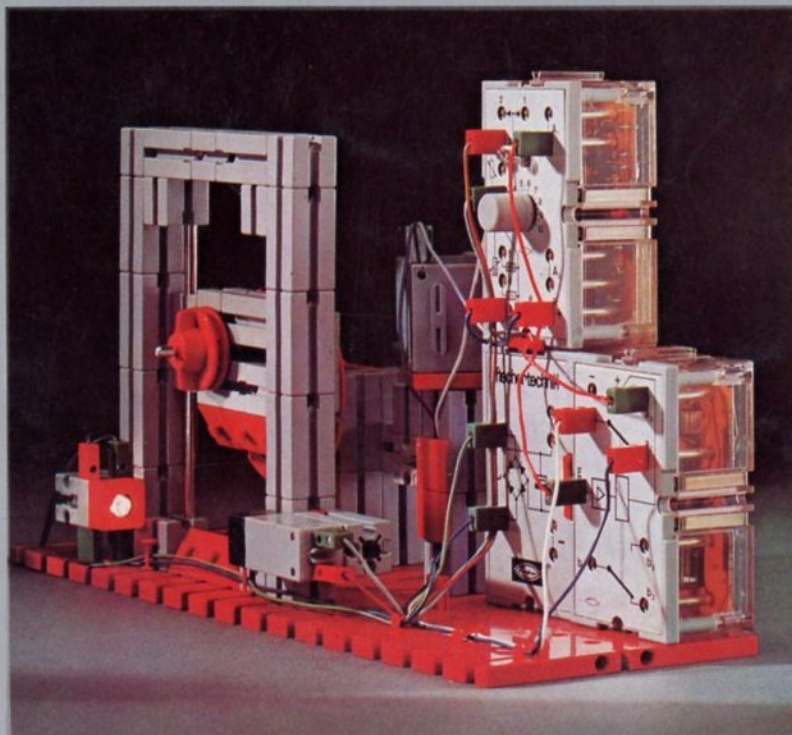


# fischer<sup>®</sup>technik hobby

## experimenten en modellen



met hobby 1 + 2 + 3 + 4  
besturingsschakelingen  
lichtstraalonderbrekers  
alarminstallaties  
beveiliging van mens en machine  
signaalversterker  
temperatuurcontrolar

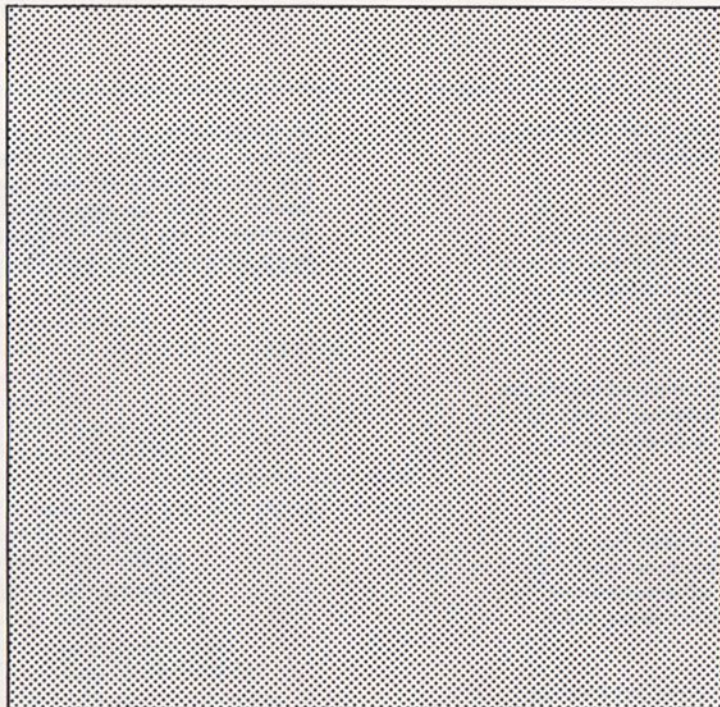
Art. Nr. 6 39405 7

hobby 4  
deel 1



# fischertechnik hobby<sup>®</sup>

## experimenten en modellen



met hobby 1+2+3+4  
besturingsschakelingen  
lichtstraalonderbrekers  
alarminstallaties  
beveiliging van mens en machine  
signaalversterker  
temperatuurcontrolar

hobby 4  
deel 1



## Voorwoord

Dit boek verschaft u de kennis die u nodig hebt voor het elektronisch sturen en regelen van ft-modellen.

Het behandelt de toepassingstechniek en het is niet de bedoeling de lezer te scholen tot een volleerd elektronikus. Om te kunnen autorijden heeft men geen mechanika nodig, maar rijles. Zo ligt het ook bij ft-elektronika.

U behoeft volstrekt niet te weten onder welke voorwaarden een transistor als een elektronische schakelaar werkt en evenmin hoe een transistor of de andere elektronische bouwstenen precies zijn samengesteld.

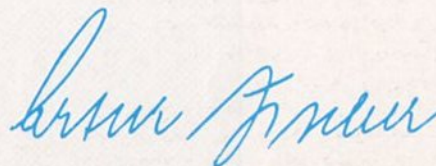
Het gaat er in dit boek om u de weg te wijzen hoe u de elektronika bouwelementen kunt toepassen en wat u er mee kunt doen. De basiskennis van de schakeltechniek, verworven met hobby 3, is daarbij een onmisbare steun.

De „Experimenten en modellen“boeken voor het hobby-programma hebben als doel technische kennis over te dragen. Voor dat doel is bij de fundamentele schakelingen en proeven theoretische informatie gevoegd. De kennis daarvan is echter niet noodzakelijk voor het zelf ontwerpen van schakelingen.

Bij elke principeschakeling worden modellen gegeven en aanwijzingen voor het zelf maken van ontwerpen. Alle

mogelijkheden in dit boek beschrijven is onmogelijk. Maar in deze serie zullen meer delen verschijnen. Bij het maken van elektronische schakelingen moeten enige grondregels beslist in acht genomen worden. U vindt ze in het eerste hoofdstuk. Sla deze bladzijden niet over, het kan u een hoop narigheid en de bouwstenen besparen.

Ik wens u veel plezier,



# Inhoudsopgave

	pagina		pagina
Voorwoord	2	Besturingsschakelingen met lichtstraalonderbreker	
Aanwijzingen	4	personenteller met lichtstraalonderbreker	42
Gelijkrichter bouwsteen	6	besturing van machines met lichtstraalonderbreker	44
de werking	8	alarmschakeling met automatische blokkering	46
Kondensator in de gelijkrichter bouwsteen	9	excenterpers met beveiliging door lichtstraalonderbreker	48
bufferwerking	9	snel instelbare schakelklok	50
ontladingsweerstand	10	Relais met vertraagd afvallen en opkomen	52
elektromagneet en afgevlakte spanning	11	flikkerlicht 1	53
Relais bouwsteen	14	flikkerlicht 2	55
relaiscontacten	14	Elektronika basisbouwsteen	56
stroomvoorziening	14	signaalversterker	56
besturing via versterker	15	reactie-afstand van een fotoweerstand	60
motor met controlepaneel (schakelvoorbeeld)	15	stroomdiagram (de loop van een signaal)	60
Automatisch vasthouden van een signaal door relais	18	Lichtscherf	61
dominerend uit-signaal	18	Signaalversterker	64
dominerend aan-signaal	20	$E_1$ en $E_2$ van buitenaf bediend	65
Tweepolige omschakeling	21	reactiegevoeligheid	65
Besturing met licht	22	de loop van het signaal	67
bouw van een fotoweerstand	22	Ponsbandlezer	68
werking van een fotoweerstand	24	twee fotoweerstanden	70
werking van een spanningsdeler	25	parallelschakeling	70
Daglichtschakelaar	26	serieschakeling	70
Vlamwaker	28	Versterking van het signaal	72
Alarmapparaat met lichtstraalonderbreker	30	relais en relais bouwsteen	72
Lichtstraalonderbrekers	32	elektronika basisbouwsteen	73
de reikwijdte van het lichtsignaal	32	Grenswaarde schakelaar	74
uitschakeling van storend licht	34	Temperatuurwaker met warmteweerstand	76
bundeling van licht met lenzen	37	Oplossing van vraagstukken	78
onderbrekers met lenslampen	40	Technische gegevens van de bouwstenen	79



## Algemene aanwijzingen (moet u beslist niet overslaan)

hobby 4 bevat vier elektronika bouwstenen van gelijke afmetingen. In uiterlijk onderscheiden zij zich door de opschriften en de rangschikking van de stekkerbussen.

De gelijkrichter bouwsteen maakt van de wisselspanning die de ft-trafo levert een zuivere gelijkstroom die nodig is voor elektronische schakelingen.

**De relais bouwsteen** Deze bouwsteen heeft – in tegenstelling tot het relais van hobby 3 of van em 5 – een elektronische versterker. Daarmee is het relais niet alleen door middel van een drukknop of een schakelaar te bedienen maar bij voorbeeld ook via een fotoweerstand met licht.

**De elektronika basisbouwsteen** Deze is op vele manieren te gebruiken. Een klein verschil in lichthoeveelheid is voldoende om via de fotoweerstand en de elektronika basisbouwsteen de relais bouwsteen te besturen. Dit kan ook met de gekombineerde mikrofoon-luidspreker bouwsteen. Een geluid wordt dan omgezet in een signaal waarmee een machine is uit te schakelen of stop te zetten.

De elektronika basisbouwsteen is ook toe te passen voor het regelmatig geven van een signaal om b. v. een machine een slag te laten maken. Denk aan de ontsteking van een benzinemotor waarbij gesproken wordt van viertakt. De bouwsteen werkt dan als pulsgever. Tenslotte kunnen we hem ook nog als vertrager gebruiken.

Al onze elektronische schakelingen hebben één ding gemeen. Ze doen het alleen goed met de juiste bedrijfs- of voedingsspanning. Een verkeerde poolaansluiting of het

onjuist aansluiten van een wisselstroom kan ernstige schade toebrengen aan de bouwstenen. Houdt u daarom aan de volgende grondregels:

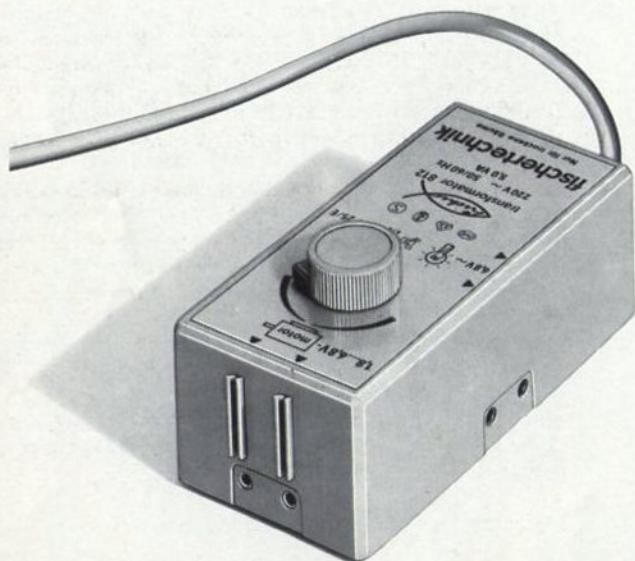
**1e grondregel:** Experimenteer nooit met de spanning van het huisnet. Stekkers en elektronika bouwstenen van fischertechnik zijn alleen bedoeld voor experimentele schakelingen met zwakstroom (lage spanning) in droge ruimten. Tussen het normale stopcontact van het huisnet en uw model moet steeds de ft-netvoedingsapparaat staan.

**2e grondregel:** Als spanningsbron kunt u het beste de ft-netvoedingsapparaat mot. 4 gebruiken. U bent er dan zeker van dat u onder de beste omstandigheden werkt. Gebruik in geen geval meer dan 10 V gelijkstroom of 8 V wisselstroom, b. v. uit de transformator behorende bij een elektrische trein.

**3e grondregel:** De elektronika bouwstenen mogen niet zonder meer op de ft-netvoedingsapparaat worden aangesloten. De stekkerbussen die met „+“ en „-“ zijn gemerkt, mogen nooit en te nimmer met welke stekkerbus dan ook van de ft-netvoedingsapparaat worden verbonden.

Dit geldt voor alle elektronika bouwstenen.





ft-netvoedingsapparaat mot. 4  
(in plaats van netvoedingsapparaat wordt ook wel  
gesproken van voedingsbron)



## De gelijkrichter bouwsteen

**Doel** De gelijkrichter bouwsteen is voor elke schakeling noodzakelijk. Hij levert in samenwerking met de ft-trafo, de voor de elektronika bouwstenen noodzakelijke spanning.

De gelijkstroom die de ft-netvoedingsapparaat levert, voldoet niet omdat die alleen een gelijkgerichte wisselspanning is. De stroom loopt daarbij wel steeds in dezelfde richting, maar de spanning (en daarmee de stromsterkte) slingert per seconde honderd keer tussen nu en de hoogste waarde.

De bouwstenen hebben een zuivere gelijkstroom nodig, zoals die b. v. door een batterij wordt geleverd. Voor het leveren van deze stroom is de gelijkrichter bouwsteen ontwikkeld. We gaan hem eens nader bekijken.

Zoals bij elk elektronisch apparaat is er een ingang en een uitgang.

### 4e grondregel

**Ingang** De voedingsbron mag alleen met de ingangsbussen van de gelijkrichter bouwsteen worden verbonden. Deze zijn met het symbool voor wisselspanning  $\sim$  aangegeven. Hierop kunt u een wisselspanning of een gelijkspanning aansluiten zonder dat u op de polariteit oftewel de + en -pool hoeft te letten.

**Uitgang** De uitgangsbussen van de gelijkrichter bouwsteen zijn gemerkt met „+“ en „-“. Sluit hierop nooit een transformator aan. Het kan u de gelijkrichter en de daarop aangesloten bouwstenen kosten.

**De ft-netvoedingsapparaat** De bezitter van de ft-netvoedingsapparaat mot. 4 kan het beste de wisselspanningsbussen gebruiken. De regelbare gelijkspanning die de netvoedingsapparaat levert is dan ook voor andere doeleinden te gebruiken.

De volgende proeven maken de werking van de gelijkrichter bouwsteen duidelijk. Mocht u later twifelen aan het goed functioneren van deze bouwsteen, dan kunt u hem met een overeenkomstige methode testen.

**Gelijkstroom** Uit ervaring weten we: de ft-motor loopt niet op wisselstroom. Het enige wat hij doet is brommen. De wisselstroom verandert 100 keer per seconde van richting en de motor is niet in staat om z'n draairichting zo snel te wijzigen. Hij staakt. Sluiten we de motor aan op de uitgangen van de gelijkrichter, dan draait hij steeds in dezelfde richting. Het maakt daarbij niets uit of op de ingangen van de gelijkrichter wisselspanning of gelijkspanning staat. Evenmin doet het er iets toe of u de polariteit van de ingangspanning verandert.

Met deze proef wordt bewezen dat de polariteit van de uitgangen van de gelijkrichter bouwsteen steeds hetzelfde is.



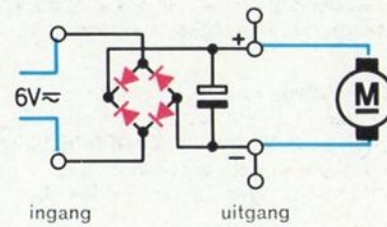
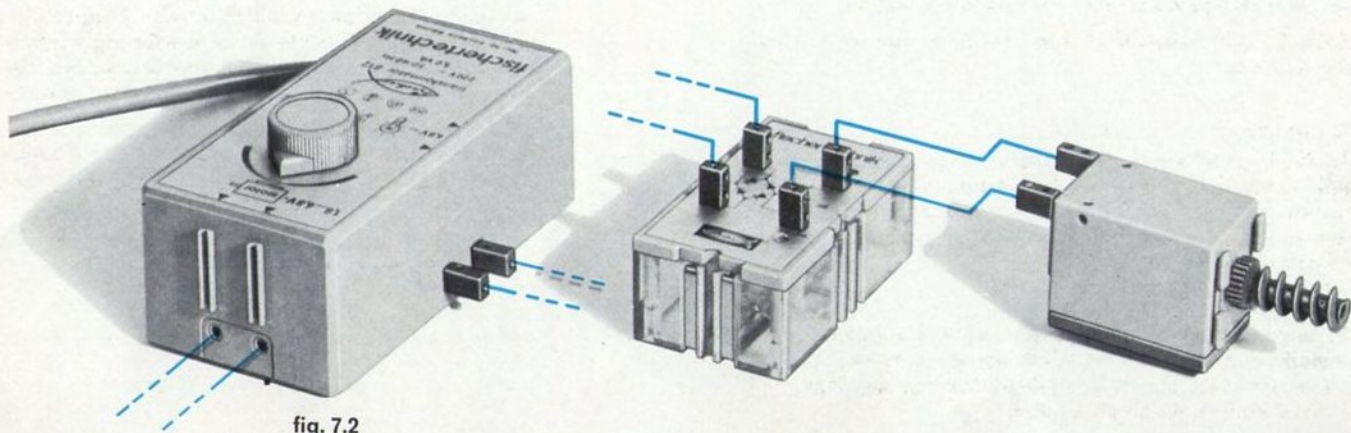


fig. 7.1





### Werkwijze

We schakelen een spanningsbron met een diode (symbool  $\rightarrow$ ) en een weerstand (symbool  $\square$ ) tot een stroomkring. Er zal nu alleen een stroom vloeien als de diode gepoold is volgens deze tekening:

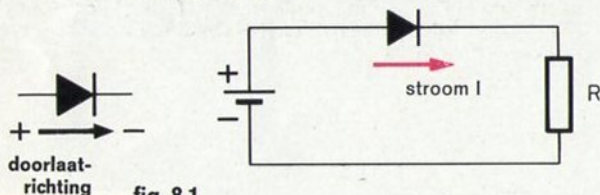


fig. 8.1

In de gevallen dat de diode andersom wordt gepoold of de polariteit van de spanningsbron wordt omgekeerd zal er geen stroom lopen.

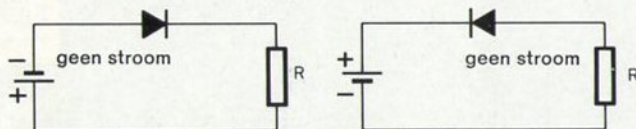


fig. 8.2

In de gelijkrichter bouwsteen zijn vier van deze diodes met elkaar verbonden tot wat genoemd wordt een tweeweg-gelijkrichterschakeling. Elke diode laat de stroom alleen in een bepaalde richting door. Komt de stroom van de andere kant, dan wordt hij tegengehouden. De pijl van het symbool geeft de doorlaatrichting aan, waarbij aangenomen is dat de stroom van + naar - loopt.

De met een „+“teken gemerkte uitgang van de gelijkrichter bouwsteen heeft altijd een + potentiaal. Het maakt niets uit welke ingangsbuis van de gelijkrichter verbonden is met de + pool van de ft-trafo of van een batterij.

Sluit men wisselspanning aan op de ingangen, dan zal in elke fase de stroom door de twee geopende diodes vloeien. Fig. 8.3 laat de stroomloop zien tijdens de beide fasen van de wisselstroom.

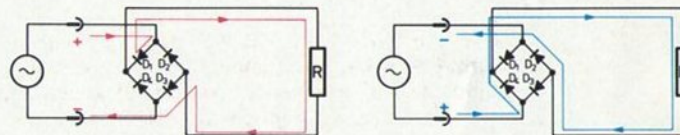


fig. 8.3

De cirkel met het symbool voor wisselspanning geeft een energiebron weer die wisselspanning levert. Deze is vereenvoudigd voor te stellen als een gelijkspanningsbron (b. v. een batterij) waarvan de polariteit voortdurend wisselt. Tijdens de positieve fase (de bovenste ingang) kan de stroom alleen van de + pool, over diode  $D_1$ , de weerstand  $R$  en diode  $D_3$  naar de - pool lopen. Volgen we de rode lijn, dan zien we dat de stroom over  $R$  alleen van boven naar beneden kan vloeien.

Nu de negatieve fase. De stroom vindt z'n weg nu van de + pool (die nu onder ligt) over  $D_4$ ,  $R$  en  $D_2$  naar de - pool. We zien dat de stroom opnieuw van boven naar beneden over de weerstand  $R$  loopt, hoewel de polariteit van de wisselspanningsbron is veranderd.

## De condensator in de gelijkrichter bouwsteen

**Bufferwerking** In de voedingsbron wordt de wisselstroom op de hiernaast, beschreven wijze gelijkgericht. Maar wanneer we op deze spanning een elektromotor aansluiten, dan loopt de spanning nog steeds 100 keer per seconde op en neer tussen nul en de hoogste waarde. Om nu een gelijkmatige spanning en stroom te krijgen, wordt in de gelijkrichter een condensator (symbool  $\text{—} \parallel \text{—}$ ) gebouwd. Deze neemt de stroomlevering over in de korte tijd dat de voedingsbron geen of weinig stroom aflevert.

De condensator laadt zichzelf steeds op met elektrische energie wanneer de spanning van de trafo hoog is. Een condensator is een soort opslagplaats, een magazijn, en hij werkt als een buffer die de stoten opvangt.

De bufferwerking is met de schakeling van figuur 9.1 zichtbaar te maken. Alleen de blauwe verbindingen behoeven te worden gelegd.

**Proef** We sluiten de gelijkrichter bouwsteen aan op de voedingsbron en schakelen tussen de plus- en de minpool (de uitgangen) een gloeilamp. Deze stroomkring is te onderbreken met een rustkontakt (fig. 9.1). Na controle van de bedrading steken we de stekker van de voedingsbron in het stopkontakt. Drukken we  $T_1$  in, dan zal de lamp onmiddellijk uitgaan. Als we  $T_2$  bedienen, zien we iets heel anders. Nu wordt de stroomtoevoer van de voedingsbron onderbroken. De condensator kan nu zijn opgeslagen energie nog aan de lamp afgeven omdat de stroomkring met de lamp niet onderbroken is. De lamp blijft dan ook nog even branden.

Interessanter is de volgende proef. Eerst verbreken we de stroomtoevoer naar de lamp met  $T_1$ , die we ingedrukt houden. Daarna drukken we  $T_2$  in. Als er elektrische energie in de condensator zit opgeslagen, dan moet de lamp even gaan branden als we alleen  $T_1$  loslaten. U kunt zich er zelf van overtuigen.

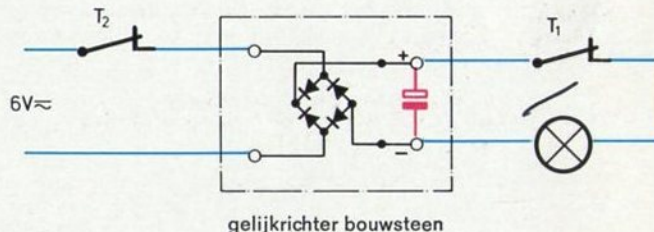


fig. 9.1



Wanneer de gelijkrichter lange tijd niet gebruikt is, dan moet hij eerst één minuut op de voedingsbron worden aangesloten om de condensator gelegenheid te geven zich op te laden.

**Ontladingsweerstand** De volgende proef dient om te onderzoeken hoe snel de condensator ontlaaft en waar dat van afhangt.

Met behulp van een ft-trapsgewijze schakelaar kunnen we op de uitgang van de gelijkrichter naar keuze aansluiten: 1 lamp, of 2 lampen in serie, of 2 lampen parallel (zie fig. 10.1).

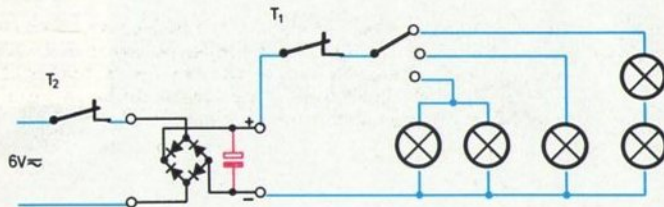


fig. 10.1

Nu herhalen we de proeven van pagina 9 met de twee lampen in serie.

**Weerstand in ohm ( $\Omega$ )** We constateren dat hoe groter de weerstand is, des te langer de lampen blijven nabranden. Omgekeerd kunnen we dus zeggen, dat hoe kleiner de geschakelde ontladingsweerstand is, des te sneller en intensiever (dat betekent met een grotere stroomsterkte) de condensator zal ontladen.

