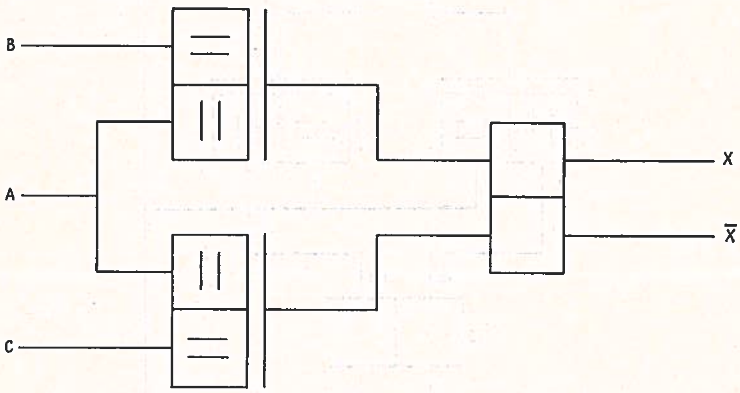
Samenvattend: Bij elke puls op A veranderen de toestanden van X en $\overline{X}$.

Symbool:



Meester en slaaf-geheugen-element of schuifregister-sectie

Wanneer we in de schakeling van de tweedeler op bladzijde 17 de verbindingen tussen D4 en $\overline{X}$ en die tussen D9 en X weglaten krijgen we een schakeling, welke we schuifregister-sectie noemen:



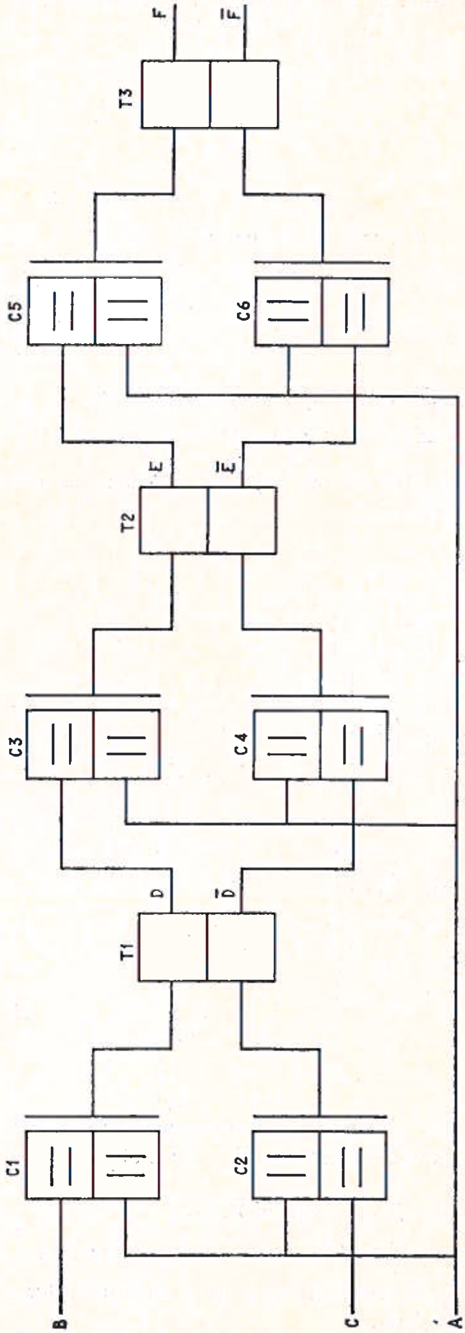
A, B en C zijn ingangen. X en $\overline{X}$ zijn uitgangen van de trekker. B en C zijn voorwaarden voor de condensator-elementen. A is de klokpuls.

Veronderstellen we nu dat $X = 1$, dan is $\overline{X} = 0$.

De trekker kan nu pas omschakelen als $C = 1$ en *daarna* $A = 1$ wordt. Deze schakeling kunnen we gebruiken door meerdere van deze secties achter elkaar te schakelen. Er ontstaat dan een schuifregister.

Het schuifregister

In symbolen:



We zien hier dat de uitgangen van elke sectie verbonden zijn met de integrerende ingangen van de volgende sectie, terwijl alle differentiërende ingangen verbonden zijn met de klokpuls A.

Als we van de begintoestand, dat alle trekkers op de bovenste uitgangen geen signaal (0 V) hebben, uitgaan, zullen we zien, dat wanneer er nu signaal komt op A, er in de schakeling niets gebeurt. Bekijken we hiervoor eens de eerste sectie. Hierin is dus:

$D = 0$ en $\overline{D} = 1$. De condensator-elementen C1 en C2 kunnen geen signaal afgeven, omdat aan de ingangen C en D geen signaal aanwezig is en ook niet is geweest, (niet aangesloten).