Twee lampen in serie hebben samen een grotere weerstand dan één. Twee lampen parallel daarentegen hebben een kleinere weerstand dan één lamp.

De volgende proef is gericht op de vraag: welke invloed heeft de condensator van de gelijkrichter op de hoogte van de gelijkgerichte spanning?

Eerst zoeken we twee, bij benadering even sterk brandende lampen uit. Alle gloeilampen (geen lenzenlampen) worden parallel geschakeld met de gelijkspanningsbussen van de voedingsbron. De twee gekozen lampen zijn als meters voor de volgende proef te gebruiken.

De ene lamp verbinden we met de uitgangen van de voedingsbron, met andere woorden parallel met de ingang van de gelijkrichter (zie fig. 11.1). De andere lamp wordt verbonden met de uitgang, de plus- en de minpool van de gelijkrichter.

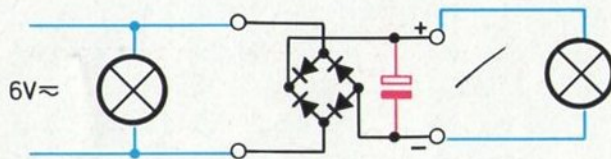


fig. 11.1

Verskil in helderheid

Duidelijk blijkt dat de lamp – zoals de technicus zegt – die achter de condensator is geschakeld en parallel daarmee ligt, veel helderder brandt dan de andere.

Zoals u weet, neemt de condensator extra stroom af van de voedingsbron wanneer de lamp brandt. Op het moment dat de voedingsbron geen of weinig stroom levert, gaat de condensator z'n energie aan de lamp afstaan. De gelijkrichter

Niet-afgevlakte spanning

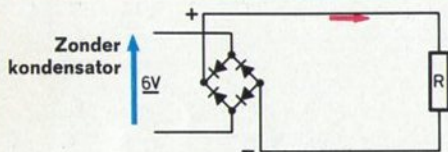
verhindert dat de condensator stroom naar de trafo kan teruglopen. Alles bij elkaar genomen, vloeit er meer stroom over de lamp achter de condensator dan over de lamp met de niet-afgevlakte spanning van de voedingsbron. In de tijd gezien is de afgevlakte spanning hoger dan de niet-afgevlakte. Daarom brandt de ene lamp helderder dan de andere (zie fig. 12.1 tot en met 12.4).

De werking van de afvlakking wordt ook heel duidelijk door in plaats van een lamp een elektromagneet te nemen. Bij een niet-afgevlakte stroom wordt de afsluitplaat lang zo sterk niet aangetrokken als wanneer we met afgevlakte stroom werken. Op pagina 13 vindt u een proefmodel. U kunt ook een model bouwen waarmee u de afstanden kunt meten voor elke spanning waarbij de afsluitplaat wordt aangetrokken.

Het spanningsverloop

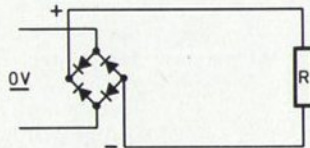
De tekeningen van fig. 12.5 laten u het verloop van de spanning en de stroom zien zowel met als zonder condensator en uitgezet tegen de tijd. Al naar gelang de hoogte van de aangesloten weerstand zal de condensator zich tussen de toppen van twee fasen (halve golf lengtes) meer of minder ontladen.





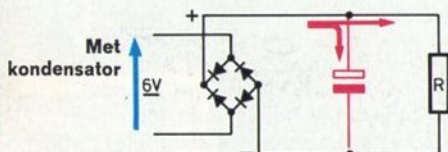
Zonder kondensator, volle ingangsspanning

fig. 12.1



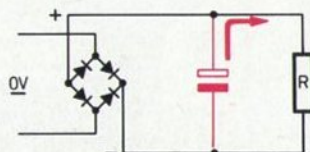
Zonder kondensator, ingangsspanning 0

fig. 12.2



Volle ingangsspanning, kondensator wordt tegelijk opgeladen

fig. 12.3



Ingangsspanning 0, alleen de kondensator levert stroom

fig. 12.4

De kleine schommeling van de kondensator ten opzichte van de gemiddelde spanning noemen we de „restgolving“.  
 Hoe groter de stroom is die door de aangesloten verbruiker loopt, hoe groter deze restgolving. De hoogte daarvan hangt ook af van de capaciteit (het opslagvermogen) van de kondensator. Men meet deze in delen van één Farad, b. v. in mikrofarad ( $\mu\text{F}$ ). Een mikrofarad is  $10^{-6}$  Farad (klemtoon op de tweede lettergreep).  
 Hoe groter de kondensator is, des te kleiner zal – onder gelijke voorwaarden – de restgolf zijn.  
 Op het moment dat er geen stroom wordt geleverd door de trafo, komt de afgevlakte spanning met de spanning in de top van de golf overeen.

In de gelijkrichter bouwsteen zit een kondensator met een capaciteit van  $2.200 \mu\text{F}$ . Daarvoor wordt in verband met de ruimte een elektrolytische kondensator, de zogenaamde elektrolyt, gebruikt.  
 Bij deze ruimtebesparende kondensator moet de aangegeven polariteit in acht worden genomen. Dit is de reden waarom op de + en – polen van de bouwsteen geen tegengesteld gepoolde spanning of een wisselstroom hoger dan 1 Volt mag worden aangesloten. De gelijkgerichte, afgevlakte spanning staat niet alleen op de met + en – gemerkte uitgangen van de gelijkrichter bouwsteen, maar ook op de aan beide zijden liggende metalen kontaktstrippen die direct met de + en – polen zijn verbonden.

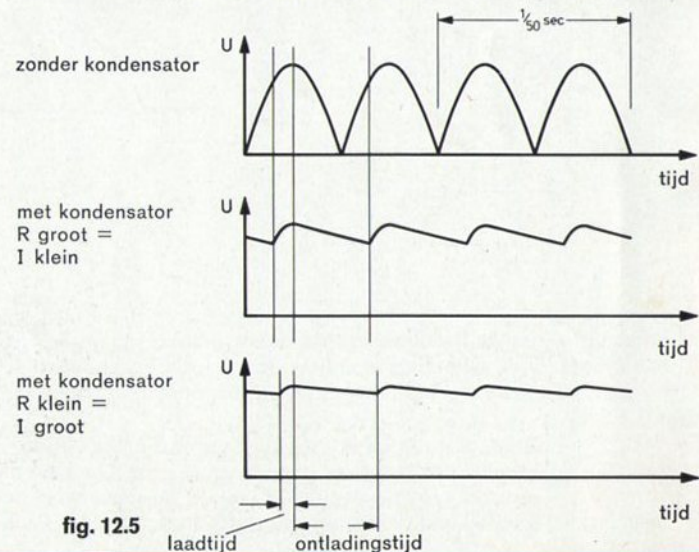


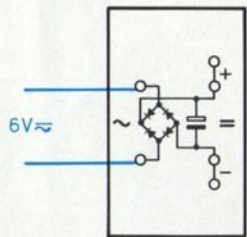
fig. 12.5



principe



fig. 13.1



deze proefopstelling  
achtereenvolgens aansluiten  
op de gelijkspannings- en  
de wisselspanningsbussen  
van de ft-netvoedingsapparaat

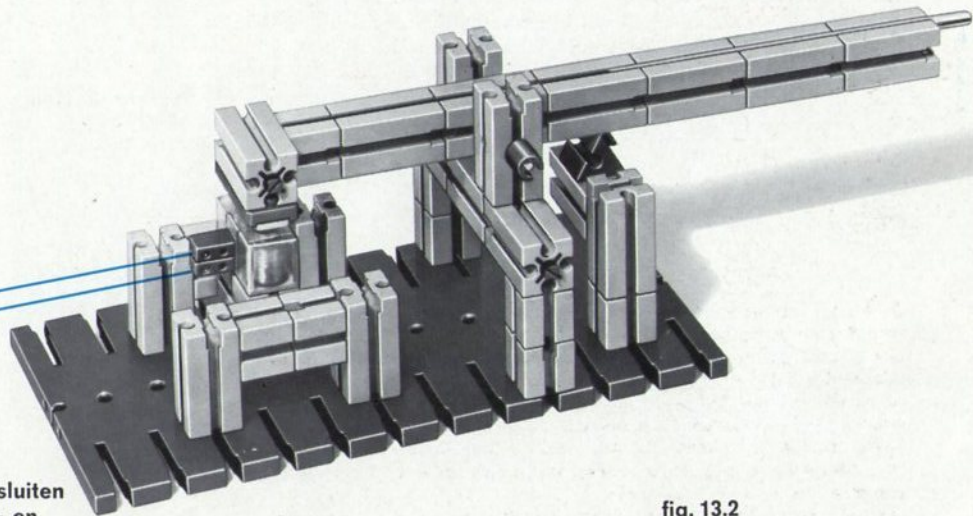


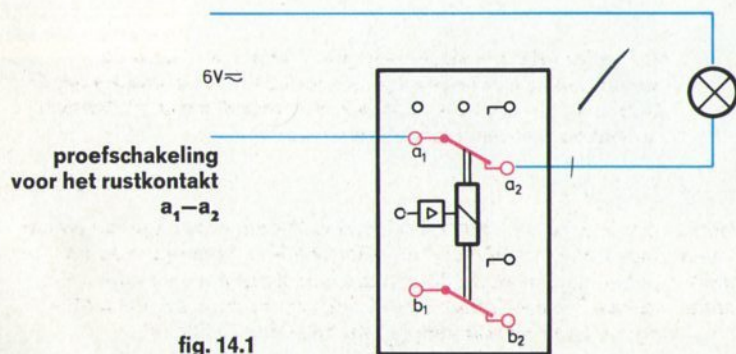
fig. 13.2

## Relais bouwsteen

Deze bouwsteen heeft een relais met twee omschakelkontakten, zoals b.v. het relais van hobby 3. Een relais bestaat uit een elektromagneet die een anker aantrekt zodra een stroom met een bepaalde sterkte door de magneetspoel gaat (de magneetspoel van een relais wordt relaispoel genoemd).

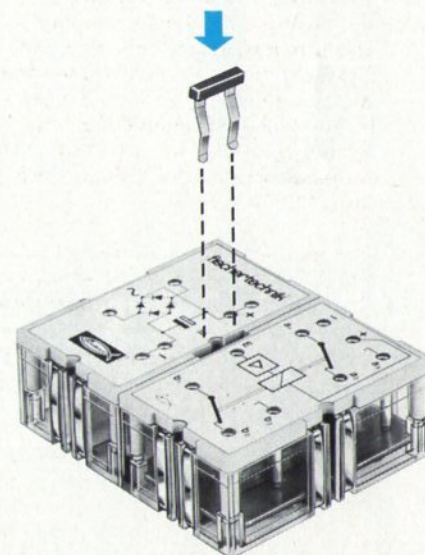
In dit relais bedient het anker steeds de middelste contactveer van de beide omschakelkontakten. Deze zijn elektrisch niet met elkaar verbonden. Het schakelschema op de bovenkant van de bouwsteen geeft aan welke aansluitingen in de ruststand (het anker trekt niet aan) verbinding met elkaar hebben.

U kunt u er van overtuigen met een simpel proefje dat in de ruststand  $a_1$  met  $a_2$  en  $b_1$  met  $b_2$  verbonden zijn.



De magneetspoel is niet direct aan te sluiten maar alleen over de ingebouwde versterker. Dit is een elektronische schakeling waarvan de functie in een later hoofdstuk wordt besproken. Het is nu voldoende om te weten dat de versterker bedrijfsklaar wordt gemaakt door de gelijkrichter bouwsteen te verbinden met de relais bouwsteen. Dit doen we met een verbindingsstekker, zoals in fig. 14.2 is aangegeven.

koppeling aan  
gelijkrichter  
bouwsteen





De besturing van het relais

De stand van het relais verandert niet door de koppeling,  $a_1$  blijft met  $a_2$  en  $b_1$  met  $b_2$  verbonden. We sluiten de bus E – de ingang van de relais bouwsteen – met een kabeltje aan op de minpool. We horen het relais met een klik omslaan. Verbreken we het contact tussen E en de minpool, dan valt het relais onmiddellijk in de oude stand hetgeen we duidelijk kunnen horen. Door van opzij in de bouwsteen te kijken is dit ook te zien.

Door E met de minpool te verbinden, bereiken we dat er een stroom door de versterker loopt. Verbreken we de verbinding, dan vloeit er natuurlijk geen stroom meer. Het relais is geschakeld met de versterker zodat het wordt bekrachtigd als er een stroom door de versterker loopt. Met proeflampjes kunt u constateren dat  $a_1$  niet meer met  $a_2$  is verbonden wanneer het relais bekrachtigd is. Nu is  $a_1$  met  $a_3$  verbonden en dat is precies de taak van een omschakelcontact. Op dezelfde wijze geldt dit voor de contacten  $b_1$ – $b_2$ – $b_3$ .

Om aan te geven hoe we het relais kunnen besturen, is in het schakelschema op de relaisbouwsteen de versterker (symbool ) in serie geschakeld met de relaispool (symbool ) en de uitgang daarvan met de pluspool verbonden. De verbinding tussen E en de minpool sluit de stroomkring, zodat het relais is bekrachtigd.

het principe van de relais bouwsteen

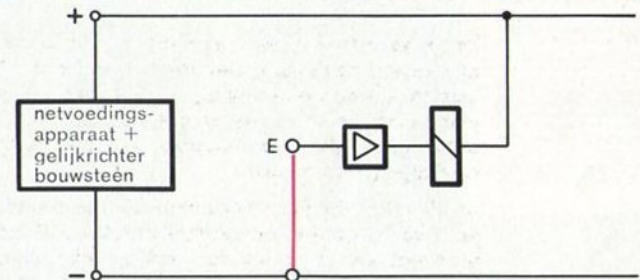


fig. 15.1

De volgende proefschakelingen herinneren aan de besturingsschakelingen die we met het relais van hobby 3 hebben gemaakt. Ze zijn hier ingevoegd om u vertrouwd te maken met de relais bouwsteen.

**Voorbeeld:** Een relais dat wordt bestuurd met een eenpolige drukknop moet een motor aan- en uitschakelen. Tegelijk moeten twee lampen de bedrijfsstand van de motor aangeven. Een groen lampje (groene lichtkap) brandt wanneer de motor loopt en een rood lampje wanneer deze stilstaat.



Dit vraagstuk is op te lossen met de relais bouwsteen en b. v. met de op pagina 17 geschetste schakeling. Naar eigen keuze is de bedrading te maken aan de hand van het schakelschema (links boven) of het bedradingsschema (rechts onder). In beide gevallen kunt u het beste deze volgorde aanhouden:

- Gelijkrichter bouwsteen verbinden met de relais bouwsteen en de verbindingsstekker er tussen schuiven
- Ingang E met de bus 3 verbinden van de drukknop en bus 1 daarvan met de  $-$ pool. Voor deze besturingsdraden kunt u, zoals op de foto hiernaast is aangegeven, rood draad nemen.
- De ingangen van de gelijkrichter (de bussen gemerkt met  $\sim$ ) aansluiten op de voedingsbron. De ene bus van de motor sluiten we direkt op de voedingsbron aan en de andere over  $a_1-a_3$ .
- Hetzelfde doen we voor de groene lamp, een bus direkt op de voedingsbron en de andere over  $b_1-b_3$ .
- Tenslotte de rode lamp, ook hiervan een bus direkt aan de voedingsbron en de andere over  $b_1-b_2$ .

In deze volgorde leest men ook het schakelschema, hoewel daarin de verbindingen met de voedingsbron eenvoudiger zijn aangegeven. Controleer alle verbindingen, vooral die met de voedingsbron, waarna de stekker in het stopkontakt gaat. De motor zal niet beginnen te lopen als de bedrading precies volgens het schema is aangelegd. In de ruststand sluit de drukknop namelijk de verbinding tussen E en de minpool uit. En dat betekent ook dat de stroomtoevoer naar de

motor over  $a_1-a_3$  verbroken is. Over  $b_1-b_2$  is de rode lamp op de voedingsbron aangesloten, zodat de lamp brandt.

E aan  $-$   
verbonden

Drukken we de knop in, dan wordt de besturingsstroomkring gesloten en gaat de motor draaien. E op  $-$  heeft dus tot gevolg dat het relais bekrachtigd is en de stroomkring van de motor over  $a_1-a_3$  gesloten wordt. De rode lamp gaat uit en de groene gaat branden. Schakelschema en bedradingsschema komen niet geheel overeen. Waar ligt het verschil? Een voordeel van de relaïsschakeling vergeleken met een direkte aansluiting van de motor via een drukknop, is het volgende:

de drukknop hoeft niet berekend te zijn op het vermogen van de motor, maar alleen op die van de zwakstroom die in de besturingskring wordt gebruikt.

Bovendien kunnen de controlelampen in een andere stroomkring worden geplaatst. Een relais is altijd nodig wanneer stroomkringen met verschillende spanningsbronnen worden gekoppeld en er beslist geen elektrische verbinding mag bestaan tussen de verschillende stroomkringen.



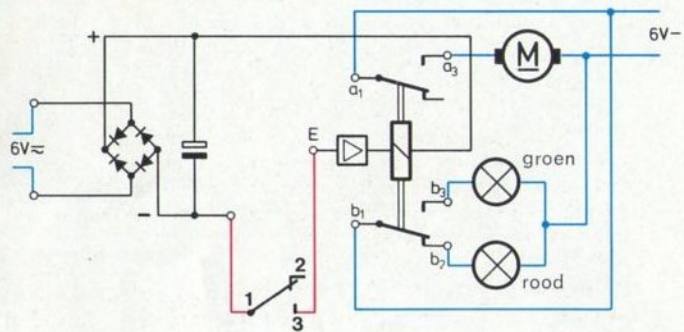


fig. 17.1

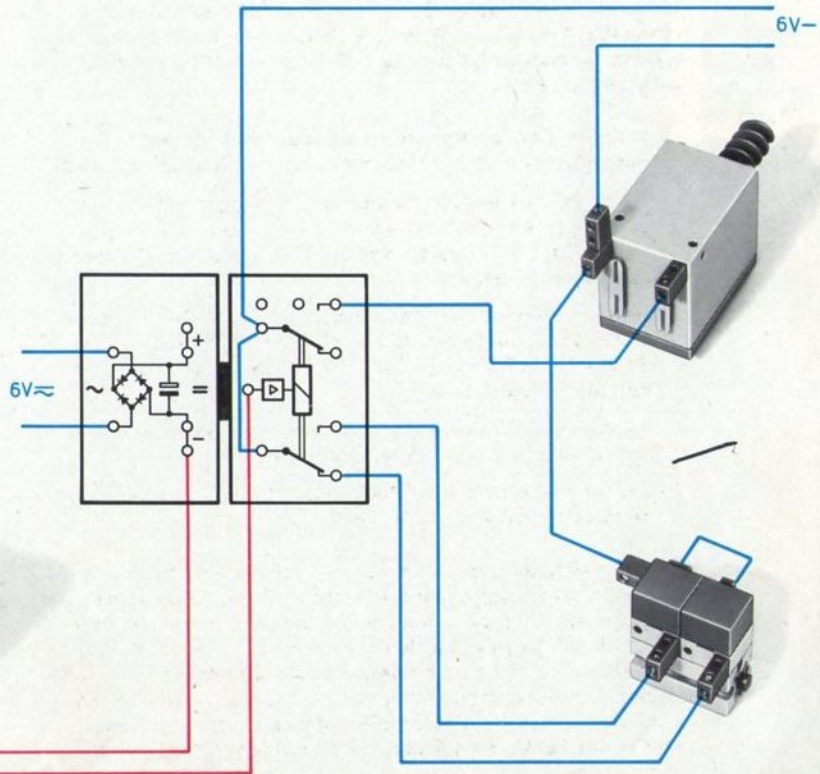


fig. 17.2

## Automatisch vasthouden van een signaal door een relais

In boek 3 deel 1 zijn wij dit al tegengekomen. We hebben het automatische stop of houdschakeling genoemd.

**aan-uit schakeling met de drukknop** Bij de voorgaande schakeling (pag. 17) draait de motor zolang we de knop ingedrukt houden. We gaan nu een schakeling maken, waarbij we met een druk op de ene knop een motor aanzetten en door op een andere knop te drukken, hem af kunnen zetten. De controlelampen vergeten we op dit moment. Het principe is al bekend, van hobby 3.

**De schakeling op pagina 19** Het relais blijft openstaan nadat we de trafo op het lichtnet hebben aangesloten. Ingang E is niet met de minpool verbonden, noch over de aan-drukknop noch over het relaiscontact  $b_1-b_3$ . De stroomkring is open. De motor draait niet, want  $a_1$  en  $a_2$  zijn niet met elkaar verbonden. We drukken op de aan-knop. E wordt met de minpool verbonden en het relais wordt bekrachtigd. De uit-knop is een rustkontakt waarover stroom loopt zolang we de knop niet indrukken. De motor begint te lopen omdat  $a_1$  met  $a_2$  wordt verbonden door het relais. Tegelijk wordt ook  $b_1-b_3$  gesloten en dit kontakt overbrugt de aan-knop. Laten we die los, dan blijft E met de minpool verbonden over  $b_1-b_3$ , zodat het relais niet terugvalt.

Drukken we op de uit-knop, dan verbreken we de stroomkring tussen E en de minpool, waardoor het relais geen stroom meer krijgt en terugvalt.

De werking van deze schakeling wordt in de techniek als volgt beschreven.

De motor begint te draaien op het ingangssignaal „start“, tegelijk wordt het signaal vastgehouden. Het ingangssignaal „stop“ heft dit vasthouden op. Onderzoek welke van de beide ingangssignalen voorrang heeft. Hoe zal de schakeling reageren als we de beide knoppen tegelijk indrukken? (Vorrang heeft het signaal dat daarbij in feite werkzaam is).

Ter verklaring volgen we het schakelschema. De besturingsstroom moet in elk geval over de uitknop. Dit is een rustkontakt, zodra we er op drukken, kan de stroom niet verder ook al wordt de aan-knop bediend. De uit-knop heeft dus voorrang, hij is dominerend.

**Uit-signaal dominerend** We noemen deze schakeling daarom: automatische houdschakeling met dominerend uit-signaal, omdat het relais het signaal als het ware vasthoudt. De schakeling wordt veel gebruikt voor de beveiliging van mensen en machines waarbij stroomkringen beslist uitgeschakeld moeten blijven zolang de uitknop ingedrukt wordt gehouden.

Probeer een schakeling te bedenken waarmee de motor vanaf verschillende plaatsen aan- en uit te zetten is. Op de ene plaats aan en op de andere uit bijvoorbeeld.