Sectie 2 geeft aan de integrerende ingang van het condensator-element C4 wel signaal en dit condensator-element zal dus bij het verschijnen van de klokpuls op A wel een pulsvormig signaal aan de trekker T2 geven, maar deze trekker zal niet omschakelen, omdat de puls op die ingang komt, waarvan de bijbehorende uitgang ($\overline{E}$) al signaal voert. Hetzelfde geldt voor sectie 3.

Hieruit kunnen we concluderen dat één der secties op de bovenste uitgang signaal moet voeren. *M.a.w. één der secties moet inhoud hebben.*

We nemen nu aan dat: $D = 1$; $E = 0$ *en* $F = 0$.

Van C3 is door $D = 1$ de condensator geladen. (voorwaarde om bij het verschijnen van de klokpuls signaal af te geven).

1e puls: Verschijnt er nu een klokpuls op A dan zal C3 signaal afgeven, waardoor trekker T2 omschakelt. Nu wordt $E = 1$ en $\overline{E} = 0$.

C5 kan nog geen puls afgeven. Als de klokpuls verdwijnt ($A = 0$) zal de condensator van C5 zich kunnen gaan laden, maar verder wijzigt de toestand in de schakeling zich niet.

Nu is dus $D = 1$; $E = 1$ *en* $F = 0$.

2e puls: Bij de volgende puls op A zal C5 de trekker T3 omschakelen, waardoor dan $F = 1$ en $\overline{F} = 0$ wordt.

Nu is dus: $D = 1$; $E = 1$ *en* $F = 1$.

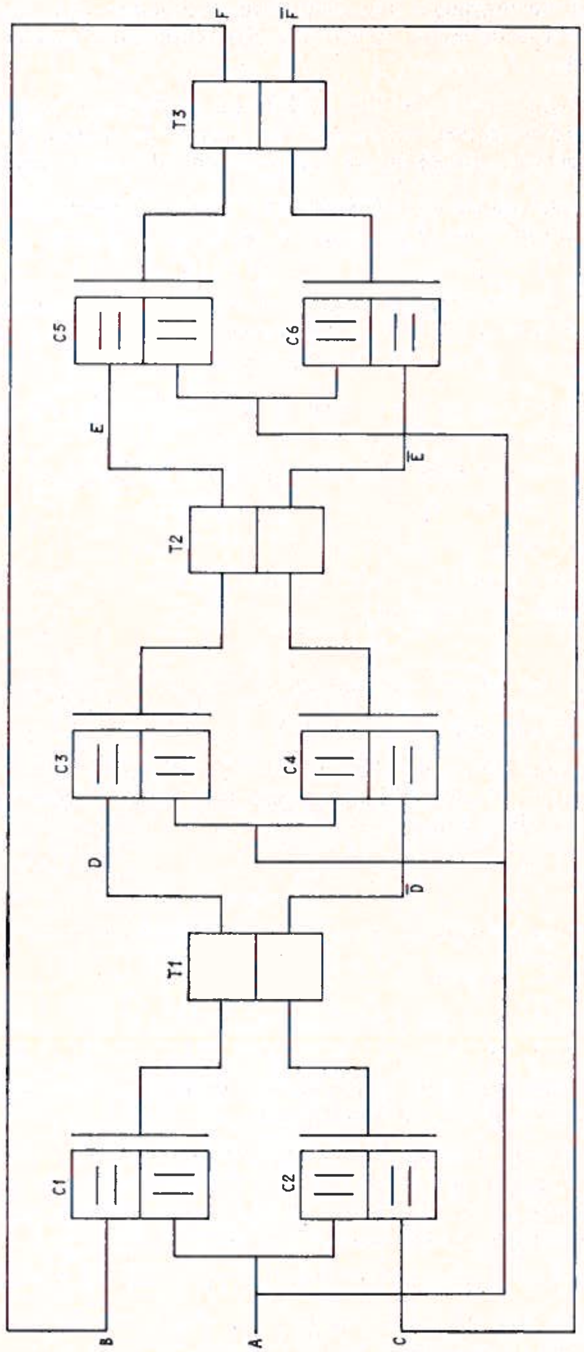
Komt er nu nog een klokpuls op A dan zal de toestand van dit schuifregister zich niet meer kunnen wijzigen. M.a.w. dit schuifregister zit „vol".

Wat hebben we nu met deze schakeling bereikt? Wanneer $F = 1$ (schuifregister vol) weten we dat er 2 pulsen op A zijn geweest. We hebben in dit geval tot 2 geteld. Om verder te kunnen tellen hebben we meer secties nodig. Als we bijvoorbeeld van 0 t/m 9 willen tellen hebben we daarvoor 10 secties nodig.

Maar ook dan zal het schuifregister na 9 pulsen vol zitten en wat dan?