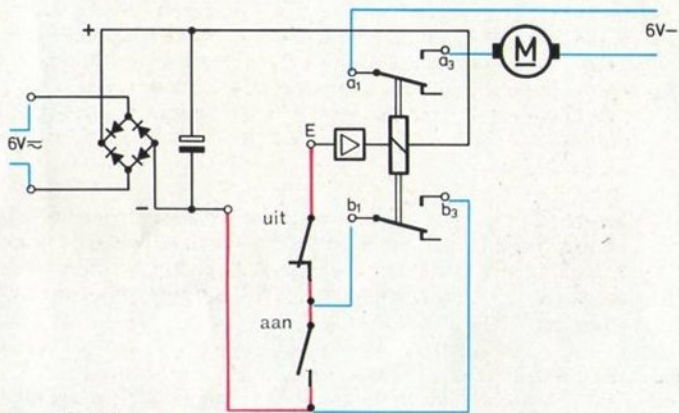


fig. 19.2

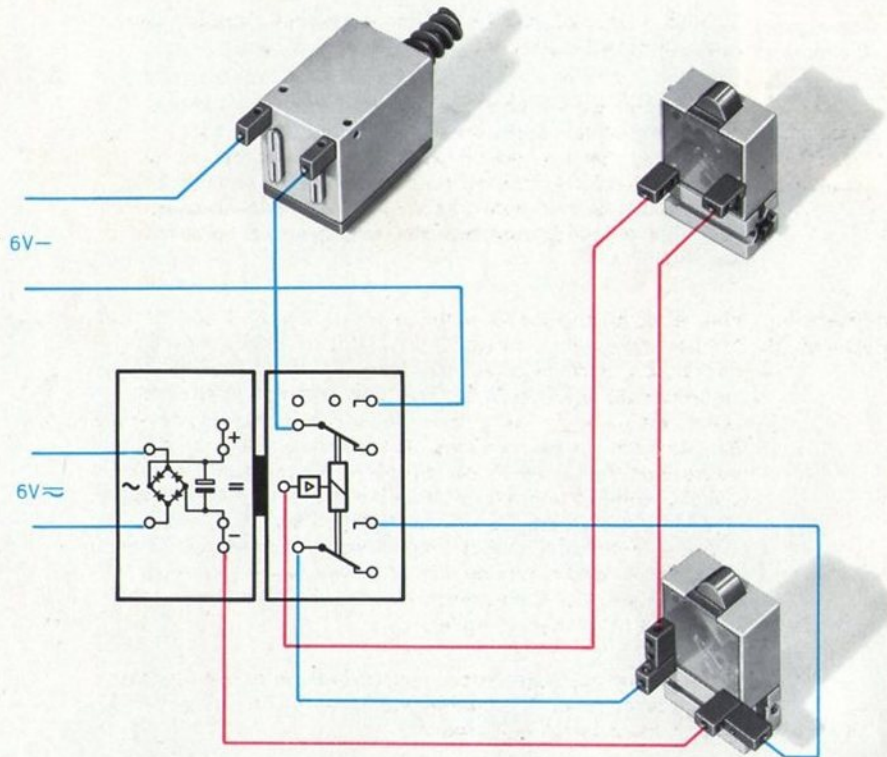


fig. 19.1

**Aan-signaal dominerend** Bij de volgende automatische houdschakeling is het aan-signaal bevoorrecht. Hij wordt gebruikt b. v. voor de normale verlichting. In de nevenstaande schakeling staat dan ook over het kontakt  $a_1-a_3$  geen motor, maar een gloeilamp geschakeld.

Bedienen we de aan-knop dan zal steeds – onafhankelijk van de stand van de uit-knop – de stuurstroomkring moeten worden gesloten. Daarvoor zal de aan-drukknop direkt tussen E en de minpool moeten liggen. De uit-knop moeten we in serie schakelen met het vasthoud-kontakt  $b_1-b_3$ .

Als we nu beide knoppen tegelijk bedienen, dan blijft het relais bekrachtigd of het begint daarmee. De lamp gaat branden.

Ook in deze schakeling zijn er meer aan- en uitknoppen op te nemen. Vraag: moeten de volgende aan-drukknoppen parallel of in serie worden geschakeld met de eerste? En hoe zit dat als we in plaats van één uit-drukknop er drie willen hebben?

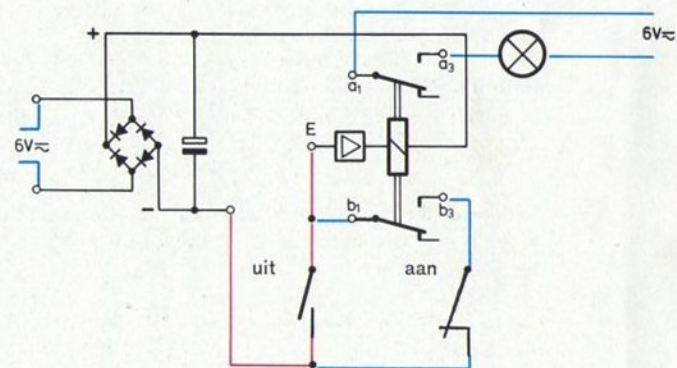


fig. 20.1



## Tweepolige omschakeling

Het ft-relais is ook met behulp van een éénpolige schakelaar te gebruiken voor tweepolige omschakeling. In het schakelschema 21.1 is een magneet naar keuze van wisselstroom of afgevlakte gelijkstroom te voorzien.

**De bedoeling** Wordt een stroomverbruiker, b. v. onze magneet of de motor door twee verschillende spanningen met dezelfde energiebron (in dit geval de ft-voedingsbron) gevoed, dan mogen de twee spanningsbronnen resp. de ingangsbussen van de gelijkrichter bouwsteen en de uitgangsbussen daarvan nergens elektrisch met elkaar worden verbonden. Er mag geen enkele draadverbinding tussen beide zijn en dat betekent tweepolig omschakelen.

De schakelaar  $S_2$ , waarmee bepaald wordt welke spanningsbron energie moet leveren, ligt in de besturingsstroomkring van het relais.

De hoofdschakelaar  $S_1$ , kan in de leiding naar de magneet worden geplaatst of in die naar de ingang van de gelijkrichter bouwsteen. In het schakelschema zijn voor een duidelijker overzicht de relaiscontacten in een andere stand dan tot dusver getekend.

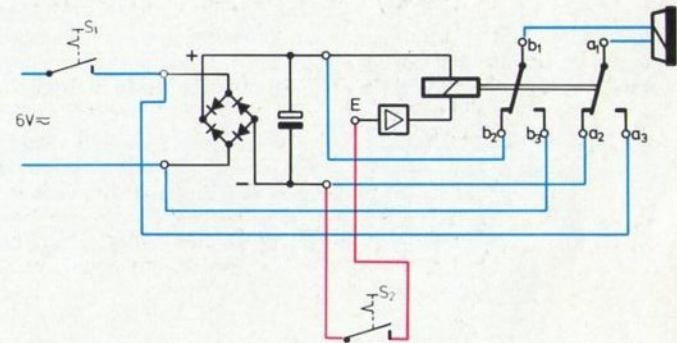


fig. 21.1

## Besturing met licht



Bij alle besproken schakelingen met de gelijkrichter en de relais bouwsteen werd voor de besturing steeds een drukknop of een schakelaar gebruikt. Dit zijn mechanisch bediende schakelementen. In dit hoofdstuk maken we kennis met de fotoweerstand, die als besturingselement toe te passen is. We kunnen dan een model met lichtsignalen besturen.

Het principe is het gemakkelijkste te begrijpen aan de hand van fig. 23.1. Tussen E en de min-pool van de relais bouwsteen is nu een fotoweerstand geschakeld. Houden we deze tegen het licht van het raam of een lamp, dan wordt het relais bekrachtigd. U kunt zich er van overtuigen door een controlelampje over  $a_1$ – $a_3$  te schakelen. Dekken we de foto-elektrische cel af, dan valt het relais terug.

Onthoud dus: bij sterke belichting werkt de fotoweerstand als een gesloten schakelaar en bij het ontbreken van belichting (of een zwakke) als een open schakelaar. Maar dit verschil is alleen te gebruiken via de versterker van de relais bouwsteen. Het symbool van de fotoweerstand is:



De bouw van een fotoweerstand

De lichtgevoelige laag van de fotoweerstand bestaat uit cadmiumsulfide, een halfgeleiderstof. Fig. 22.1 toont de constructie.

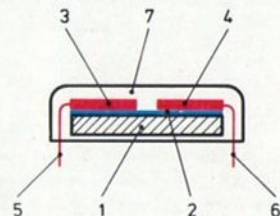


fig. 22.1

Op de niet-geleidende drager (1) is een dunne laag cadmiumsulfide (2) aangebracht. Hierop liggen twee van elkaar gescheiden metalen geleiders (3 en 4) met elk een eigen aansluiting (5 en 6) voor een draad. Over het geheel is een niet-geleidend, doorzichtig bescherm laagje getrokken (7).

De halfgeleider cadmiumsulfide is in een zigzag aangebracht om een zo gunstig mogelijke vlakverdeling tussen de beide geleiders te verkrijgen. Foto 22.2 laat dit zien.

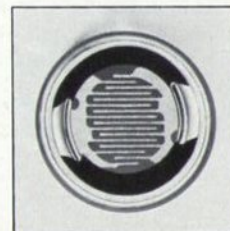


fig. 22.2



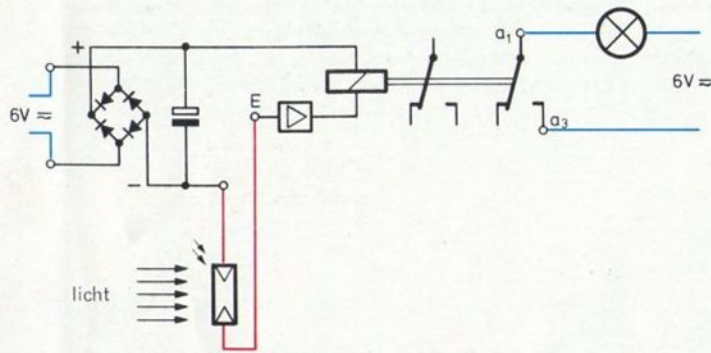
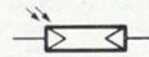


fig. 23.1



fotoweerstand

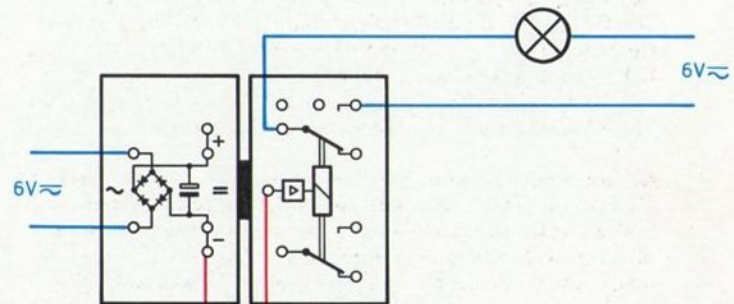


fig. 23.2

**Weerstand** De grootte van de elektrische weerstand van de lichtgevoelige laag is niet konstant. Deze hangt af van de hoeveelheid licht die er op valt. Bij een felle belichting is de weerstand ongeveer 100 ohm en bij duisternis een 10 000 maal zo groot oftewel 1 Meg ohm.

**De werking** Waarom reageert een fotoweerstand op licht? Stroom betekent dat een elektrische lading zich verplaatst. Is die lading klein, dan is er een zwakke stroom. In afgeschermd toestand zijn er in het cadmiumsulfide maar weinig vrije ladingdragers aanwezig. Sluit men nu een spanning of de weerstand aan, dan kan zich maar weinig lading verplaatsen. De situatie is te vergelijken met een grote rij mensen die staat te dringen voor een draaideur. Laten we nu veel licht op de gevoelige laag vallen, dan maakt de energie van het licht ruim baan voor de elektronen die staan te dringen om het spanningsverschil te vereffenen. De draaideur wordt een open deur. Anders gezegd, de weerstand wordt kleiner.

**Bewijs voor de lichtgevoeligheid** We schakelen de ft-netvoedingsapparaat in serie met een kogellamp. Als spanningsbron gebruiken we de + en - bus van de gelijkrichter bouwsteen. Dit wordt gedaan omdat deze een hogere spanning levert (en daarmee de grootste stroomsterkte) dan de ft-netvoedingsapparaat.

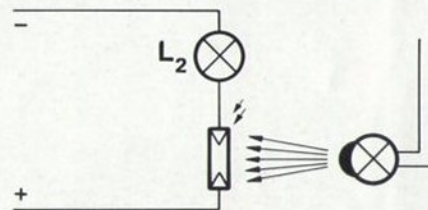


fig. 24.2

**De lamp als meet-instrument** We gebruiken de in serie geschakelde lamp  $L_2$  (fig. 24.2) voor het meten van de stroom in de kring. Hoe sterker de stroom is, hoe feller de lamp gaat branden. Ze mag geen licht werpen op de onderzoeken fotoweerstand.

De lichtgevoelige laag van de fotoweerstand belichten we met een bureaulamp of als we die niet hebben, nemen we een lenslampje. Afhankelijk van de afstand tussen lamp en fotoweerstand brandt de stroommeter (de kogellamp) feller, zachter of in het geheel niet. Wordt de afstand te groot en daarmee de hoeveelheid licht op de lichtgevoelige laag klein, dan stijgt de weerstand en wordt de stroomsterkte zo gering dat de lamp niet eens begint te gloeien. Toch vloeit ook in dat geval een zekere stroom.

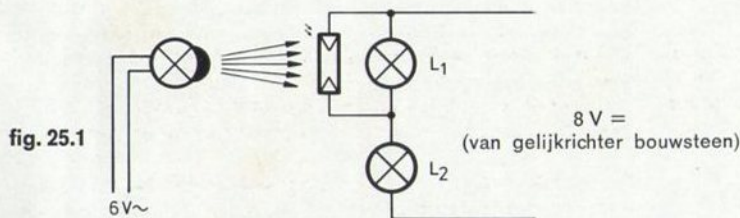


Een exakt bewijs Met een milli-ampèremeter in plaats van de gloeilamp is de proef veel nauwkeuriger te herhalen. De stroomsterkte door de fotoweerstand wordt gemeten in afhankelijkheid tot de afstand tussen lamp en fotoweerstand.

$$\left( \text{weerstand } (\Omega) = \frac{\text{spanning (V)}}{\text{stroomsterkte (A)}} \right)$$

In een diagram is deze weerstand uit te zetten tegen de afstand.

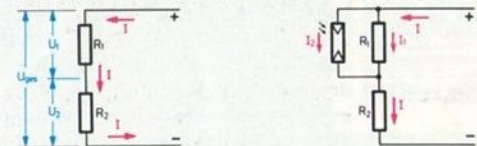
Voor het aantonen van de verandering in de grootte van de weerstand nemen we ook de volgende proef: fig. 25.1.



Schakelen we de lampen L<sub>1</sub> en L<sub>2</sub> in serie op de gelijkstroom van de gelijkrichter, dan zullen zij ongeveer even fel branden. We zetten de fotoweerstand parallel met lamp L<sub>1</sub> en belichten de eerste met een lenslamp. Hoe dichterbij de lenslamp we de fotoweerstand brengen, hoe zwakker L<sub>1</sub> gaat branden. De lamp L<sub>2</sub> daarentegen gaat sterker branden. Waarom?

We schakelen twee weerstanden R<sub>1</sub> en R<sub>2</sub> in serie op één spanningsbron. Door beide weerstanden loopt dan dezelfde stroom.

fig. 25.2



De spanning U<sub>t</sub> (t = totaal) verdeelt zich overeenkomstig de grootte van de weerstanden R<sub>1</sub> en R<sub>2</sub> in de deelspanningen U<sub>1</sub> en U<sub>2</sub>. Deze zijn even groot als de beide weerstanden dezelfde waarde hebben. Gebruiken we als weerstanden twee gelijke gloeilampen, dan zullen ze ook even helder branden omdat op beide dezelfde spanning staat.

Schakelen we parallel met L<sub>1</sub> de fotoweerstand en belichten we die dan zal door L<sub>2</sub> meer stroom vloeien. Namelijk de deelsstromen die resp. door R<sub>1</sub> en de fotoweerstand vloeien. Anders gezegd, omdat R<sub>1</sub> en de fotoweerstand parallel aan elkaar geschakeld zijn, is hun totale weerstand kleiner dan die van R<sub>1</sub> in de tekening links. Dat betekent dat de deelspanning U<sub>2</sub> groter wordt, waardoor de onderste lamp (L<sub>2</sub>) helderder gaat branden. Maar als U<sub>2</sub> groter wordt moet U<sub>1</sub> kleiner zijn omdat U<sub>t</sub> (de totale spanning) gelijk is gebleven. Daaruit volgt, dat op L<sub>1</sub> een lagere spanning staat en dus zwakker gaat branden.

Veranderen we de hoeveelheid licht op de fotoweerstand dan zal ook de stroomsterkte in de parallelschakeling zich wijzigen en daarmee de helderheid van de lampen. Als de fotoweerstand in het geheel geen licht ontvangt, dan wordt zijn weerstand zo groot dat er praktisch geen stroom doorheen vloeit. In dit geval zullen de lampen even fel branden. We gaan deze schakeling nu in enige modellen toepassen.

## Daglichtschakelaar

**Doel** In de schakeling op pagina 23 geeft de fotoweerstand bij belichting een signaal af waarmee het relais wordt ingeschakeld. Wordt de verlichting zwakker, dan valt het relais terug. We kunnen met deze schakeling b. v. het model van de straatverlichting zo besturen dat de lantaarns bij het donker worden gaan branden en wanneer de zon opkomt weer uitgaan. De fotoweerstand moet zo geplaatst zijn, dat hij alleen hemellicht opvangt. In ons model zetten we hem daarom boven de gloeilampen.

De bouw van het model geschiedt naar de foto op pagina 27. Voordat we de daglichtschakelaar inbouwen, proberen we hem eerst uit. Om na te gaan of het relais aantrekt, is het voorlopig voldoende de proef met één lamp te nemen. We kunnen daarbij de kamer verduisteren of de fotoweerstand afdekken. Op hetzelfde moment dat het voldoende donker is, valt het relais terug en worden de lampen ingeschakeld.

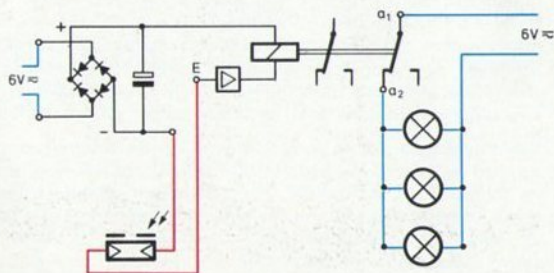


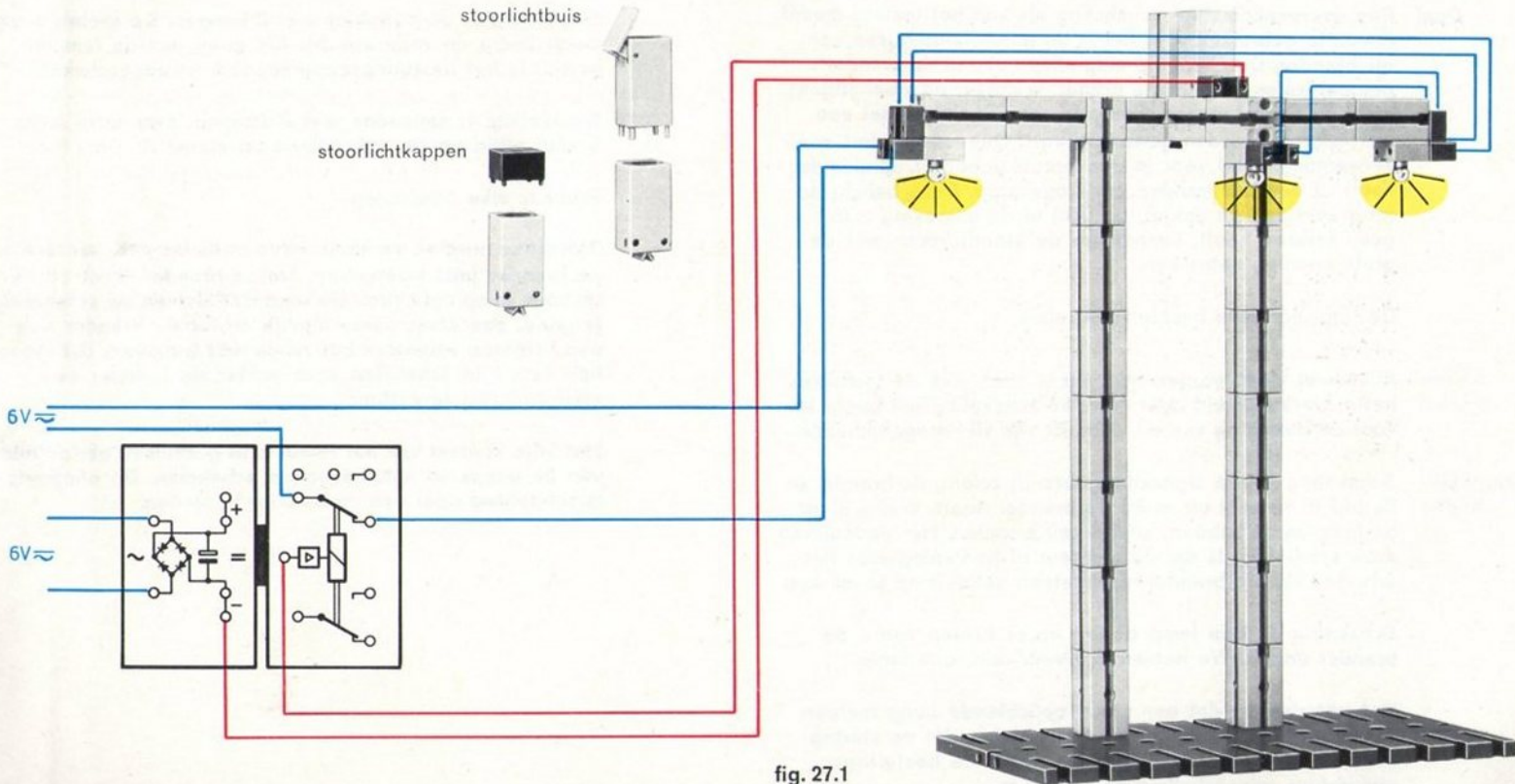
fig. 26.1

De duisternisgraad waarbij het relais moet schakelen, is te bepalen door het opzetten van zwarte stoorlichtkappen met een opening van 4 of 1 mm of door een stoorlichtbuis. Hoe kleiner de opening is van de stoorlichtkap, des te eerder schakelt het relais de verlichting 's avonds aan en 's morgens later uit. Bij welke belichting het relais moet schakelen kunnen we dus door de grootte van de opening bepalen.

**Stoorlichtbuis** Deze heeft een verstelbaar deksel waarmee we de opening gestadig kunnen veranderen. Daarmee is binnen bepaalde grenzen vast te leggen bij welke lichtsterkte het relais moet aantrekken. Met een grote opening zal het relais reeds bij weinig licht schakelen en met een kleine opening pas bij veel licht.

Een dergelijke automatische lichtschakelaar is b. v. ook in een fabriek te gebruiken. Valt de normale stroomlevering uit, dan wordt automatisch overgeschakeld op accu's of een noodaggregaat.





# Vlamwaker

**Doel** Een overeenkomstige schakeling als van het laatste model, is ook te gebruiken voor het in de gaten houden van een oliebrander. De oliepomp mag alleen olie in de brander pompen zolang de laatste brandt. Wanneer de vlam uitgaat, moet de verwarmingsmonteur of een conciërge met een alarmsignaal worden gewaarschuwd. Ons model stelt een verwarmingsketel voor in een productiebedrijf. Onder de ketel zit een oliebrander, een kogellamp. Deze belicht de fotowerstand en omdat het licht in de omgeving toch geen invloed heeft, kunnen we de stoorlichtkap met de grote opening gebruiken.

De fotowerstand bestuurt het relais.

**Alarm-signaal** Allereerst moet worden bepaald – zoals ook de technicus het in werkelijkheid doet – welke schakeling het beste is voor de bewaking van de vlam. Er zijn vier mogelijkheden.

**4 Mogelijkheden** Schakeling 1: een signaallamp brandt zolang de brander in bedrijf is en gaat uit zodra de brander dooft. Welke kleur de lamp moet hebben, kunt u zelf bepalen. Het nadeel van deze schakeling is dat de monteur of bedieningsman het uitvallen van de brander niet meteen behoeft op te merken.

Schakeling 2: Een lamp begint op te lichten zodra de brander uitvalt. We nemen daarvoor een rode lamp.

Het voordeel is dat een rode, oplichtende lamp meteen opvalt en gevaar betekent. Een nadeel is dat de storing absoluut niet wordt opgemerkt wanneer de besturingsapparatuur uitgeschakeld of defekt is.

Schakeling 3: de bewaking met 2 lampen. De groene lamp dooft zodra de rode oplicht. Als geen van de lampen brandt is het besturingsapparaat stuk of uitgeschakeld.

Schakeling 4: eveneens met 2 lampen. Een witte lamp brandt altijd en de rode alleen bij alarm.

Probeer elke schakeling.

Ten slotte moeten we controleren of de lampen de stand van de brander juist weergeven. Als de brander dooft, moet de rode lamp oplichten. Gebeurt dat niet en de schakeling is goed, dan staat waarschijnlijk achter de brander nog een lichtbron waardoor het relais niet terugvalt. Dit stoorlicht is uit te schakelen door achter de brander een afschermplaat te zetten.

Het vrije contact van het relais is te gebruiken om de motor van de oliepomp automatisch te schakelen. De oliepomp is simpelweg door een motor voor te stellen.



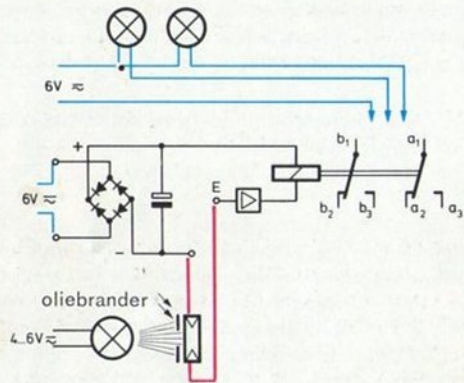


fig. 29.1

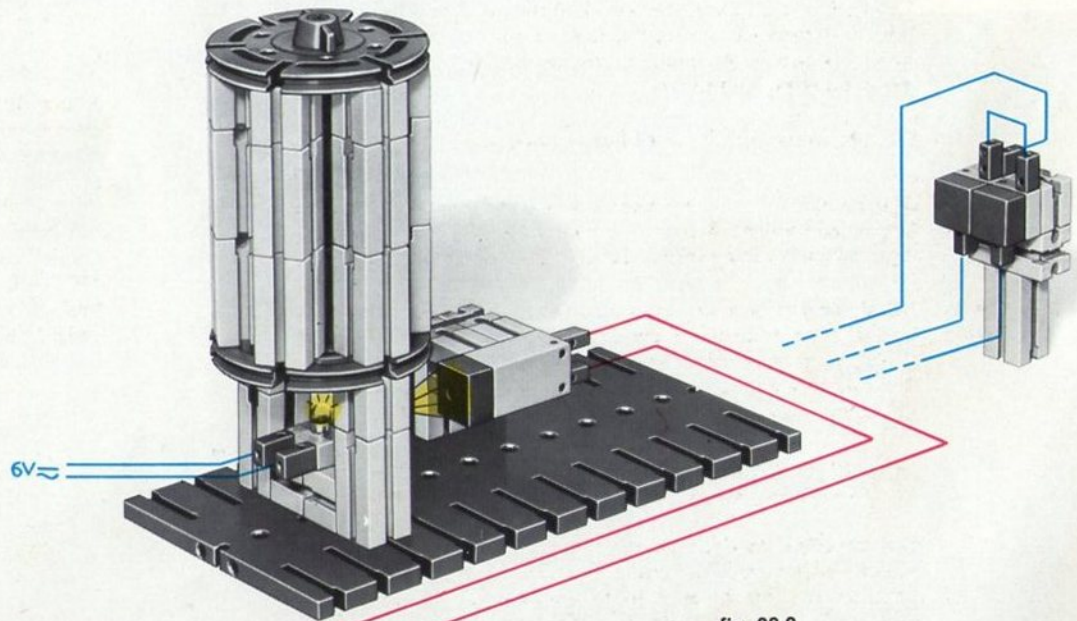
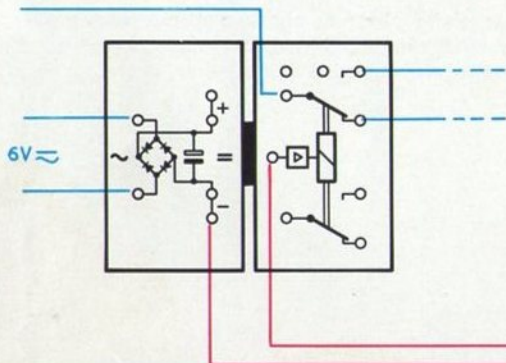


fig. 29.2

## Alarmapparaat met lichtstraalonderbreker

Een fotoweerstand in combinatie met besturingsapparatuur, b. v. de relais bouwsteen, kan elektrische stroomkringen openen en sluiten. In het model van de daglichtschakelaar en de vlamwaker wordt de fotoweerstand belicht door resp. het daglicht en de vlam van de oliebrander. In het eerste geval stijgt en daalt de hoeveelheid licht. Bij de oliebrander is de lichthoeveelheid konstant, zolang de brander werkt.

### De lichtstraalonderbreker

In het volgende voorbeeld wordt de fotoweerstand belicht door een lamp die konstant brandt met een gelijkblijvende helderheid. Lamp en fotoweerstand vormen tezamen de lichtstraalonderbreker. Van het licht wordt allen de stralenbundel gebruikt die op de lichtgevoelige laag valt. Zo nodig is voor de lamp een afdekplaatje met een opening te zetten. De technische naam daarvoor is diafragma. Deze laat alleen licht door in de richting van de fotoweerstand. Een stoorlichtkap is niet geschikt omdat die te warm zou worden.

Als de lichtstraal wordt onderbroken, dan schakelt de relais bouwsteen één of ander apparaat aan of uit. Hoe dit werkt, is gemakkelijk te proberen door met de hand de lichtbundel te onderbreken.

Dit systeem wordt wel gebruikt in alarmapparatuur.

### Diefstalmelder

Een simpele onderbreker in het afgebeelde model sluit de toegang tot een kastje af. Daarbij zijn twee manieren toegepast om diefstal te voorkomen. Een rood lampje gaat branden zodra de lichtbundel wordt onderbroken. Een

nadeel is dat het lampje uitgaat wanneer de bundel weer wordt vrijgegeven of als een andere lichtbron voor voldoende licht zorgt (een zaklantaarn van de inbreker b. v.).

In plaats van de lamp is natuurlijk ook een bel te gebruiken. Een dergelijke onderbreker is alleen een alarmmelder maar beschermt nog niet tegen inbraak zelf.

### Bescherming

Bescherming krijgen we met een vulluik of deksel dat met een elektromagneet in de open stand wordt gehouden. Zodra de lichtbundel wordt onderbroken, valt het deksel naar beneden. Valt er weer voldoende licht op de fotoweerstand, dan is de elektromagneet niet sterk genoeg om het deksel omhoog te trekken. De volgorde van de gebeurtenissen is dus niet om te keren. Men zegt ook wel: het proces is irreversibel. Zuiver mechanisch wordt op deze manier het alarmsignaal vastgehouden.

Probeer de schakeling zelf te ontwerpen. Op pagina 31 vindt u een aantal mogelijkheden. Uw eigen ontwerp heeft daarmee niet overeen te stemmen.



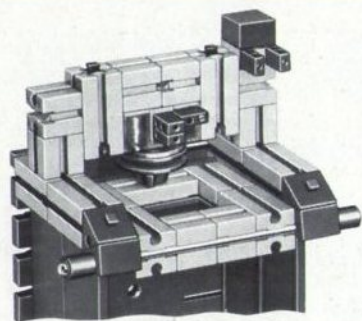


fig. 31.3 zonder bekleding

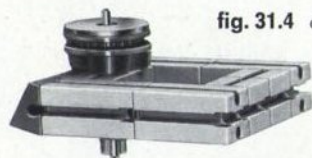
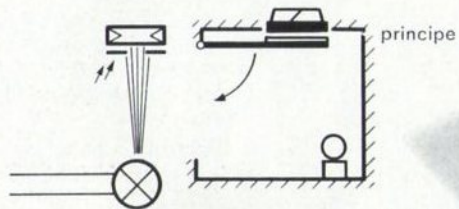


fig. 31.4 deksel



principe

fig. 31.6

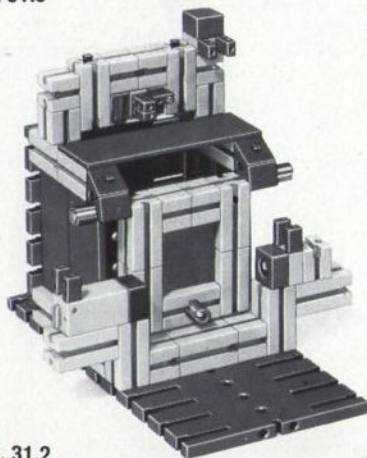


fig. 31.2

deksel  
gevallen

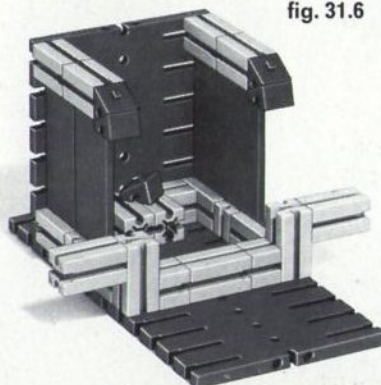


fig. 31.5 bouwfase 1

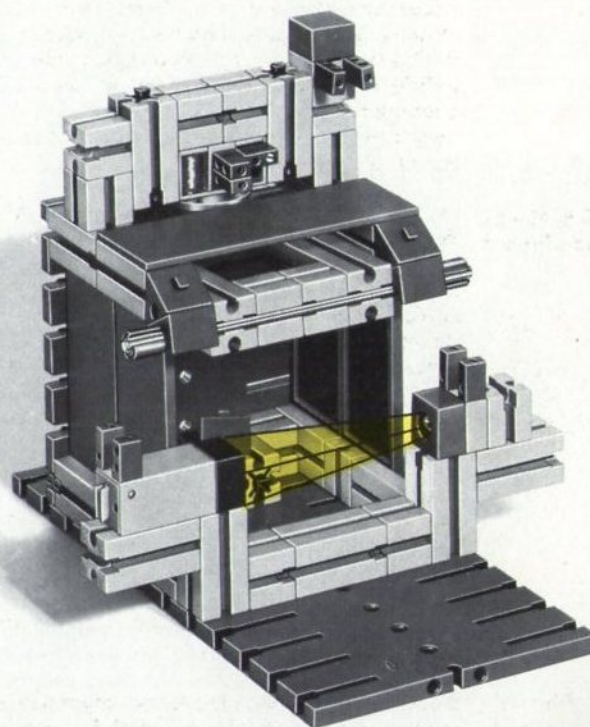


fig. 31.1

## Lichtstraalonderbreker

### Lengte van de lichtbundel

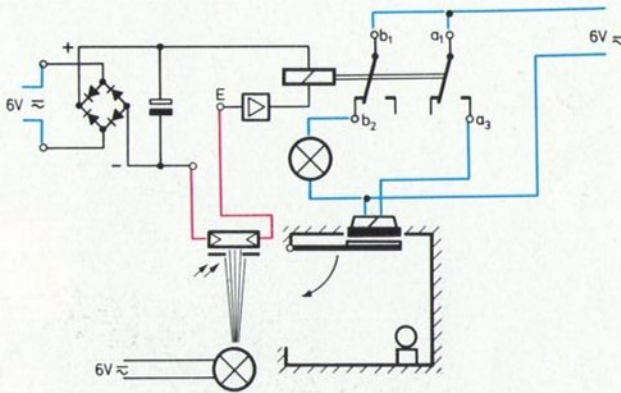


fig. 32.1

U kunt zelf ook nog een aantal voorbeelden vinden van alarmmelders. Om snel de wezenlijke problemen van deze techniek te kunnen begrijpen en om te voorkomen dat men langdurig gaat experimenteren, volgen nu een aantal eenvoudige experimenten. Pas daarna wordt een aantal modellen besproken. Als een lichtbundel wordt onderbroken, dan worden (door de fotoweerstand) over het relais een of meer stroomkringen gesloten of geopend. Deze laatste worden „bestuurde“ stroomkringen genoemd. De fotoweerstand zelf ligt in de besturingsstroomkring.

**Maximale lengte of afstand** Met de volgende proeven gaan we de maximale afstand tussen lichtbron (de lamp) en de fotoweerstand bepalen, waarbij deze nog zonder storingen werkt. De eis is daarbij dat het relais bij onderbreking van de lichtbundel terugvalt en na vrijgave van de bundel onmiddellijk weer opkomt.

Met de proefopstelling van fig. 33.2 is de afstand naar behoefte te veranderen. Als eenheidsmaat voor de afstand gebruiken we bouwstenen met 30 mm lengte. Voor de proeven maken we de kamer donker.

Allereerst gaan we de maximale afstand bepalen voor een kogellamp met een stoorlichtkap van 4 mm opening.



fig. 33.1

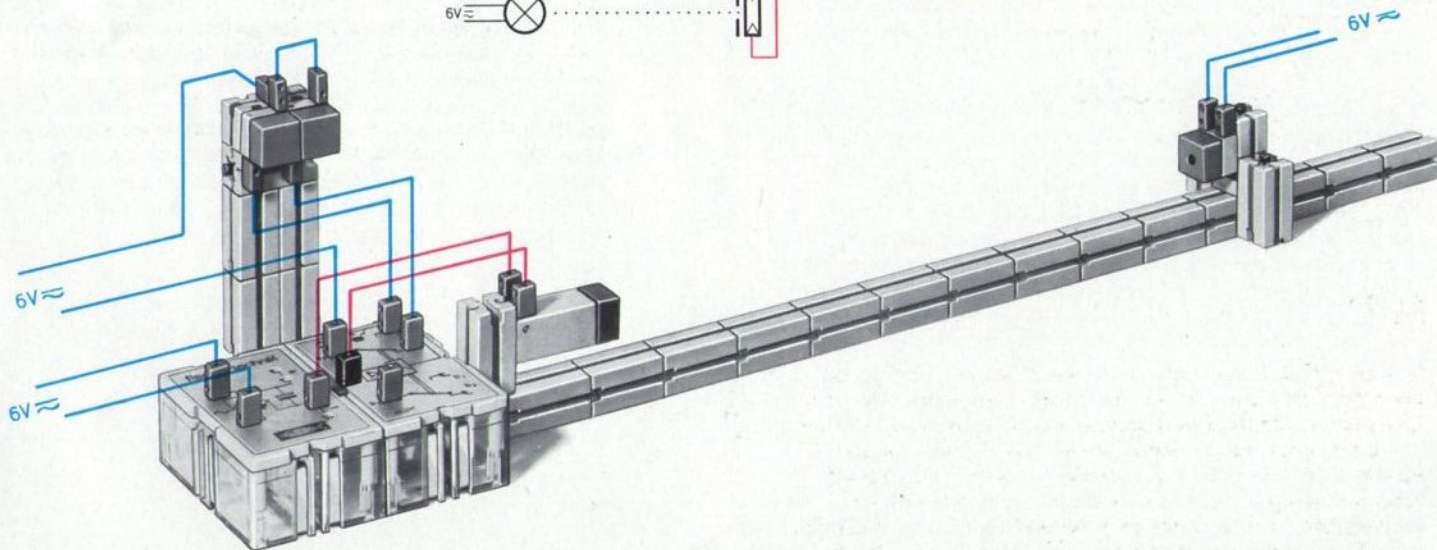
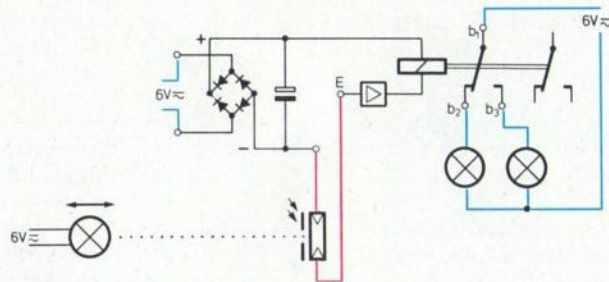


fig. 33.2

### Opheffen van stoorlicht

Daarna schuiven we de lamp recht naar voren (de technicus noemt dit langs de optische as van de fotoweerstand) naar de weerstand toe. We beginnen met een afstand van ongeveer 1 meter en, afhankelijk van de helderheid van de lamp, zien we dat op een afstand tussen 20 en 40 cm het relais opkomt en de controlelamp oplicht. Onderbreken we de lichtbundel, dan valt het relais af.

Hetzelfde gebeurt als we de lamp terugschuiven. We merken daarbij op, dat de afstand waarop het relais afvalt, iets groter is dan die waarbij het relais opkwam.

Dezelfde proeven doen we met een stoorlichtkap, opening 1 mm. Noteer de gevonden afstanden voor de modellen die u later wilt gaan bouwen. Tenslotte herhalen we de proef voor de stoorlichtbuis met volledige opening.

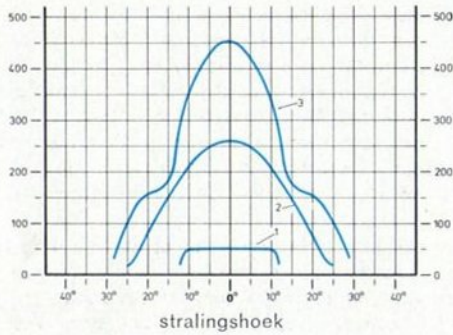
Om de lampen schoon te houden, laten we ze niet op volle spanning branden. Dit geeft namelijk een verkleuring van het glas. Bij de ft-netvoedingsapparaat kunnen we met een draaiknop de spanning afstellen. Ook deze moet dus genoteerd worden, naast de afstanden die we gevonden hebben.

De proefopstelling van pagina 35 heeft een rail of staaf die met een scharniersteen gedraaid kan worden. De lichtgevoelige laag van de fotoweerstand (en niet de opening van de stoorlichtkap) moet zo zuiver mogelijk boven het draaipunt komen. Eerst draaien we de rail zo, dat de assen van fotoweerstand en de lampfitting met elkaar samenvallen. De bij de vorige proef gevonden grenswaarden moeten ook nu weer (ongeveer) worden gevonden.

Door de rail te draaien ontstaat er een hoek tussen de as van de fotoweerstand en die van de lampfitting. Bepaal nu voor verschillende „stralings“hoeken de grenswaarde waarbij het relais opkomt. Ook hierbij gebruiken we weer verschillende stoorlichtkappen. We ontdekken dan dat de grensafstand (de afstand waarop het relais nog opkomt) kleiner wordt naarmate de stralingshoek groter is. Bovendien zal dit effect toenemen naarmate de opening van de stoorlichtkap kleiner wordt gekozen.



afstand van  
de lichtbundel  
in mm



- 1 = stoorlichtkap met opening 1 mm
- 2 = stoorlichtkap met opening 4,5 mm
- 3 = stoorlichtbuis

fig. 35.1 voorbeeld

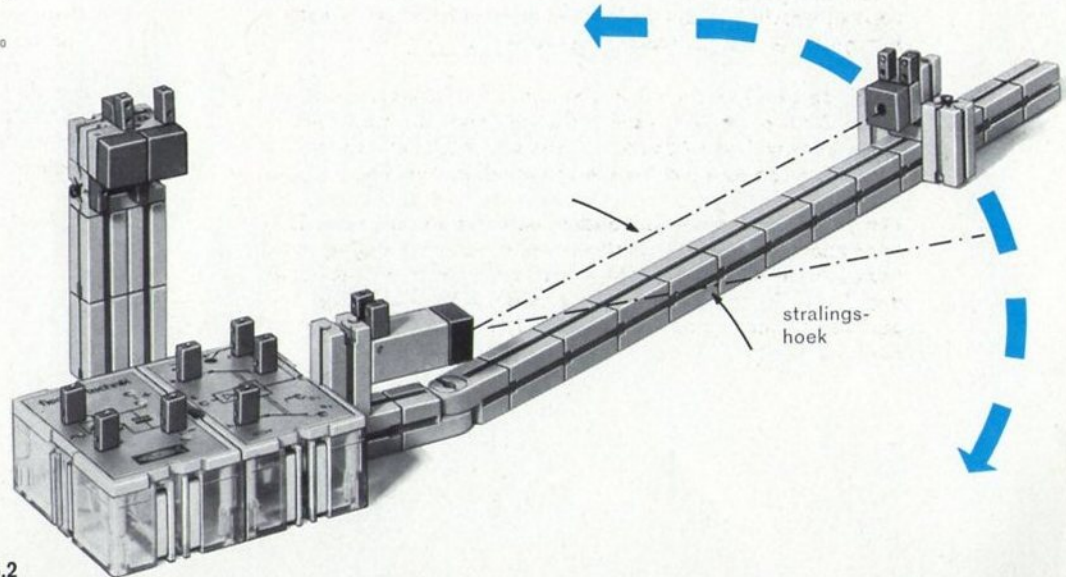


fig. 35.2

De beste bescherming tegen stoorlicht geeft de stoorlichtbuis. Moet elk stoorlicht uitgebannen worden, dan is aan de binnenkant van de buis nog zwart, dof papier aan te brengen.

**Diagram** De invloed van stoorlicht is met nevenstaand diagram te bepalen. Hierin worden de gevonden grenswaarden uitgezet tegen de stralingshoeken. We krijgen dan in het diagram verschillende punten die met elk elkaar verbonden worden tot een lijn, die curve genoemd wordt. Met deze lijn zijn voor elke hoek de grenswaarden in het diagram af te lezen. Voor elke stoorlichtkap is op deze wijze een aparte curve te verkrijgen.

**Bespreking van de resultaten** Wat hebben de gevonden waarden ons te vertellen? We gaan er van uit dat de assen van lamp en fotoweerstand in elkaars verlengde liggen (langs de optische as). Het relais valt af als de lichtbundel wordt onderbroken. Een bron van dezelfde helderheid die stoorlicht geeft onder een hoek van  $30^\circ$ , stoort alleen dan niet wanneer zijn afstand groter is dan de in het diagram gevonden grenswaarde bij  $30^\circ$  voor het afvallen van het relais. Vooropgesteld dat er verder geen stoorlicht-bronnen zijn.

afstand in mm.  
waarbij het relais  
afvalt

afstand in mm.  
waarbij het relais  
opkomt

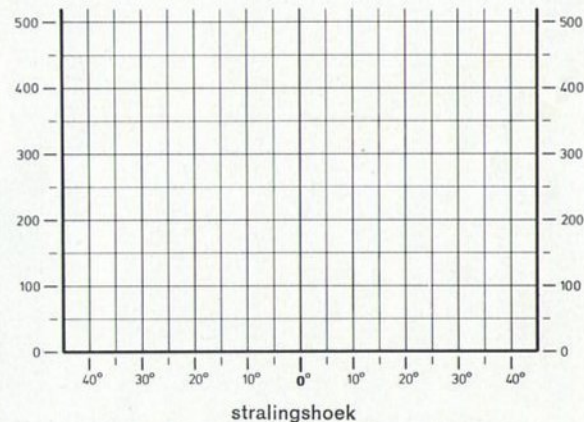


fig. 36.1



Tot nu toe hebben we maar een klein deel gebruikt van de totale hoeveelheid licht die het kogellampje uitstraalt. Het licht gaat alle kanten uit, terwijl we er maar een klein kegeltje van gebruiken. We gaan nu onderzoeken of met een lens de maximale afstand groter is te maken.

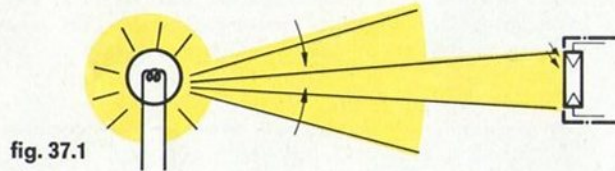


fig. 37.1

**Scherf** We maken van een stuk zachtglanzend, grijs karton een scherm. Het is ongeveer 66 bij 60 mm groot. De concentrische cirkels mag u vergeten. Het scherm wordt geklemd in de bouwstenen en vóór de fotoweerstand gezet. We verschuiven de lens en zien dat de lichtcirkel op het scherm verandert. Het blijkt dat grootte en helderheid zich wijzigen. De grootste helderheid (en scherpte) krijgen we door de lens ongeveer op een afstand van 7 cm tot de lichtbron te plaatsen.

**Optische bank** We bouwen daarvoor het model van fig. 37.2. Tussen de kogellamp en de fotoweerstand staat een lens. Neem daarvoor de lens met nummer 2. Het is de dunste van de twee uit de doos. Onze proefopstelling is een model van de optische bank. De drie verschillende onderdelen staan precies in de optische as van het systeem. Lens en fotoweerstand zijn langs de optische as te verschuiven. De cel wordt op „E“ en „-“ aangesloten van de relais bouwsteen. Over  $a_1$ - $a_3$  schakelen we een signaallamp op de ft-netvoedingsapparaat.