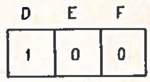
Kijken we nog eens naar ons schuifregister van 3 secties, met als begintoestand $D = 1$; $E = 0$ en $F = 0$. Het moest immers inhoud hebben!

Als we er nu voor zorgen dat als $F = 1$ wordt, D weer 0 wordt, loopt dit schuifregister niet meer vol. Dit kunnen we bereiken door F te verbinden met B. C1 zal dan T1 omschakelen. Tevens verbinden we F met C.


F
$\overline{F}$
T3
C5
C6
E
$\overline{E}$
T2
C3
C4
D
$\overline{D}$
T1
C1
C2
B
A
C

Hoe werkt nu deze schakeling?

We gaan uit van de beginstand: D = 1, E = 0, F = 0.

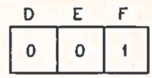


1e klokpuls: C2, C3 en C6 werken, waardoor:
T1 omschakelt,
T2 omschakelt,
T3 blijft staan.

Nu is dus: D = 0, E = 1, F = 0.

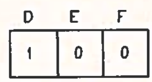
2e klokpuls: C2, C4 en C5 werken, waardoor:
T2 omschakelt,
T3 omschakelt,
T1 blijft staan.

Nu is dus: D = 0, E = 0, F = 1.



3e klokpuls: C1, C4 en C6 werken, waardoor:
T1 omschakelt,
T3 omschakelt,
T2 blijft staan.

Nu is dus: D = 1, E = 0, F = 0.

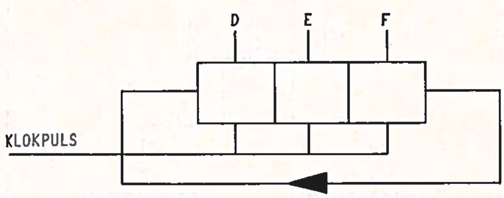


Dit is weer de begintoestand. De 1 is hier dus als het ware door het register geschoven. Vandaar de naam „schuifregister".

De plaats van de 1 in het schuifregister geeft dus het aantal klokpulsen aan, met hier een maximum van 2 (3 toestanden t.w. 0,1 en 2).

Zo'n schakeling wordt ook wel een *verdeler* genoemd; te vergelijken met een draaikiezertje. D, E en F zijn dan de uitgangen.

Het symbool voor dit schuifregister of verdeler is:

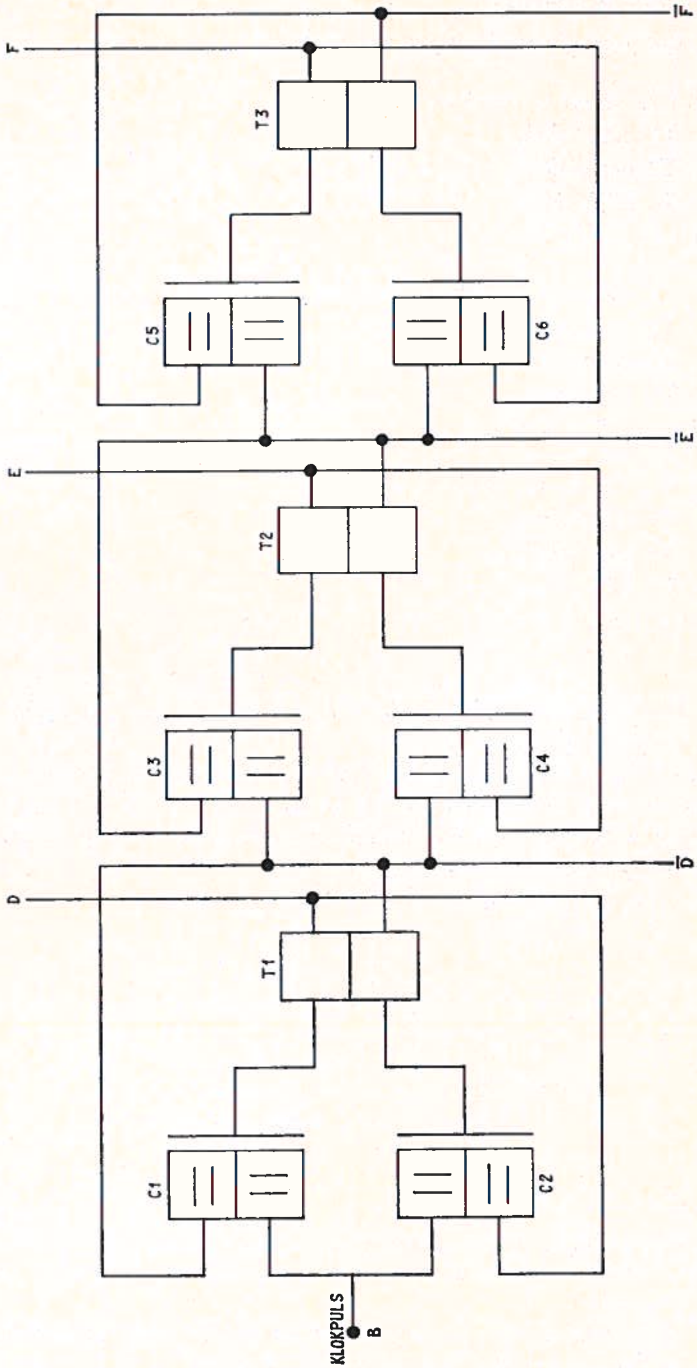


De binaire teller

Uit het voorgaande blijkt dat we met een schuifregister van drie secties van 0 tot 2 kunnen tellen. Wanneer we het aantal secties uitbreiden tot 10, zouden we liniair van 0 t/m 9 kunnen tellen.

We kunnen zo'n schuifregister (verdeler) dus als liniaire teller gebruiken. Om echter met de drie secties uit ons voorbeeld meer dan 3 pulsen af te kunnen tellen, zullen we er een *binaire teller* van moeten maken.

Dat kan op de volgende wijze:


F
F̄
T3
C5
C6
E
Ē
T2
C3
C4
D
D̄
T1
C1
C2
KLOKPULS
B

We zien hier dat we de schuifregistersecties weer als tweedelers gaan schakelen, door per sectie de uitgangen terug te koppelen aan de integrerende ingangen. De klokpuls voeren we nu alleen toe aan de differentiërende ingangen van de eerste sectie.

De inverse uitgangen van de tweedelers worden steeds gekoppeld aan de differentiërende ingangen van de volgende tweedelers.

De werking:

We gaan er van uit dat de uitgangen van de trekkers T1, T2 en T3 resp. D, E en F geen signaal voeren. Dus D, E en F zijn 0.

De volgende figuur geeft de stand aan van de tweedelers na elke puls, met daarachter vermeld, welk condensator-element de omschakeling veroorzaakt.

LINIAIR	BINAIR						CONDENSATOR-ELEMENTEN						
AANTAL PULSEN	D	E	F	$\bar{D}$	$\bar{E}$	$\bar{F}$	C1	C2	C3	C4	C5	C6	IN FORMULE
BEGINSTAND	0	0	0	1	1	1	+		+		+		$0 = \bar{D}.\bar{E}.\bar{F}$
1e KLOKPULS	1	0	0	0	1	1	=	+	+		+		$1 = D.\bar{E}.\bar{F}$
2e "	0	1	0	1	0	1	+	=	=	+	+		$2 = \bar{D}.E.\bar{F}$
3e "	1	1	0	0	0	1	=	+		+	+		$3 = D.E.\bar{F}$
4e "	0	0	1	1	1	0	+	=	+	=	=	+	$4 = \bar{D}.\bar{E}.F$
5e "	1	0	1	0	1	0	=	+	+			+	$5 = D.\bar{E}.F$
6e "	0	1	1	1	0	0	+	=	=	+		+	$6 = \bar{D}.E.F$
7e "	1	1	1	0	0	0	=	+		+		+	$7 = D.E.F$
8e "	0	0	0	1	1	1	+	=	+	=	+	=	ZIE BEGINSTAND

N.B. + d.w.z. de condensator is geladen.
= d.w.z. het condensator-element geeft een signaal af.

Als we nu de uitgangen D, E en F bekijken, zien we dat wanneer:

D = 1 er 1 puls is geweest (2^0).

E = 1 er 2 pulsen zijn geweest (2^1).

F = 1 er 4 pulsen zijn geweest (2^2).

Dit is dus een binaire teller, waarbij we met 3 secties van 0 t/m 7 kunnen tellen.

Als we precies willen zien hoeveel pulsen er geweest zijn, moeten we alle uitgangen tegelijk bezien. Ook de inverse.

In de laatste kolom van bovenstaande figuur kunnen we zien welke uitgangstoestanden de tweedelers moeten hebben voor elk cijfer.

Willen we nu met deze binaire teller toch liniair kunnen tellen, dan zullen we voor elk cijfer aan de voorwaarden van deze kolom moeten voldoen.

Dit kunnen we bereiken met behulp van EN-poorten.

We noemen zo'n schakeling een CODE-CONVERTOR, zie pag. 26.

Door toepassing van een binaire teller met een code-convertor kunnen we liniair tellen, hetgeen een besparing aan schuifregister-secties oplevert.


Straalzender
apparatuur
voor telefonie
radio/televisie
afstandsbediening
afstandsmeting
afstandscontrole
en alle andere
toepassingen.
Complete systemen
voor straalzenders
in alle capaciteiten.
GTE ATEA
Atea N.V., Groot Hertoginnelaan 8, 's Gravenhage
Telefoon (070) 656903*, Telex 31454