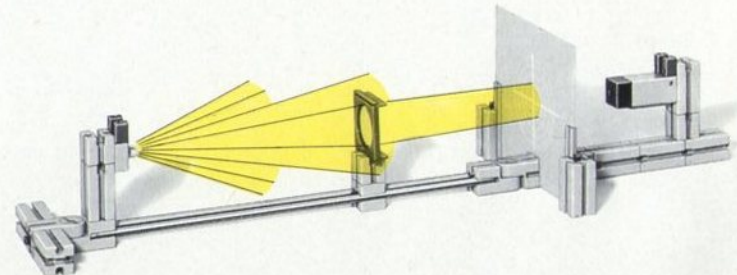


fig. 37.2

Nu gaan we het scherm verschuiven, terwijl de afstand tussen lens en lamp hetzelfde blijft. De lichtcirkel verandert niet meer zo sterk. Als we een lichtbron hadden gebruikt die precies puntvormig was, dan zou de lichtcirkel helemaal niet in doorsnede zijn veranderd. In werkelijkheid bestaat een exact puntvormige lichtbron natuurlijk niet. Stel nu opnieuw de maximale afstand vast voor de fotoweerstand. Het is voldoende dit te doen met stoorlichtkappen, opening 4 mm.

**Brandpunt** Tekening 38.1 laat zien wat de functie is van de lens. Er zijn daartoe drie aparte lichtstralen getekend. Tussen de lens en het scherm lopen de lichtstralen evenwijdig, dit is het geval wanneer de afstand tussen lichtbron en lens precies gelijk is aan de brandpuntsafstand (de optiek wordt verder behandeld in boek 4 – deel 2).

Lens nr. 2

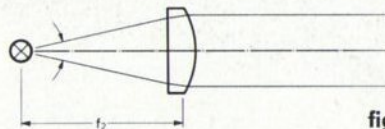


fig. 38.1

Gewapend met deze kennis kunt u wellicht zelf de brandpuntsafstand van lens no 1 bepalen.

Lens nr. 1

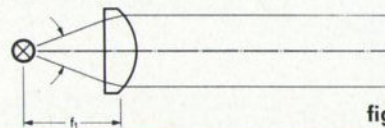


fig. 38.2

We constateren dat de brandpuntsafstand van lens 1 korter is dan die van lens 2. Anders gezegd, om met lens 1 een evenwijdige bundel stralen te verkrijgen moet lens 1 dichter bij de lamp staan.

Het betekent ook, dat we met lens 1 meer lichtstralen tot een lichtkegel bundelen, zodat de fotoweerstand meer licht krijgt. Onder gelijke omstandigheden is de maximale afstand tussen lamp en fotoweerstand bij lens 1 dus groter.

**Twee lenzen** Probeer nu beide lenzen tezamen. Daarmee kunnen we nog dichterbij de lamp komen. Vraag: wordt de maximale afstand nu groter of kleiner dan alleen met lens 1?

**Lichtbundeling** We kunnen de zaak ook omdraaien. Evenwijdige lichtstralen (b. v. van zonlicht) laten we door een lens vallen. In dat geval worden alle lichtstralen in één punt verenigd. Dit punt is het brandpunt. Dit soort lenzen heet convergerende (samenbundelende) lenzen.

**Lenzen voor de fotoweerstand** In fig. 39.2 zien we hoe het licht van de lamp door lens 1 tot een bundel evenwijdige lichtstralen wordt gemaakt. Lens 2 buigt alle lichtstralen weer terug in het brandpunt waar de gevoelige laag van de cel staat. Welk voordeel is in deze opstelling gelegen?



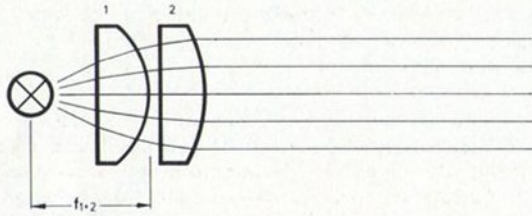


fig. 39.1

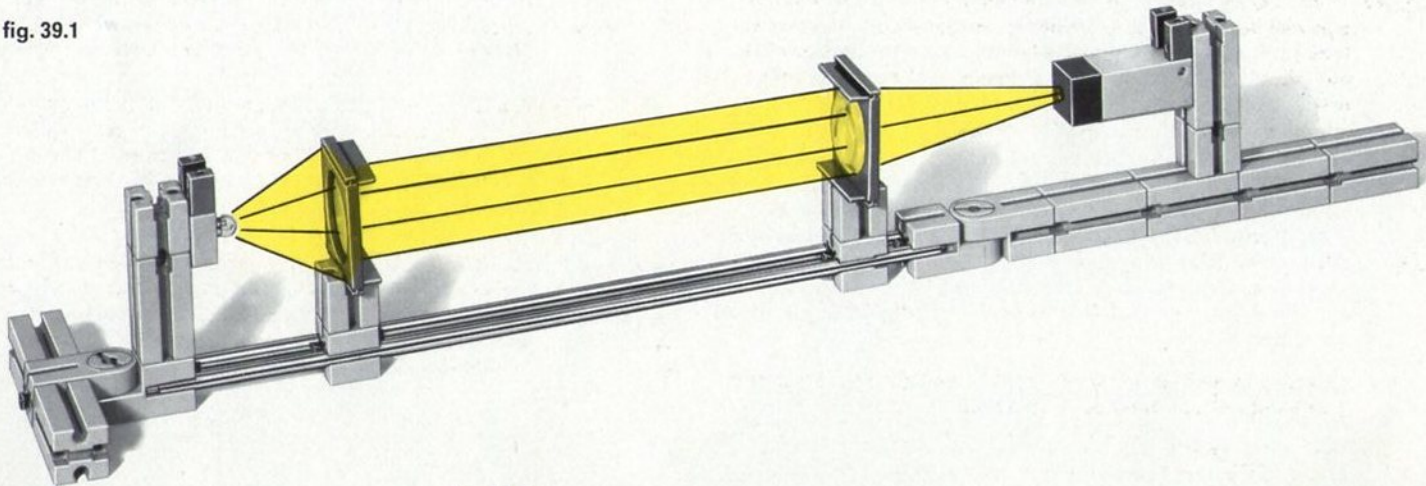


fig. 39.2

## Lichtstraalonderbreker met lenslamp

In het voorgaande is de werking besproken van de lens. Hoe korter de brandpuntsafstand is hoe dichter we de lens bij de lichtbron kunnen plaatsen, met als resultaat dat we een sterkere lichtbundel krijgen.

De lichtopbrengst wordt dus bij toepassing van lenzen met een kortere brandpuntsafstand groter. De gunstigste situatie verkrijgen we door de lens direkt op de glazen bol van de lamp te bevestigen. We krijgen dan een lenslamp waarmee de maximale afstand tussen lichtbron en fotoweerstand te vergroten is. Om verschillende redenen kan onze eenvoudige lens de lichtstralen niet precies evenwijdig bundelen. Bovendien komt de richting waarin het meeste licht wordt uitgestraald niet overeen met de lengte-as van de fitting in de lichtsteen.

We zullen daarom elke lenslamp moeten centreren, dat wil zeggen de lichtsteen zo richten (draaien) dat de grootste hoeveelheid licht op de fotoweerstand valt. Het eenvoudige model van figuur 41.1 en 41.2 stelt ons in staat om dit probleem op te lossen en de bereikbare afstanden te meten. We gebruiken daarvoor weer het kartonnen scherpje waarmee de lichtbundel van de lenslamp precies te volgen is.

We maken in het midden van het scherm een gat van ongeveer 8 mm doorsnede. De lichtbundel valt nu eerst door dit gat, daarna in de opening van de stoorlichtkap en ten slotte op de fotoweerstand. We kunnen nu de lichtvlek waarnemen en tegelijk vaststellen of er voldoende licht op de fotoweerstand valt om het relais te besturen.

Eerst nemen we de kap met de grote opening. De afstand lamp-fotoweerstand moet dan ongeveer 40 cm zijn. De lenslamp monteren we volgens fig. 41.1 of 41.2. Ge gloeidraad van de lamp moet op gelijke hoogte met de fotoweerstand worden gebracht. Met behulp van twee bouwstenen met rode nokken is de lamp in twee richtingen te draaien en zodoende kan elk punt van de lichtvlek in het midden van het scherm worden gebracht.

Het gemakkelijkst gaat dat als volgt: de heldere lichtvlek op het scherm is niet cirkelvormig. Hij heeft de vorm van de gloeidraad: langgerekt en meestal iets gebogen. Eerst draaien we de lichtsteen zo om zijn draaipunt dat de lichtvlek horizontaal komt te staan en op de hoogte van de fotoweerstand (zie de tekeningen van fig. 41.3). Daarna draaien we de lichtsteen langzaam om z'n tweede draaipunt tot het helderste punt van de lichtvlek precies op de fotoweerstand valt.

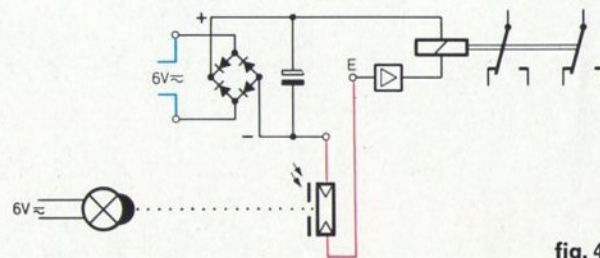


fig. 40.1



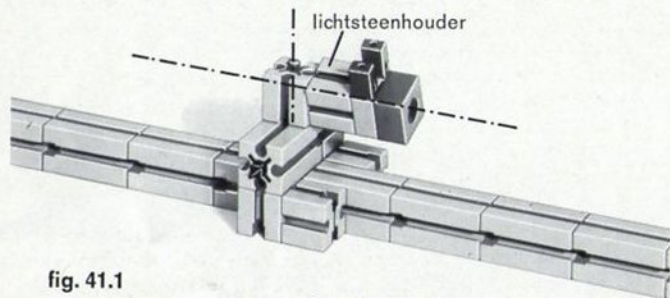
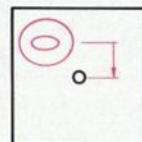
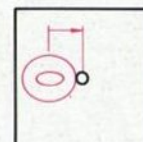


fig. 41.1

bouw: lichtsteen draaibaar,  
lichtsteenhouder horizontaal  
draaibaar en te verschuiven



uitgangsstand

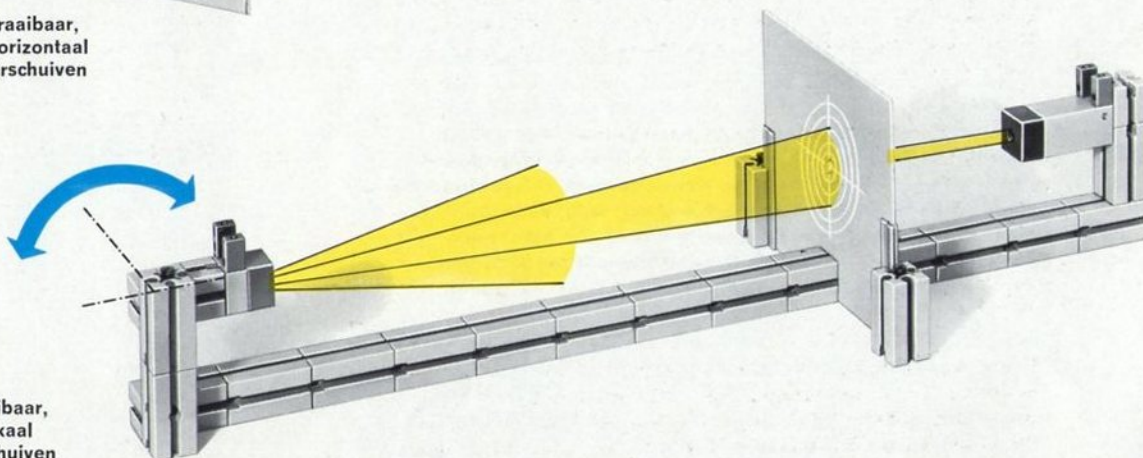


na afstelling  
in de hoogte



eindstand  
na afstelling  
in de hoogte  
en zijdelings

fig. 41.3



bouw: lichtsteen draaibaar,  
lichtsteenhouder verticaal  
draaibaar en te verschuiven

fig. 41.2

## Personentellers met lichtstraalonderbreker

**Doel** Als toepassing van de lichtstraalonderbreker met lenslamp gaan we een model bouwen van de poort bij een industriebedrijf. Om te verhinderen dat iemand het terrein betreedt zonder dat de portier het merkt, wordt een lichtbundel als barrière gebruikt. Een telwerk houdt bovendien bij hoeveel personen de poort doorgaan. Ons telwerk (fig. 43.2 en 43.3) dient alleen om het principe duidelijk te maken, het telt maar tot 40. Op de elektromagneet moet u een folie of een vloeitje plakken. Als lichtbron gebruiken we een lenslamp. De afstand die overbrugd moet worden is maar klein. We kunnen daarom een lage spanning op de lamp zetten.

De lichtbundel van de lamp is te volgen met het kartonnen scherm. De bundel ligt niet precies in de lengte-as van de lichtsteen, zodat de lamp gecentreerd moet worden. Een dergelijke onderbreker heeft het nadeel dat de lichtstraal maar één keer wordt onderbroken als er verschillende personen tegelijk passeren. Er wordt dan maar één persoon geteld. Bij tentoonstellingen en beurzen waar men het aantal bezoekers precies wil weten gebruikt men een tourniquet met een lichtstraalonderbreker. Fig. 43.4 geeft daarvan een model.

**Tourniquet**

De portiersloge kunt u er eventueel bij bouwen (b. v. met de platte stenen van de verpakkingen ft 010 tot ft 015).

Voor dit model van een telwerk kunt u ook het ft-telwerk e-m 6 gebruiken, dat tot 20 telt (fig. 43.5).

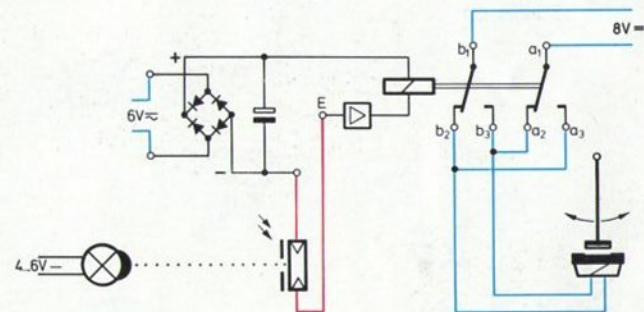
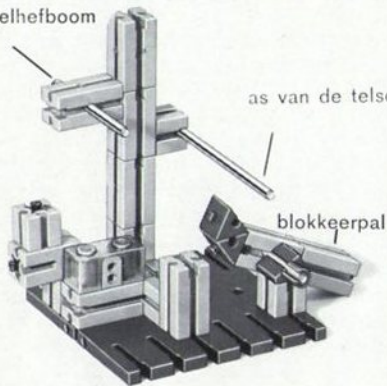


fig. 42.1



as van de schakelhefboom

fig. 43.3  
bouwfase 1



as van de telschijf

blokkeerpal

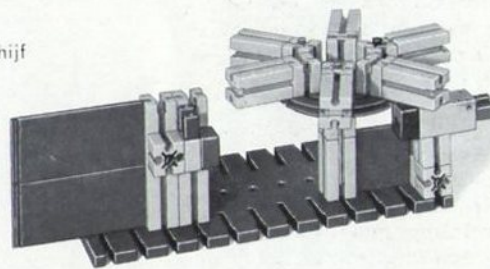


fig. 43.4

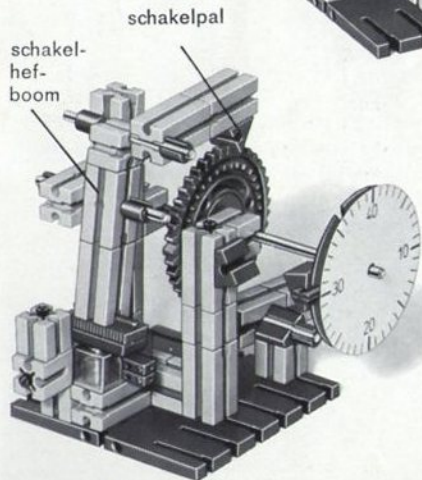


fig. 43.2

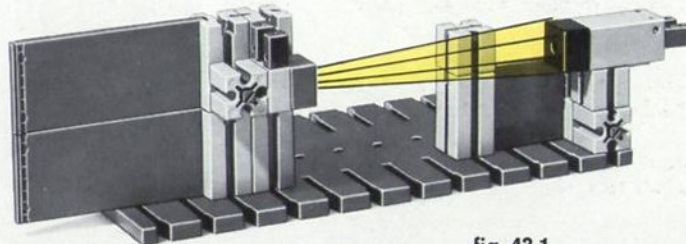
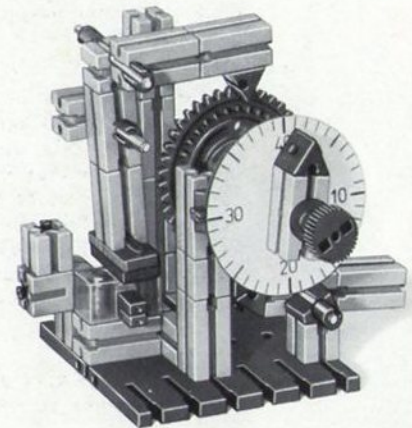


fig. 43.1



ft-telwerk em 6

fig. 43.5



telwerk 0 - 40

## Besturing van machines met de lichtstraalonderbreker

Bij de modellen die besproken zijn, werd de lichtstraalonderbreker gebruikt als melder of als telapparaat. De besturing van het relais gebeurde in het eenvoudigste geval met het signaal „licht of geen licht“ op de lichtgevoelige laag van de fotoweerstand. Daarmee werden dan signaallampen aan- of uitgeschakeld, een telwerk bediend of een motor afgezet.

**Doel** Lichtstraalonderbrekers zijn niet alleen voor de bewaking van apparatuur te gebruiken, maar ook voor het besturen van machines en dergelijke. Alle relaïsschakelingen in het begin van dit boek die met drukknoppen werken (tussen „E“ en „-“) zijn ook met lichtstraalonderbrekers uit te rusten. Ze worden zeer veel toegepast in vol- of halfautomatisch werkende machines.

Een voorbeeld daarvan is het model op pagina 45 van een draaitafel met een magazijn. Op de langzaam roterende tafel stanst een machine (niet afgebeeld) gaten in de onderdelen. Het magazijn is een lange stang met bouwstenen. De motor die de tafel aandrijft, moet stoppen als het magazijn leeg is.

**De bouw van het model** Na het plaatsen van het magazijn in de magazijnhouder stellen we de stang zo af, dat het onderste eind zich iets meer dan de breedte van een bouwsteen boven de tafel bevindt. De draaiende tafel neemt steeds de onderste steen uit het magazijn mee (wie natuurgetrouw wil werken kan op de rand van de tafel een ring van fijn schuurpapier plakken, onafhankelijk van de magazijnvoorraad wordt dan elke steen beslist meegenomen).

**Afstelling** De lichtstraalonderbreker wordt zo afgesteld dat de fotoweerstand pas licht ontvangt als de laatste steen is meegenomen. De motor wordt op dat moment automatisch stilgezet en er gaat een waarschuwinglamp branden. Plaatsen we een vol magazijn in de machine, dan slaat de motor weer vanzelf aan. Een dergelijke besturing met licht maakt het mogelijk dat één man vele van deze machines kan besturen zonder dat er een lange stilstand optreedt bij de diverse stations.

Wie een tweede motor heeft, kan een tijdschakelaar met elektrische aandrijving bouwen die het afzetten van de motor een paar sekonden vertraagt.

Bij alle modellen waarin een bepaalde voortgang in een proces bewaakt moest worden (en ook bij het telwerk) werd het licht als hulpmiddel gebruikt. De aftasting met licht is daarom zo interessant omdat de bewaking geschiedt zonder mechanisch contact. Het betekent dat aan de draaiende machine zelf geen energie voor de besturing hoeft te worden onttrokken en dat er geen slijtage optreedt door extra wrijving.



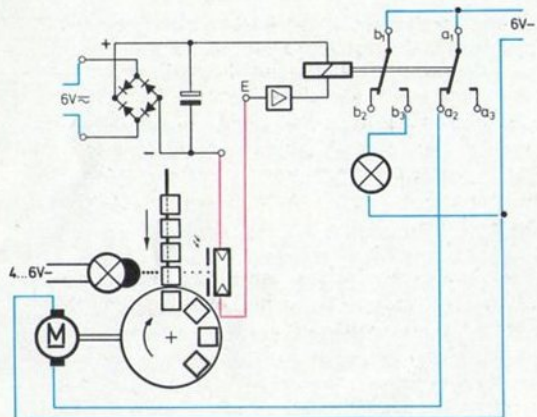


fig. 45.1

bouwfase 1

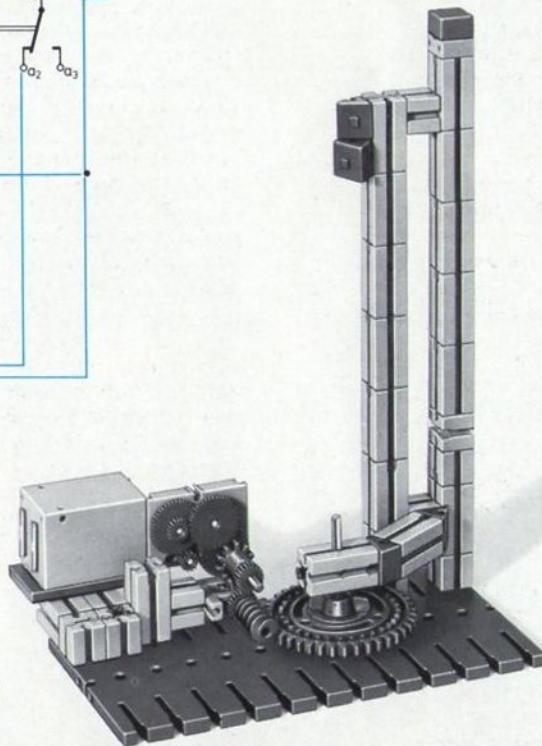


fig. 45.3

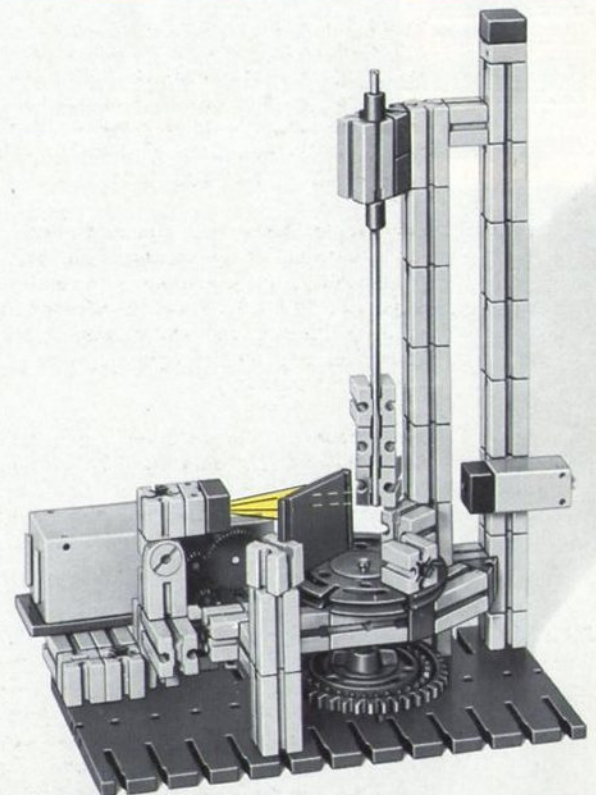


fig. 45.2

## Alarmschakeling met automatische blokkering

**Doel** Alle tot nu toe genoemde alarmschakelingen hebben een gemeenschappelijk en vaak gevaarlijk kenmerk: zodra de lichtbundel niet meer wordt onderbroken, komt het relais weer op, waardoor het alarmsignaal wordt stopgezet.

Voor de beveiliging van mensen en machines en bij een beveiliging tegen diefstal is een andere schakeling nodig. Het alarmsignaal mag dan niet onderbroken worden wanneer de lichtbundel wordt vrijgegeven, zelfs niet wanneer de draden naar de fotoweerstand worden doorgesneden of kortgesloten.

De uitschakeling van het alarmsignaal mag alleen mogelijk zijn met een aparte drukknop op een bepaalde plaats.

**Het principe** De nevenstaande schakeling voldoet aan de bovengenoemde voorwaarden. Hij werkt volgens het principe van de automatische blokkering van een relais. U hebt de keuze uit twee schakelingen (fig. 47.1 en 47.2). De fotoweerstand is in beide met het maakkontakt  $b_1-b_3$  in serie geschakeld. Sluiten we de voedingsbron aan, dan blijft het relais stroomloos, ook als de fotoweerstand sterk wordt belicht. Dit komt omdat  $b_1-b_3$  open staat. De fotoweerstand werkt nu niet omdat hij geblokkeerd is.

Pas door kort op de startknop  $T_s$  te drukken, komt de schakeling in werking en daarmee het relais. Het kontakt  $b_1-b_3$  wordt gesloten. Bij schakeling 1 moet tevens de lichtbundel vrijgegeven zijn. Wanneer dit het geval is, zal na het loslaten van de starter het relais in werking blijven.

Ter completering wordt over  $a_1-a_2$  nog een alarmlamp op de trafo aangesloten. Onderbreken we de lichtbundel, dan valt het relais af en wordt de alarmlamp aangezet.

Tegelijk wordt  $b_1-b_3$  verbroken, zodat de alarmtoestand behouden blijft, onafhankelijk van de stand waarin de fotoweerstand wordt gebracht.

In het geval dat de contacten  $a_1-a_2-a_3$  voor andere schakelingen gebruikt moeten worden, is de alarmlamp ook over het kontakt  $b$  te besturen. Dit is in schakelschema 47.3 weergegeven. De starter moet tussen „-“ en „E“ of parallel met  $b_1-b_3$  worden geschakeld. Dit is in het schema niet aangegeven, hetgeen u zelf kunt doen.



Schakeling 1

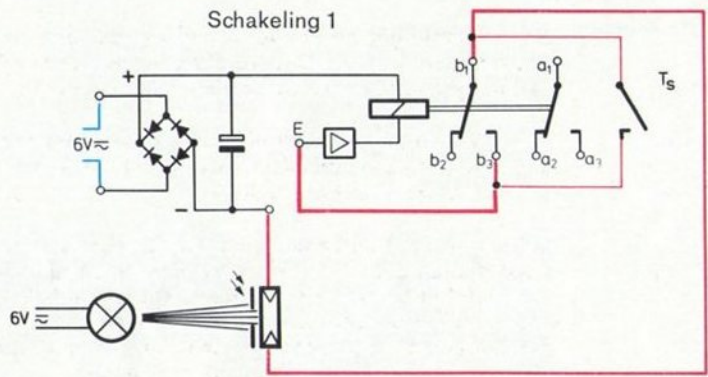


fig. 47.1

Schakeling 3

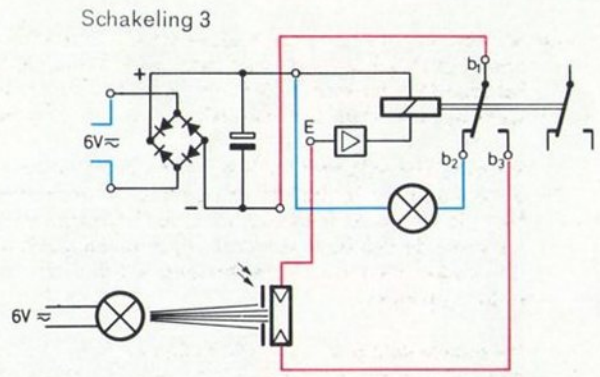


fig. 47.3

Schakeling 2

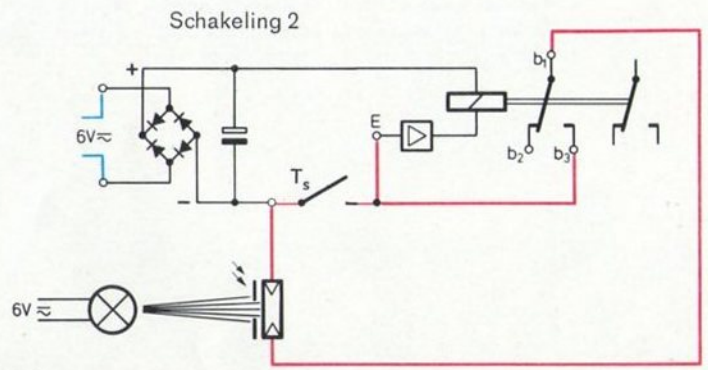


fig. 47.2

## De excenterpers met beveiliging

In bijna elk bedrijf, en vooral in de metaalindustrie, worden machines toegepast die met lichtstraalonderbrekers beveiligd zijn tegen onvoorzichtig gebruik. Als voorbeeld nemen we de excenterpers.

**Het model** Een motor drijft een vliegwiel aan. Excentrisch (uit het midden) op dit wiel is een as bevestigd die heen en weer kan glijden in de gleuf van een geleideplaat (zie de foto). Deze geleideplaat kan op en neer langs twee assen. De konstruktie stelt ons in staat een draaiende beweging om te zetten in een op en neer gaande. Belangrijk is dat de geleideplaat zeer licht op en neer glijdt. Pas wanneer dit voor elkaar is, steken we de excenteras door de gleuf en het gat van het vliegwiel. Op de onderzijde van de geleideplaat wordt het stansmes bevestigd (in het model zijn dit de ft-hoekstenen).

Er zijn excenterpersen met een hoogte van enkele meters. Hiermee stanst men delen uit metaalstrippen, die tijdens het omhooggaan van het stansmes opschuiven. In het model is de transportinrichting niet weergegeven.

Bij dit soort machines loopt de bedieningsman natuurlijk bepaalde gevaren. Daarom moeten er veiligheidsmaatregelen worden getroffen. Lichtstraalonderbrekers zijn daarvoor zeer geschikt. Wanneer iemand door de lichtbundel heen gaat om b. v. iets in de machine te pakken, dan wordt de lichtbundel onderbroken en de machine stopt onmiddellijk.

**De snelstop** Het simpelweg onderbreken van de stroomkring is niet voldoende om de motor en daarmee de machine onmiddellijk te laten stoppen. De motor loopt langzaam uit en ook het vliegwiel heeft een zekere snelheid. Een dergelijke veiligheidsschakeling doet daarom twee dingen tegelijk. De stroombron wordt uitgeschakeld en tevens wordt de motor kortgesloten.

Het schakelprincipe van de „snelstop“ kennen we reeds van hobby 3. Het verschil tussen de snelstop en het normale uitlopen van de motor kunt u zelf gemakkelijk vaststellen. Eerst trekken we een stekkertje van een kabel uit de motor en daarna laten we de motor stoppen door de lichtbundel te onderbreken.

De motor start in onze schakeling na vrijgave van de lichtbundel weer vanzelf. Op welke wijze is dit te verhinderen? U kunt uw oplossing vergelijken met het schakelschema dat u aan het einde van dit boek vindt.



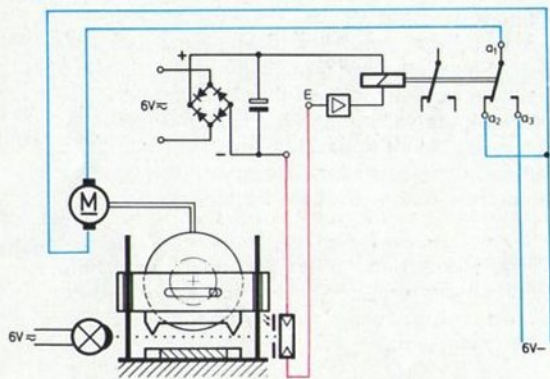


fig. 49.1

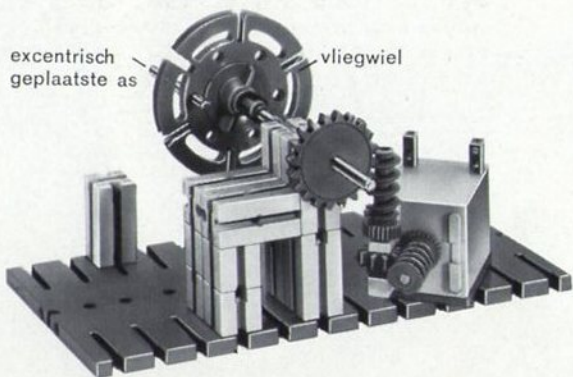


fig. 49.3

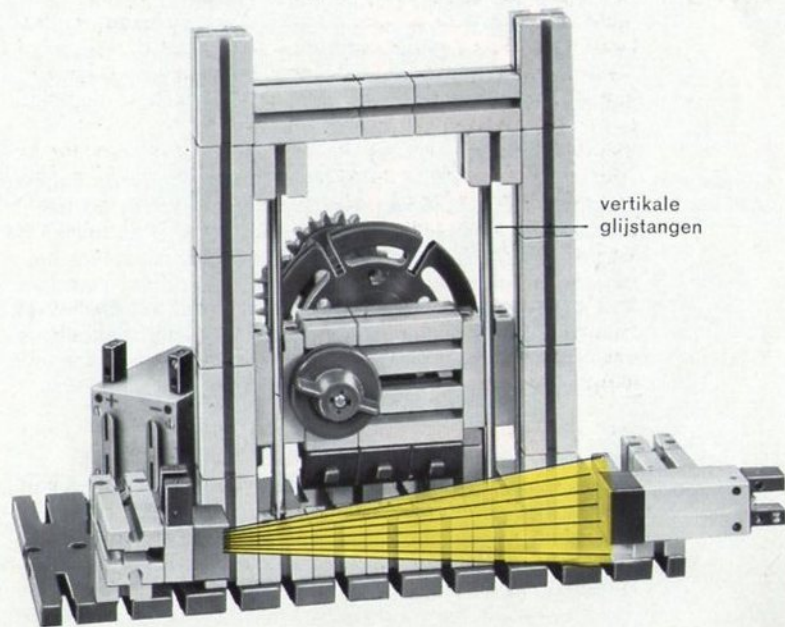


fig. 49.2

## Snel instelbare schakelklok

De afgebeelde en elektromotorisch aangedreven schakelklok kan een lamp of een elektrisch apparaat in- en uitschakelen. De tijd waarin dat moet gebeuren kunnen we instellen tussen de 0 en 3 minuten. Letterlijk en figuurlijk draait het daarbij om een vertragende overbrenging van 9600:1. Dat betekent dat de as van de motor 9600 keer moet draaien om de laatste schijf van de transmissie één omwenteling te laten maken. Daartoe worden tandraden en wormwielen gebruikt. De foto's laten dit zien.

**De bouw van het model** We maken een schijf van ondoorzichtig papier en knippen daaruit een rechthoekig stukje. De schijf wordt op het tandwiel 40 Z geplakt. Alle gaten en de ruimten tussen de tanden zijn daarmee afgedekt op een smalle spleet na, waar een lichtbundel doorheen kan vallen. Het voordeel van deze oplossing in vergelijking met een mechaniek en een drukknop zal duidelijk zijn. De instelschijf behoeft nu niet stevig op de as vast te zitten en we kunnen hem snel verdraaien om de gewenste schakeltijd in te stellen.

**De werking** De motor die op het relais is aangesloten, staat stil wanneer er licht door de spleet op de fotoweerstand valt. Het relais is dan bekrachtigd.

De motor begint te lopen als we de instelschijf verdraaien. Hij stopt wanneer de spleet weer voor de fotoweerstand verschijnt. Draaien we de spleet maar een klein stukje opzij, dan draait de motor of 3 minuten of enkele seconden. Hetgeen afhankelijk is van de draairichting.

Een mechanisch werkend apparaat dat een bepaalde tijd moet lopen, kan direct door de motor van de klok worden aangedreven. Elektrische apparatuur die dezelfde tijd moet lopen, schakelen we eenvoudigweg parallel met de motor. Wil men de klok als vertragings-inschakelaar gebruiken, dan wordt de betrokken apparatuur over het contact  $b_1$ - $b_3$  op de voedingsbron geschakeld. De apparatuur wordt op deze wijze automatisch gestart als de klok stopt.

Kortere schakeltijden zijn te verkrijgen door de instelschijf op een andere as van het transmissiesysteem te zetten.

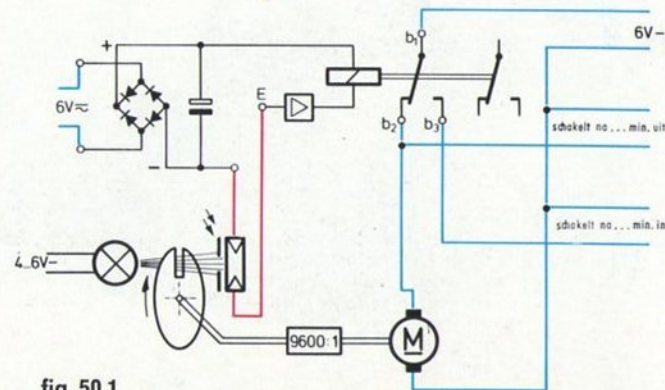


fig. 50.1



bedrading volgens  
schakelschema 50.1

fig. 51.2

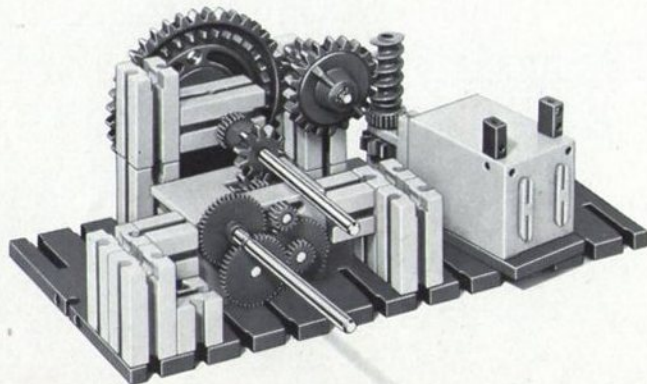
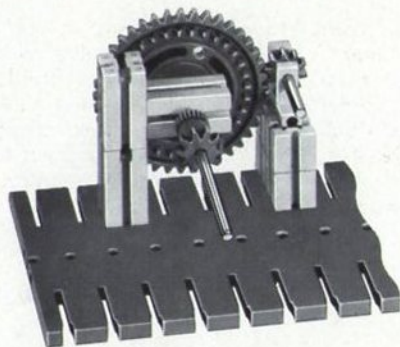


fig. 51.3

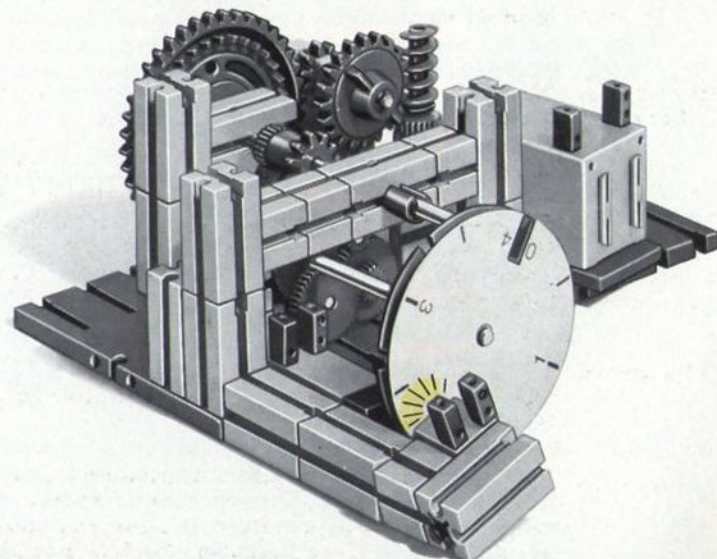


fig. 51.1

## Relais met vertraagd afvallen en opkomen

In vele gevallen is een relaischakeling nodig, waarbij de te besturen stroomkring pas enige tijd na het besturings-sig-naal wordt in- of uitgeschakeld. Het relais reageert als het ware vertraagd in de tijd. In onze modellen kunnen we daarvoor de condensator in de gelijkrichter bouwsteen nemen.

Eerst maken we een schakeling waarbij het relais van de relais bouwsteen steeds ongeveer een halve seconde later afvalt als de besturingsstroomkring wordt verbroken. Fig. 52.1 geeft het bedradingsschema weer. In plaats van de gloeilamp kan natuurlijk elk ander elektrisch apparaat over  $a_1$ - $a_3$  of  $a_1$ - $a_2$  worden geschakeld.

**Het principe** De besturing geschiedt nu niet langer – zoals we gewend waren – over de verbinding „E“ en „-“, maar door het openen en sluiten van de stroomdraad tussen trafo en gelijkrichter. Openen we deze leiding, dan wordt de stroomtoevoer onmiddellijk verbroken, maar de condensator (rood getekend) in de gelijkrichter levert nog voor korte tijd de energie die nodig is voor de versterker en het relais. Dit valt dan ook niet meteen af, maar pas wanneer de condensator te weinig stroom gaat leveren. De contacten  $a_1$ - $a_3$ , resp.  $b_1$ - $b_3$  springen open en de lamp dooft.

**De tijdsduur** Een kortere vertragingstijd verkrijgen we door tussen + en – één of meer gloeilampen te schakelen. De condensator ontlaaft dan niet alleen over relais en versterker maar ook over de lampen. De condensator is dan sneller leeg en dat verkort de vertragingstijd. Een vertraging bij het inschakelen verkrijgen we door de te besturen apparatuur

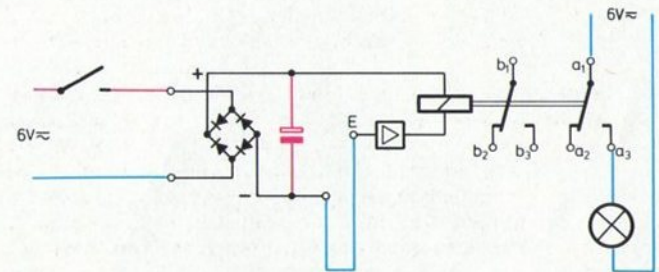


fig. 52.1

niet over het maakkontakt  $a_1$ - $a_3$  te schakelen maar over het rustkontakt  $a_1$ - $a_2$ . Ook het opkomen van het relais wordt bij deze schakeling iets vertraagd, maar dit is zo kort dat het niet van belang is (zie de proef op pagina 9).



## Flikkerlichtschakeling 1

Gebaseerd op het principe van de vertragingsschakeling is een flikkerlicht te bouwen. Het licht wordt daarbij konstant in een bepaald ritme in- en uitgeschakeld.

**Terugkoppeling** Om het relais in een ritme te besturen, doen we niet anders dan de uitgang van de vertragingsschakeling verbinden met de eigen besturingsingang. Dit wordt een terugkoppeling genoemd. Anders gezegd, we vervangen de drukknop in de stroomtoevoerleiding tussen trafo en gelijkrichter door het contact  $b_1-b_2$ . Het relais schakelt nu zichzelf in een ritme van ongeveer een halve seconde.

De stroomkring met de lamp besturen we met het tweede omschakelcontact. Naar wens kunnen we dat doen over het rustkontakt  $a_1-a_2$  of het maakkontakt  $a_1-a_3$ . De lichtdonker fasen van een cyclus duren bij deze schakeling niet even lang. Later zal een schakeling worden besproken waarbij dat wel het geval is.

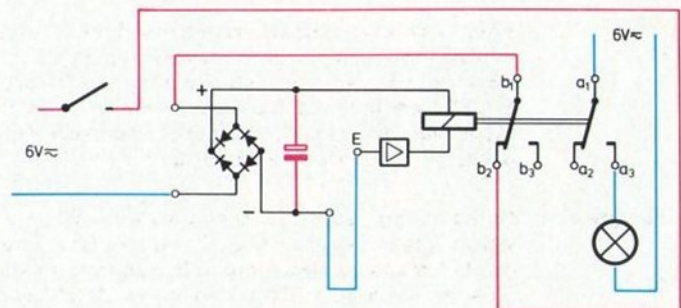


fig. 53.1

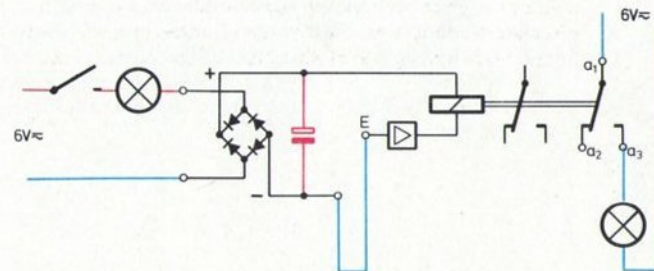
## Relais met vertraagd opkomen

In deze schakeling wordt een andere eigenschap van de condensator toegepast. We schakelen in de leiding tussen trafo en gelijkrichter een gloeilamp. Algemeen spreekt men van een elektrische weerstand. Fig. 54.1 laat een en ander zien.

**Langere cyclustijd**    **Vergeleken met de normale schakeling zal het nu langer duren voordat de condensator opgeladen is. De gloeilamp of weerstand gebruikt namelijk een deel van de stroom. Er blijft dus minder over voor de gelijkrichter en de condensator. Anders gezegd, de stroomtoevoer per seconde is nu minder. Hoe groter de weerstand is hoe langer het duurt om de condensator op te laden. De spanning in de condensator moet eerst een bepaalde grens overschrijden alvorens het relais voldoende stroom krijgt om op te komen.**

Nem hiermee enkele proeven. Probeer door verwisselen van lampen de vertragingstijd te beïnvloeden. In elk geval is dat te doen met het parallel of in serie schakelen van een tweede lamp.

fig. 54.1





## Flikkerlichtschakeling 2

De twee behandelde mogelijkheden om het relais in zijn werking te vertragen (afvallen en opkomen) met de condensator, worden in de volgende schakeling toegepast. Fig. 55.1 geeft daarvan een schema. De frequentie, dat is het aantal flikkeringen per seconde, is hierbij nog lager dan in het laatste voorbeeld van een flikkerlicht.

Ook dit flikkerlicht is met licht te besturen. Tussen „E“ en „-“ schakelen we een fotoweerstand. Wanneer daarop voldoende licht valt, zal het flikkerlicht gaan werken. Alarm-apparatuur is meestal uitgerust met een schakeling die tegenovergesteld werkt. Het flikkerlicht moet in werking treden als er te weinig licht op de fotoweerstand valt. Voor deze schakeling hebben we echter nog een elektronische bouwsteen nodig: de elektronika basisbouwsteen.

Besturing met de fotoweerstand

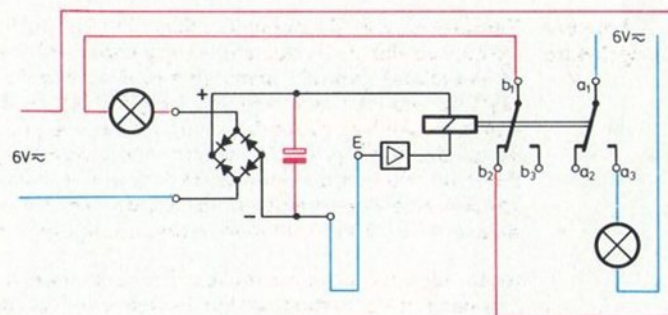


fig. 55.1

## Elektronika basisbouwsteen

Deze Elektronika basisbouwsteen (die wij voortaan afkorten tot EI-bouwsteen), bevat een universeel (overal voor te gebruiken) toe te passen schakeling, die geheel elektronisch werkt. We kunnen er alle vraagstukken op het gebied van de elektronische besturing mee oplossen. Op de bovenzijde vinden we dan ook naar verhouding een groot aantal stekkerbussen en symbolen. Laat u er niet door in verwarring brengen. In het volgende hoofdstuk en in boek 4, deel 2, worden de verschillende schakelfuncties besproken aan de hand van gemakkelijk te begrijpen voorbeelden.

**Voorbereiding** Allereerst zetten we het controlelampje in de fitting en plaatsen we de draaiknop voor de variable weerstand op zijn as. Het lampje dient als signaallampje en het mag niet met geweld worden doorgedrukt.



fig. 56.1

De as van de weerstand heeft een platte zijkant, die aansluit op een recht vlakje in de klembus van de draaiknop. De wijzer moet op 1 staan als de knop niet verder tegen de klok in gedraaid kan worden en op 10, wanneer de knop bij rechtersom draaien stuit. Daarna sluiten we de EI-bouwsteen aan op de gelijkrichter bouwsteen. Dit gaat op dezelfde manier als met de relais bouwsteen, vergeet daarbij de verbindingsstekker niet.

**Versterker** In de eerste schakeling die we gaan bestuderen, gebruiken we de EI-bouwsteen als signaalversterker tussen de fotoweerstand en de relais bouwsteen.

De foto op pagina 57 laat een van de vele koppelingsmogelijkheden zien. De stroomvoorziening van de bouwstenen gebeurt op de bekende manier en blijft hetzelfde als we de bouwstenen met de korte zijden tegen elkaar zetten in plaats van met de lange kanten. Steeds moeten daarbij wel de twee verbindingsstekkers worden gebruikt.

**Verbinding van bus 7 met bus 9 met bus 9** Om de EI-bouwsteen als versterker te gebruiken, moeten we bus 7 met bus 9 verbinden via een kabeltje (een bruggetje). Evenals bij de relais bouwsteen moet de fotoweerstand worden aangesloten op de ingang van de versterker.

**fotoweerstand aan E<sub>1</sub> en 3** Als ingangsbussen gebruiken we bij deze schakeling de bus „E<sub>1</sub>“ en bus „3“. Deze laatste is direkt met de minpool van de schakeling verbonden. We kunnen daarom in plaats van bus „3“ ook de „-“ bus van de relais bouwsteen nemen of een van de „-“bussen van de gelijkrichter.



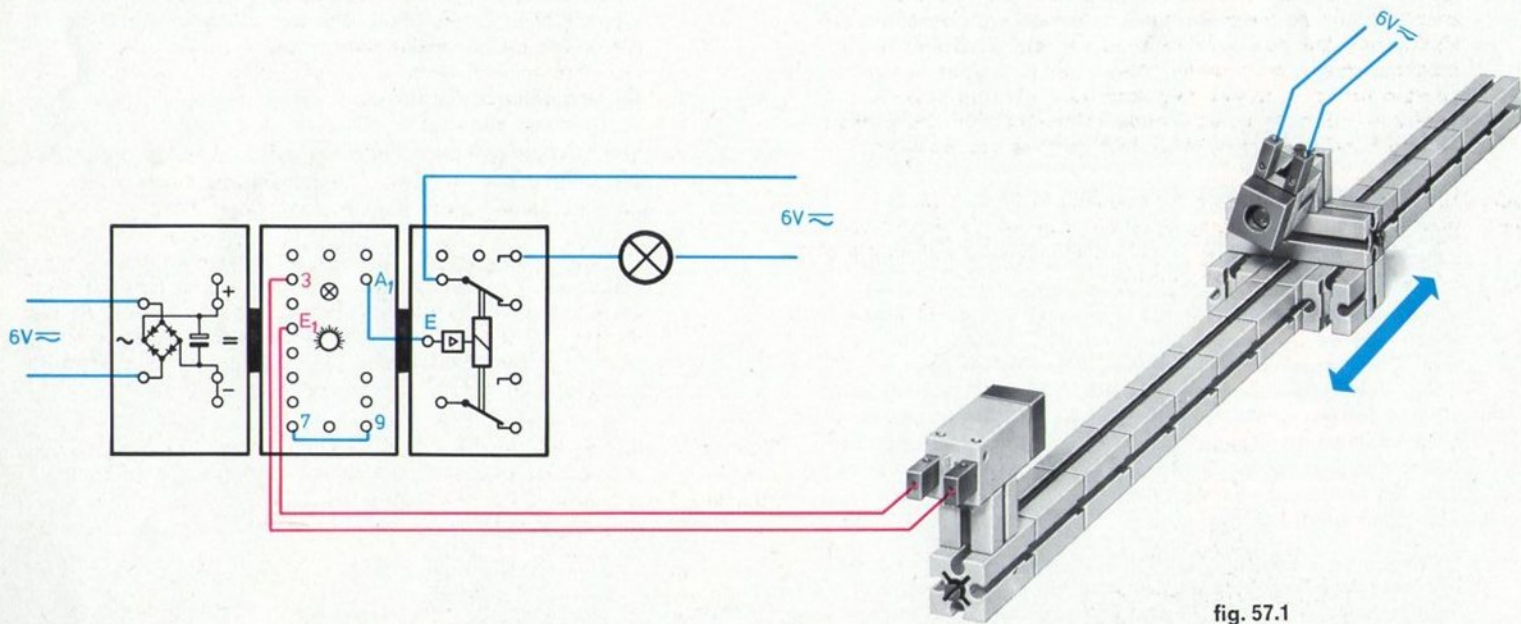


fig. 57.1

**Verbinding A<sub>1</sub> met E van de relais bouwsteen** Uiteindelijk willen we een gloeilamp, een motor of een ander apparaat via de relais bouwsteen schakelen. Daarvoor moet de uitgang van de EI-bouwsteen worden verbonden met de ingang van de relais bouwsteen. We verbinden bus A<sub>1</sub> met bus E van de relais bouwsteen en bereiken daarmee dat de fotowerstand de kontakten van het relais kan besturen.

Om te controleren of het relais opkomt als de fotowerstand wordt belicht, schakelen we een lampje via a<sub>1</sub>-a<sub>3</sub> (van de relais bouwsteen) op netvoedingsapparaat. Dit lampje mag niet branden als we de fotowerstand afdekken.

Het relais zal alleen werken als bus E van de relais bouwsteen is verbonden met „-“. In onze schakeling is E met A<sub>1</sub> gekoppeld. Uit deze twee gegevens mogen we konkluderen dat bus A<sub>1</sub> in het binnenste van de EI-bouwsteen met de „-“ verbonden moet zijn. Als de fotowerstand geen licht ontvangt of in het geheel niet is aangesloten, dan kan A<sub>1</sub> ook niet met de „-“ verbonden zijn. In dat geval is A<sub>1</sub> praktisch met de „+“ verbonden. Sluit nooit op de uitgangsbussen A<sub>1</sub> of A<sub>2</sub> een lamp of een motor aan. De uitgangen van de EI-bouwsteen dienen alleen voor de besturing van de relais bouwsteen of andere Elektronika bouwstenen.

5<sup>e</sup> grondregel

Het zal u bij het afwisselend belichten en afdekken van de fotowerstand, opgevallen zijn, dat het signaallampje van de EI-bouwsteen alleen oplicht wanneer de ft-lamp (geschakeld over a<sub>1</sub>-a<sub>3</sub>) brandt.

**Signaal-lampje** Nu gaan we het contact met de relais bouwsteen een paar keer achter elkaar onderbreken en herstellen. We zien dan

dat het al of niet branden van het signaallampje niets te maken heeft met het feit of de relais bouwsteen is aangesloten. Het is daarvan onafhankelijk. Het signaallampje geeft alleen aan of de fotowerstand al dan niet voldoende wordt belicht. Hieruit volgt dat het signaallampje brandt als bus A<sub>1</sub> verbonden is met „-“.

**Uitgang A<sub>2</sub>** Nu verbinden we de ingang E van de relais bouwsteen met A<sub>2</sub> in plaats van met A<sub>1</sub>. Onderzoek nu of het oplichten van het signaallampje overeenstemt met het opkomen van het relais.



**A<sub>2</sub> is invers met A<sub>1</sub>** We ontdekken dat de tweede uitgang precies andersom werkt als de eerste uitgang. De technicus noemt dit inversie. Uitgang A<sub>2</sub> is de invers van uitgang A<sub>1</sub>. Meestal spreken we van uitgang A<sub>1</sub> in plaats van uitgangsbuss A<sub>1</sub>. Hoewel bij de uitgang toch 2 draden horen, namelijk de draad naar bus A<sub>1</sub> en een „-“ leiding.

**Stand van de draaiknop** Nu gaan we onderzoeken waar we de draaiknop voor kunnen gebruiken. We verbinden bus E van de relais bouwsteen weer met uitgang A<sub>1</sub> van de EI-bouwsteen. U mag de relais bouwsteen ook weglaten en de werking alleen aan de hand van het signaallampje bestuderen. De fotoweerstand (zwarte stoorlichtkap) en een kogellamp plaatsen we op de reeds besproken optische bank. We nemen eerst een afstand van ongeveer 10 cm tussen fotoweerstand en lamp, dan draaien we de knop langzaam van 1 naar 10 en weer terug. Het signaallampje zal bij het overschrijden van een bepaalde stand (bijv. na positie 6) gaan branden (en het relais opkomen). Omgekeerd gaat het lampje uit zodra we beneden deze waarde komen. We noteren de stand waarbij het lampje oplicht als de afstand 10 cm is. Daarna maken we de afstand korter: 5 cm. De fotoweerstand wordt nu veel sterker belicht. (De belichting op de gevoelige laag is bij een halvering van de afstand  $4 \times$  zo groot als bij de oorspronkelijke afstand:  $2^2 = 4$ ).

Nu licht het signaallampje op als stand 2 ongeveer wordt bereikt. We herhalen deze proef voor andere afstanden en stellen vast dat naarmate de belichtingssterkte groter is, de draaiknop op een lagere positie moet worden gezet.

In de meeste gevallen is de gunstigste positie van de draaiknop waar het signaallampje net uitgegaan is, m. a. w. vlak na het omschakelpunt. Zoek dit zelf uit voor verschillende afstanden.

De reactie-afstand

We draaien de zaak nu om en stellen de draaiknop op een vaste waarde in, b. v. positie 1. Daarna bepalen we de afstand tussen fotowerstand en kogellamp, waarbij het signaallampje oplicht, resp. uitgaat. Ook deze proef doen we weer voor verschillende standen van de draaiknop. Vervolgens vervangen we de kogellamp door een lenzenlamp die precies op de fotowerstand wordt gericht. Stel voor beide soorten lampen de grootste afstand vast die te verkrijgen is. De draaiknop moet daarbij op 10 worden gezet. De maximaal te bereiken afstand kunnen we nog een keer vergroten door een lens voor de fotowerstand op te stellen.

Op deze wijze kunnen we tot een verbazingwekkende afstand komen, in het bijzonder wanneer we de stoorlichtkap vervangen door de stoorlichtbuis. Deze laat namelijk de hele gevoelige laag van de cel vrij, terwijl de kap een groot deel afdekt (zie fig. 60.1).



fig. 60.1



De loop van een signaal

In de besturingstechniek gebruikt men graag symbolen. Daarmee is een eenvoudig te begrijpen tekening te maken, die laat zien hoe een schakeling werkt. Het symbool voor de versterker in de relais bouwsteen kennen we al. Dit soort symbolen maakt alleen de functie (het doel waarvoor ze dienen) duidelijk van de verschillende aparte onderdelen of apparaten en hoe ze samenwerken. Hoe de schakeling in details is opgebouwd, is daaruit niet op te

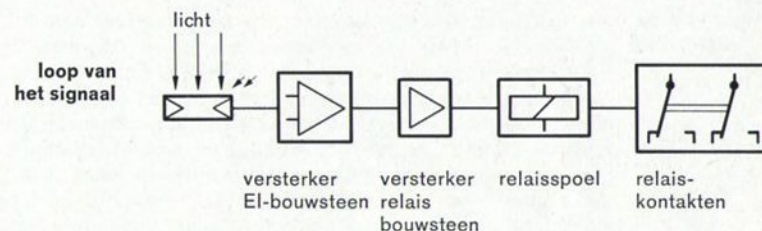


fig. 60.2

maken. Dergelijke tekeningen laten ons de loop van een signaal door een schakeling zien en wat er met het signaal gebeurt. Het wordt bij voorbeeld versterkt. Zie fig. 60.2.

De van links naar rechts getekende onderdelen: versterker van de EI-bouwsteen, versterker van de relais bouwsteen, relaisspoel en relaiskontakten vormen met elkaar een keten.

De gelijkrichter bouwsteen is in deze keten niet opgenomen. Hij levert alleen de bedrijfsspanning die nodig is en heeft geen enkele schakelfunctie in deze besturingsketen.



# Lichtschermb

Bij de proeven die we tot nu toe hebben gedaan, werkten we met één lichtbundel en één lichtbron. We gaan nu één lichtbundel samenstellen met 2 lichtbronnen die boven of naast elkaar staan. Een dergelijke bundel noemen we in het vervolg een lichtschermb.

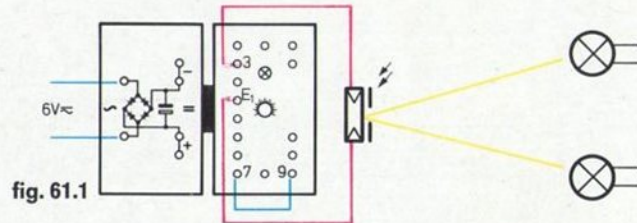


fig. 61.1

Voor onze eerste proef plaatsen we op de fotoweerstand een stoorlichtkap, opening 4 mm. Als lichtbronnen zoeken we twee fel brandende lampen uit.

Eerst zorgen we er voor dat er slechts een lamp brandt, door de andere verbinding te verbreken of door de andere lamp los te draaien. De draaiknop wordt zo afgesteld dat het signaallampje net oplicht. Onderbreken we de lichtbundel dan moet het signaallampje uitgaan. Noteer de stand van de draaiknop. We herhalen de proef voor de andere lamp en nemen voor de stand van de draaiknop de hoogste van de beide gevonden waarden.

Afstand  
tussen  
lichaam en  
fotoweerstand

We schakelen beide lampen in en schuiven een lichaam, b. v. een bouwsteen, door het lichtschermb dat uit twee bundels bestaat. Zolang we maar een bundel onderbreken zal de fotoweerstand het signaallampje niet uitschakelen. Dat gebeurt pas als het lichaam beide bundels tegelijk tegenhoudt.

Schuif nu een klein lichaam, b. v. een as, vlak langs de fotoweerstand door het lichtschermb. Beide bundels

worden dan tegelijk onderbroken. Maar vlak bij de lampen is dat niet het geval, dan wordt maar één bundel geblokkeerd. Bij een lichtschermb is het daarom belangrijk de baan van het lichaam door de bundel vast te leggen. Herhaal de proef nog eens met 3 of meer lampen.

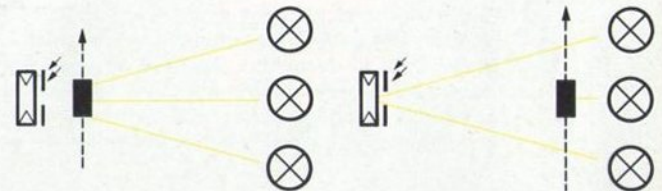


fig. 61.2

De draaiknop van de EI-bouwsteen kunnen we echter ook zo instellen dat de onderbreking van één lichtbundel voldoende is om de EI-bouwsteen te schakelen.

**Toepassing** Onze ervaringen gaan we nu toepassen in het nevenstaande model van een transportband. Als een grote ft-bouwsteen het lichtschermb passeert, moet de motor worden stilgezet en een lamp gaan branden. Nemen we de steen weg, dan begint de motor weer te lopen. De motor wordt na het uitschakelen kortgesloten, (snelstop) waardoor de transportband onmiddellijk stilstaat. We moeten daarvoor de relais bouwsteen gebruiken omdat met de EI-bouwsteen de motor niet direkt is te besturen.

**Drie lampen** De afstand tussen de lampen en de fotoweerstand moet bij drie lampen anders worden gekozen dan bij twee lampen. Hoe zullen de lampen opgesteld moeten worden wanneer niet de breedte maar de hoogte van het lichaam bepalend is?

Het lichtschermb gebruikt men ook voor de beveiliging van waardevolle voorwerpen. Men dient er rekening mee te houden dat in dergelijke gevallen de onderbreking van één enkele lichtbundel voldoende moet zijn om een alarmsignaal te veroorzaken. Een model van een kluis met lichtschermb beveiliging kunt u wellicht zelf bedenken en bouwen.

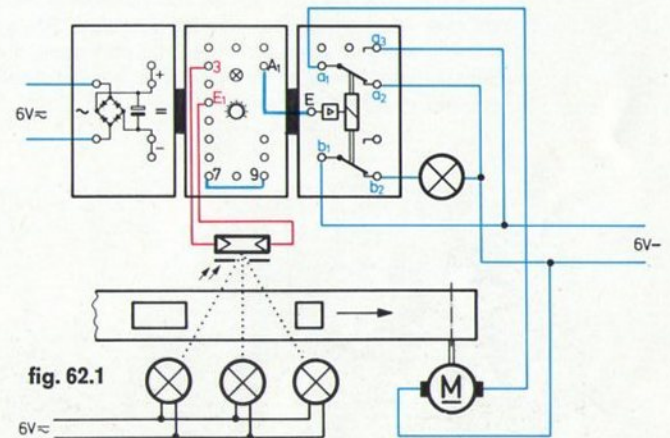


fig. 62.1

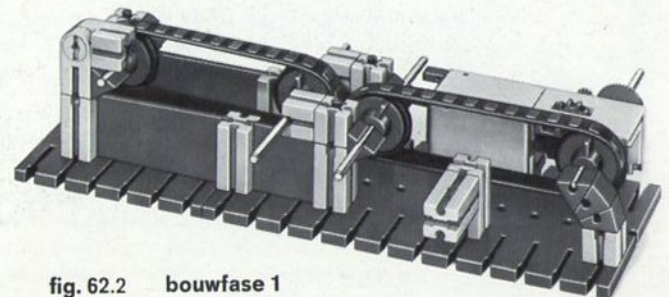


fig. 62.2 bouwphase 1



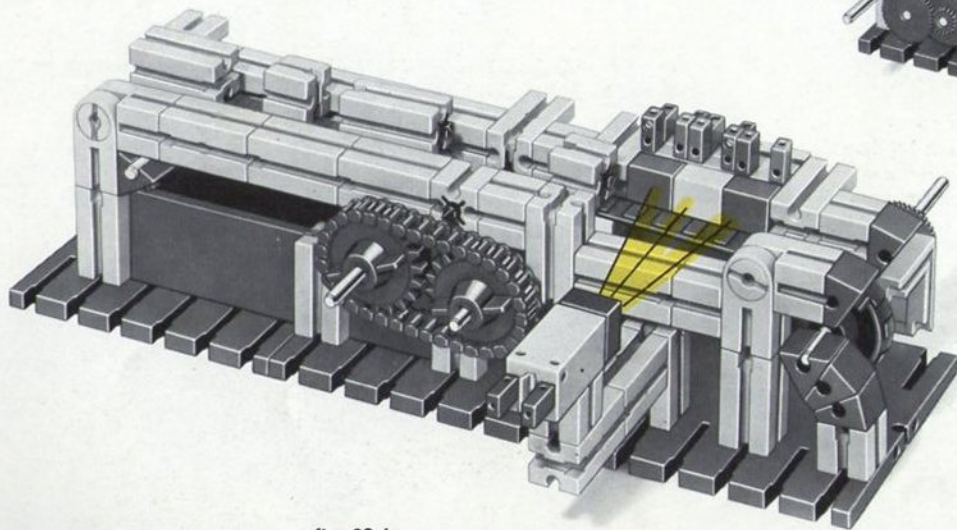


fig. 63.1

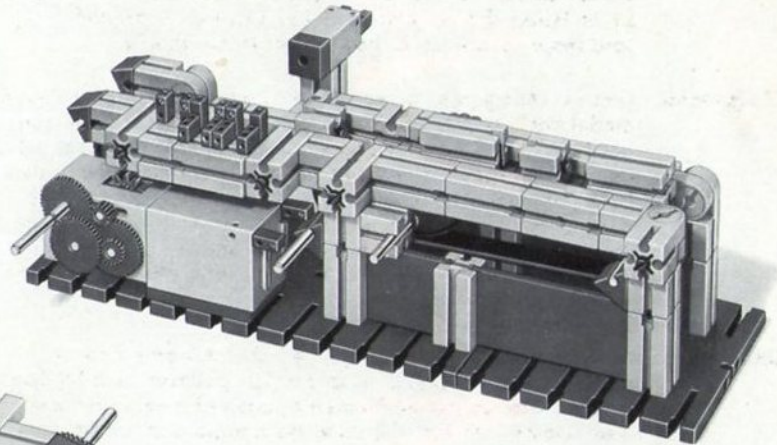


fig. 63.2 achteraanzicht

# Signaalversterker

Wie niet geïnteresseerd is in de werking van de EI-bouwsteen, kan dit hoofdstuk rustig overslaan. Wie zich echter met het principe vertrouwd wil maken, vergeet het eerstvolgende uur de proeven die we tot nu toe hebben genomen.

Het hart van de EI-bouwsteen is geen simpele versterker zoals in de relais bouwsteen, maar een zogeheten signaalversterker. Deze heeft twee ingangen, de bussen daarvan zijn gemerkt met  $E_1$  en  $E_2$ . Als symbool wordt een driehoek gebruikt met links twee lijntjes voor de ingangen en rechts, vanuit de top een lijntje voor de uitgang.

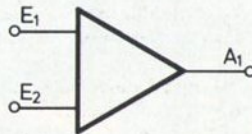


fig. 64.1

De invers uitgang  $A_2$  is ter vereenvoudiging weggelaten, daar dit aan het principe niets toe-of afdoet.

**Principe** Een wezenlijk kenmerk van deze versterker is: het oplichten van het signaallampje hangt af van de relatieve spanningsverhoudingen tussen beide ingangen. Zoals we weten, betekent het branden van het signaallampje dat het relais van de relais bouwsteen werkt. Wanneer nu de spanning tussen  $E_1$  en „-“ (ingang 1) kleiner is dan de spanning tussen  $E_2$  en „-“ (ingang 2), gaat het lampje branden en het relais dat over  $A_1$  en E is aangesloten, komt op.

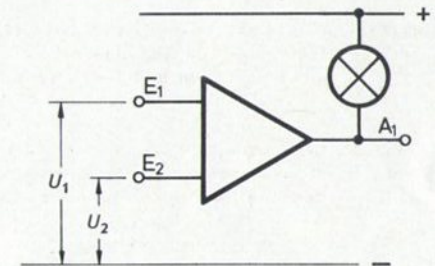


fig. 64.2

Is deingangsspanning  $U_1$  echter groter dan de spanning  $U_2$ , dan brandt het lampje niet en vloeit er door het relais geen stroom.

We kunnen dit als volgt nagaan. De beideingangsspanningen  $U_1$  en  $U_2$  verkrijgen we met een spanningsdeler die op de + en - leidingen wordt aangesloten.

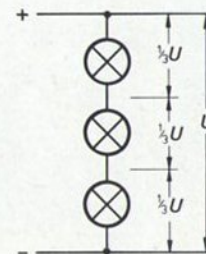


fig. 64.3

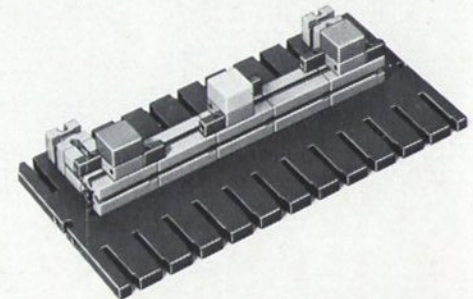


fig. 64.4



De spanningsdeler Hoe werkt deze? Een spanningsdeler is een serieschakeling van tenminste twee weerstanden. Voor onze spanningsdeler schakelen we drie lampen in serie. De uiteinden van de deler verbinden we met de plus- en minpool van de gelijkrichter bouwsteen.

De stroomsterkte is door de hele keten gelijk, terwijl ook de weerstand van elke lamp ongeveer even groot is. Op de bussen van elke lamp zal daarom  $1/3$  van de spanning staan die in totaal tussen + en - heerst.

Met de Wet van Ohm is dit gemakkelijk uit te rekenen. Als de weerstanden niet even groot zijn, dan staat op de bussen van de lamp met de grootste weerstand ook de grootste spanning. Evenzo vinden we bij de lamp met de laagste weerstand ook de kleinste deelspanning. Wie een voltmeter heeft, kan zich daarvan zelf overtuigen.

De spanningen  $U_1$  en  $U_2$  voor de ingangen  $E_1$  en  $E_2$  zijn met een dergelijke spanningsdeler te verkrijgen. Nu is voor ingang  $E_2$

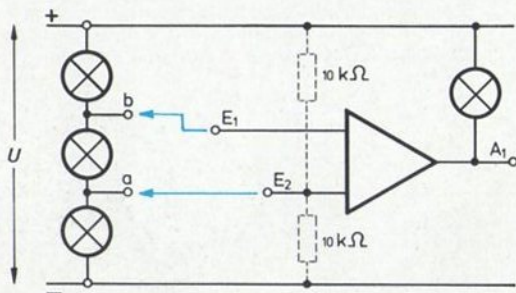


fig. 65.1

al een spanningsdeler in de bouwsteen opgenomen. Deze bestaat uit twee weerstanden van elk 10 kilo-ohm. De lampen hebben elk een weerstand van ongeveer 100 ohm.

Onze externe (van buitenaf geschakelde) spanningsdeler is in verhouding laag-ohmig. De ingebouwde spanningsdeler mogen we daarom voorlopig verwaarlozen (in het schakelschema is hij met streepjes getekend).

De draaiknop van de EI-bouwsteen zetten we op 10. De spanning tussen punt a en „-“ is kleiner dan die tussen punt b en „-“. Verbinden we b met  $E_1$  en a met  $E_2$ , dan zal het signaallampje niet branden. Hetgeen ook het geval zal zijn als we in plaats van punt b, de „+“leiding direkt op  $E_1$  aansluiten. Omgekeerd zal het lampje oplichten als we  $E_1$  met de „-“ verbinden.

Sluit nu het punt  $E_2$  niet op a, maar op punt b aan. Met welk punt moet  $E_1$  dan worden verbonden om het signaallampje te doen branden? En op welk punt zal dat zeker niet gebeuren?

Slot-beschouwing De technicus zegt dat bij onze spanningsdeler het punt a negatiever is dan punt b. Omgekeerd is punt b positiever dan punt a. Daarbij past de formulering: als  $E_1$  negatiever is dan  $E_2$ , dan brandt het signaallampje en is  $A_1$  met „-“ verbonden.

Probeer nu een spanningsdeler met 5 gloeilampen te maken en herhaal het experiment.

De spanningstrappen zijn dan ongeveer 2 V. Ook nu vinden we dat  $A_1$  met „-“ verbonden is als  $E_1$  negatiever is dan  $E_2$ .

Voor de ingang  $E_2$  gebruiken we thans alleen de ingebouwde spanningsdeler. Hiervoor moeten we de kabel uit bus  $E_2$

De beide weerstanden van de ingebouwde spanningsdeler zijn even groot, de spanning tussen  $E_2$  en „-“ zal dan ook ongeveer de helft zijn van die tussen „+“ en „-“ ofwel  $\pm 4,5$  V. We kunnen dit controleren door op  $E_1$  eerst een lagere en dan een hogere spanning dan  $4,5$  V aan te sluiten (voor de volgende proef is de spanningsdeler met 5 lampen eveneens nodig). De versterker is

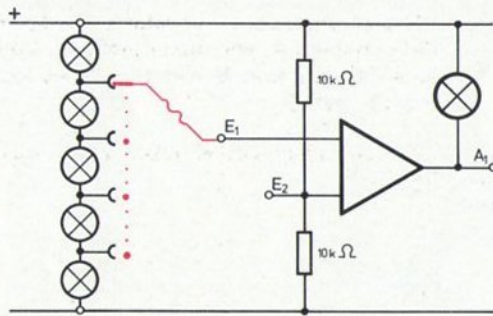


fig. 66.1

gevoelig voor veel kleinere spanningsverschillen dan de  $2$  V die we met de vijf lampen kunnen verkrijgen. Om dat aan te tonen, maken we een spanningsdeler waarmee we de spanning in zeer kleine stukjes kunnen aftappen. Als weerstand nemen we de aandrijfveer 270 van hobby 2. De bevestiging en de aansluiting op de „+“ en de „-“ bussen blijkt uit de foto.

Met de stekker van de kabel naar  $E_1$  kunnen we nu elke gewenste spanning aftakken. U kunt daarbij vaststellen dat op de juiste plaats een verschuiving van  $1$  mm voldoende is om het lampje te doen oplichten resp. uit te doven.

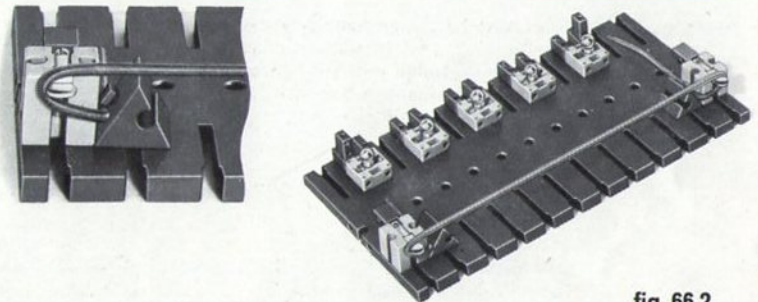


fig. 66.2

Voor onze besturingsschakelingen beschikken we in de eerste plaats niet over verschillende hoge spanningen. Een fotoweerstand b. v. verandert bij sterke belichting alleen de waarde van zijn weerstand. Schakelen we de fotoweerstand in serie met een andere weerstand, die konstant blijft, dan verandert de verhouding tussen de deelspanningen. In fig. 66.3 wordt dit met een extreem voorbeeld toegelicht. De in het schakelschema getekende weerstand van  $25$  K-ohm, is ingebouwd. Hij is verstelbaar van  $25$  K-ohm tot  $220$  ohm (positie 10 resp. 1 van de draaiknop).

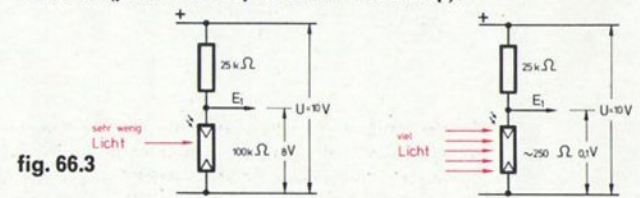


fig. 66.3



**Spanningsdeler met variable weerstand**

Deze variabele weerstand ligt tussen  $E_1$  en bus 7 en daarmee tussen  $E_1$  en „+“ wanneer we bus 7 met een brug (een kabeltje) hebben verbonden met bus 9. De spanningsdeler voor ingang  $E_1$  is echter pas compleet als we tussen  $E_1$  en „-“ (resp. bus 3) een andere weerstand, b. v. een fotoweerstand schakelen.

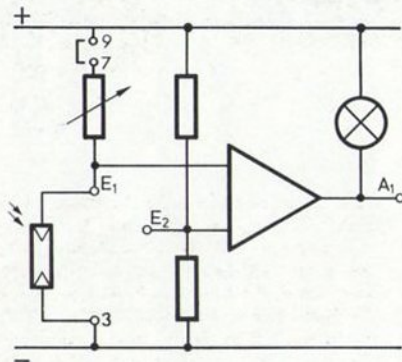


fig. 67.1

Al naar gelang de weerstand van de fotoweerstand (afhankelijk van de belichting) kleiner of groter is dan de met de draaiknop ingestelde weerstandswaarde, zal het punt  $E_1$  ten opzichte van punt  $E_2$  negatiever of positiever zijn. In het eerste geval gaat het signaallampje branden, in het tweede geval niet. Dit geldt natuurlijk alleen omdat de beide weerstanden voor de spanningsdeler van  $E_2$  even groot zijn.

Eén toestand hebben we nog niet besproken: stel dat  $E_1$  in het geheel niet wordt aangesloten. Al naar de isolatieweerstand zal bij alle apparaten sneller of langzamer de toestand bereikt worden die overeenkomt met  $E_1$  aangesloten op „+“. Het signaallampje brandt dus niet.

**Uitgangen**

We weten nu: als  $E_1$  negatiever is dan  $E_2$ , dan is in de EI-bouwsteen  $A_1$  verbonden met „-“. De bus  $A_2$  daarentegen is in dit geval praktisch met „+“ verbonden. Het lampje brandt daarbij.

**Symbol voor de loop van het signaal**

Onze signaalversterker tekenen we voortaan volgens fig. 67.2.

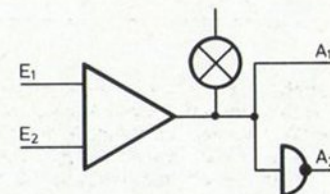


fig. 67.2

De inverse uitgang heeft een apart symbool, waarbij de dikke punt het teken is voor de omkering van een signaal.

## Ponsbandlezer

Een ponsband is een lange strook van papier, dun metaal of een kunststof. Hierin worden gaatjes geponst. Deze gaatjes zitten in kolommen boven elkaar en door verschillende combinaties te maken kan men cijfers, letters en andere tekens of een besturingsprogramma in de ponsband vastleggen. In een ponsbandlezer wordt de band tussen een lamp en één of meer fotoweerstanden gevoerd.

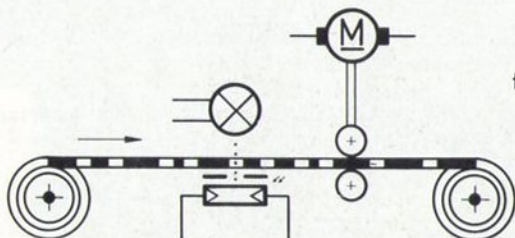


fig. 68.1

Het licht dat door de gaatjes valt verandert de weerstand van de fotoweerstanden. In verbinding met een besturingsapparaat kan men op deze wijze lampen en machines besturen.

Fig. 68.1 brengt een en ander in beeld. De aftasting met het licht heeft het grote voordeel dat deze zonder wrijvingscontacten geschiedt. Ze wordt daarom graag toegepast wanneer een programma steeds opnieuw moet worden afgewerkt. Deze leesmethode met licht en fotoweerstanden is beslist noodzakelijk als de band zeer snel door de lezer moet. In dat geval zouden elektro-mechanische contacten (b. v. met metalen stiftjes) het gevaar opleveren dat de band blijft steken.

Het model Een model van een dergelijke lezer is niet zo moeilijk te bouwen. De band dient 29 mm breed te zijn en van een materiaal dat geen of zeer weinig licht doorlaat. (b. v. dun karton). De gaten kunnen we met een gewone perforator maken. Als u kans ziet een band van kleinere gaatjes te voorzien, dan moeten ook de openingen van de stoorlichtkappen kleiner gemaakt worden. Hetgeen te doen is met plakband.

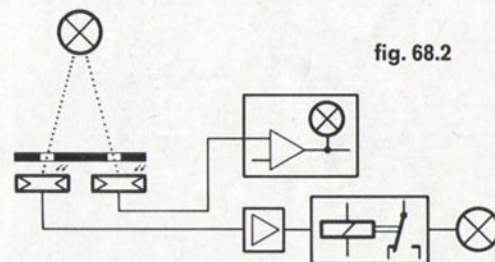
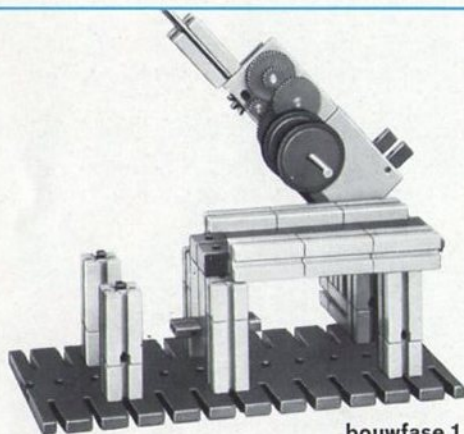


fig. 68.2

Allereerst maken we een lezer met twee fotoweerstanden. Elke cel schakelt zijn eigen versterker.

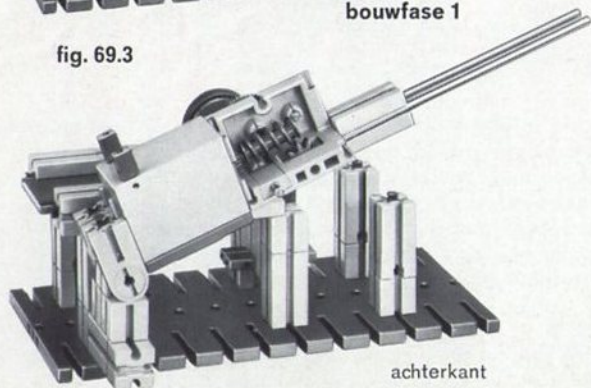
In fig. 68.2 is alleen de loop der signalen getekend. Het bedradingsschema vindt u op pagina 70. De ene fotoweerstand schakelen we op de EI-bouwsteen (E<sub>1</sub> en 3). Na het aanbrengen van de brug tussen 7-9 wordt daarmee het signaallampje van de EI-bouwsteen bestuurd. Het mag alleen oplichten als een gaatje zich precies boven de opening van de stoorlichtkap bevindt. De gevoeligheid van de fotoweerstand kunnen we daarvoor met de draaiknop afstellen.





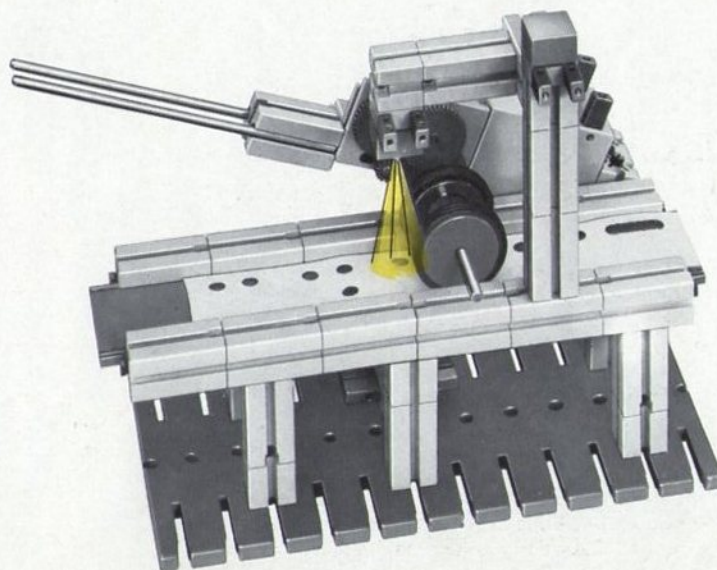
**bouwfase 1**

**fig. 69.3**

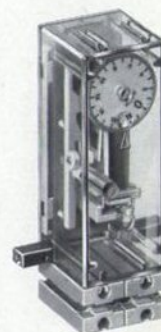


**achterkant**

**fig. 69.2**



**fig. 69.1**



**fig. 69.4**

**ft-element  
em 6**

De tweede fotoweerstand bestuurt de relais bouwsteen en een lampje dat via het kontakt  $a_1-a_3$  op de voedingsron is aangesloten. (Als de band niet geheel ondoorzichtig is, dan plakken we de opening van de stoorlichtkap af om een kleiner gat te krijgen.)

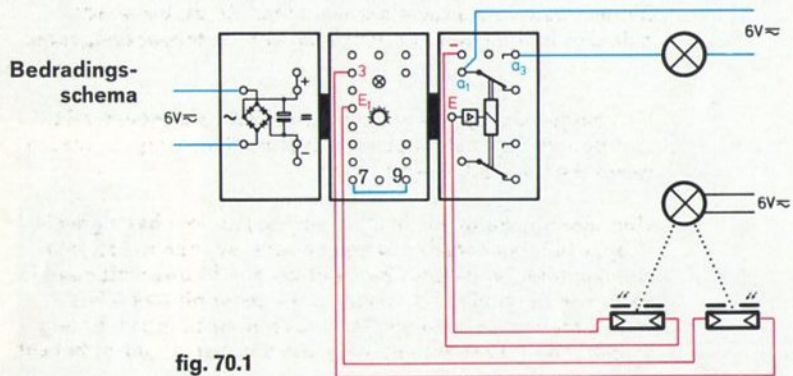


fig. 70.1

Voor de instelling schuiven we de ponsband met de hand door. Beide besturingseenheden (EI-bouwsteen en relais bouwsteen) zijn bij deze schakeling niet van elkaar afhankelijk. Het enige wat zij gemeen hebben, is de stroombron: de gelijkrichter bouwsteen.

Wanneer de schakeling werkt, dan maken we een langere ponsband met 2 aparte rijen gaatjes. Deze kunnen we met een motor door de lezer voeren.

We gaan de schakeling zo ombouwen, dat we alleen met de EI-bouwsteen en de gelijkrichter bouwsteen werken.

De 2 fotoweerstanden worden eerst parallel geschakeld (bij de volgende proef doen we dat in serie).

Parallel-schakeling

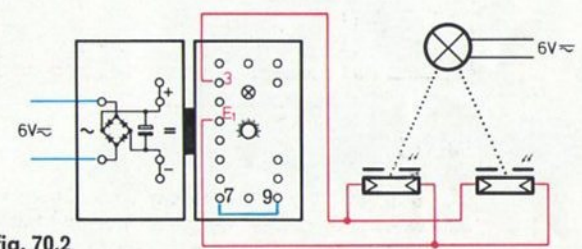


fig. 70.2

Beide fotoweerstanden moeten voorzien zijn van stoorlichtkappen met gelijke opening. We voeren de band in en zorgen er voor dat één fotoweerstand wordt belicht. De draaiknop van de EI-bouwsteen wordt zo ingesteld dat het signaallampje net oplicht. Daarna controleren we of het lampje ook gaat branden als de andere fotoweerstand wordt belicht.

Vraag: zal het lampje ook gaan branden wanneer beide fotoweerstanden tegelijk licht ontvangen? Probeer eerst het antwoord te vinden en neem pas daarna de proef op de som.



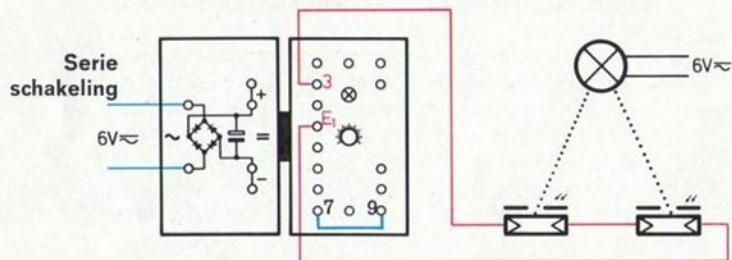


fig. 71.1

De volgende stap is het in serie schakelen van de beide fotoweerstanden. We nemen nu een dubbele ponsing in de band, zodat beide fotoweerstanden tegelijk worden belicht. De draaiknop stellen we weer zo af dat het lampje brandt. Wat zal er nu gebeuren als we de band verschuiven en nog maar één fotoweerstand belicht wordt?

Met deze methode is precies vast te stellen op hoeveel plaatsen in de ponsband twee gaten exact naast elkaar liggen.

We verplaatsen een fotoweerstand over een afstand van 15 mm (de breedte van een bouwsteen) in de looprichting. Nu kunnen we alle plaatsen op de band vinden waar een ponsgat in de ene rij precies 15 mm verschoven ligt ten opzichte van een ponsing in de andere rij. Het zal duidelijk zijn dat we op deze wijze elke verschuiving kunnen

opsporen van de linker- en de rechtergaten ten opzichte van elkaar.

We kunnen ons model nog verder uitbreiden. Via de relais bouwsteen schakelen we een telwerk in dat bijhoudt hoe vaak een bepaalde combinatie in de band voorkomt. Bedenk zelf een schakeling waardoor de motor wordt stilgezet bij gelijktijdige belichting van de fotoweerstanden.

Een elegantere methode om tekens vast te leggen, werkt met doorzichtig materiaal waarop punten en strepen worden gezet die het licht tegenhouden.

Hoe moeten we de schakeling veranderen om het signaallampje te laten branden wanneer twee stippen beide fotoweerstanden afdekken. Wanneer de twee fotoweerstanden in serie zijn geschakeld, dan mag het lampje bij een juiste afstelling van de gevoeligheid, niet gaan branden zolang slechts één fotoweerstand (of geen van beide) wordt belicht.

De motor schakelen we met de relaisbouwsteen over het contact  $a_1$ - $a_2$  aan de voedingsbron. Vergeet daarbij niet de verbinding  $A_1$ -E.

Wanneer 2 stippen tot gevolg moeten hebben dat een signaallamp gaat branden, dan nemen we daarvoor een normale lamp die over  $b_1$ - $b_2$  met de voedingsbron wordt verbonden. De 2 fotoweerstanden moeten parallel worden geschakeld.



## Versterking van het signaal

Hoe versterken de EI-bouwsteen en de relais bouwsteen nu precies een signaal? We kunnen dat met de volgende proeven onderzoeken.

We doen dat aan de hand van de drie schakelingen die in fig. 72.1 zijn afgebeeld. Op pagina 73 staan de verschillende bedradingsschema's.

De controlelampjes zijn voor een beter overzicht niet getekend. Voor elke schakeling sluiten we een controlelamp op de trafo aan via een maakcontact van het relais. De lamp gaat branden als het relais opkomt.

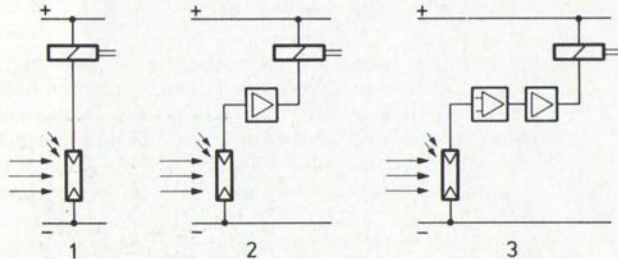


fig. 72.1

**Relais hobby 3** Schakeling 1 bestaat uit het relais van hobby 3, dat direct in serie met de fotoweerstand wordt geschakeld. Het relais trekt aan als de lamp heel dichtbij de fotoweerstand wordt gebracht. Desnoods wordt ook de stoorlichtkap (opening 4 mm) weggenomen. Het relais valt pas af als

de lamp op een ongeveer tweemaal zo grote afstand wordt gebracht. De gevonden waarden noteren we in de tabel op pagina 74.

**Relais bouwsteen** Schakeling 2 bestaat uit de fotoweerstand die op de ingang van de relais bouwsteen is geschakeld. De afstand waarbij het relais omslaat is nu veel groter. (Voor de specialisten: de exacte versterkingsfactor is niet af te leiden met de verhouding van de beide belichtingssterktes, oftewel de verhouding van de kwadraten der afstanden.

De verhouding van de afstanden voor het afvallen en opkomen van het relais, is door de versterker gunstiger geworden. Voor het eenvoudige relais lag die rond 2:1, bij de relais bouwsteen wordt wellicht 1,5:1 verkregen.

**EI-bouwsteen met relais bouwsteen** In schakeling 3 wordt de fotoweerstand op de ingang van de EI-bouwsteen aangesloten. Tevens moet de verbinding A<sub>1</sub> naar E worden gemaakt, zodat het omslaan van het relais is waar te nemen. De tabel op pagina 74 geeft de standen van de draaiknop waarvoor de metingen verricht dienen te worden.



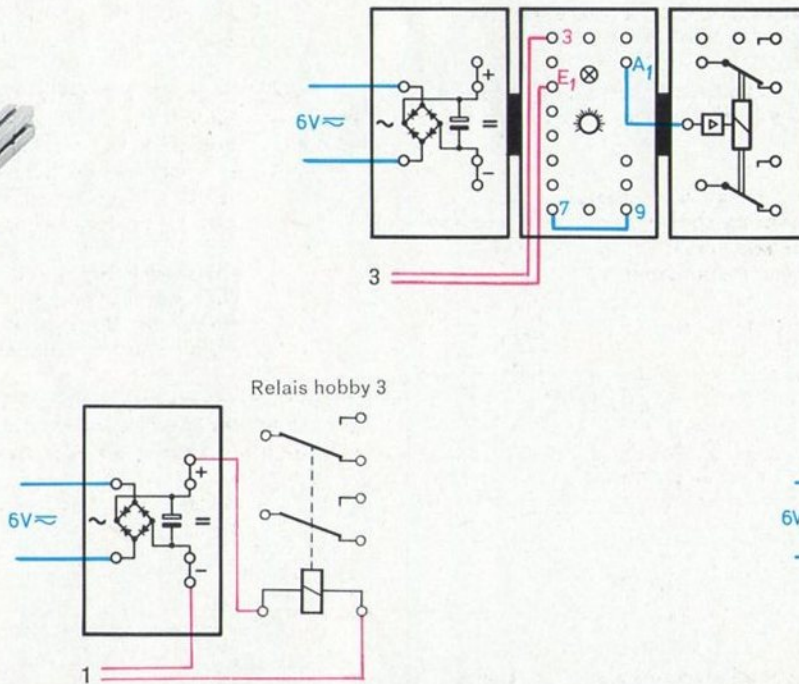
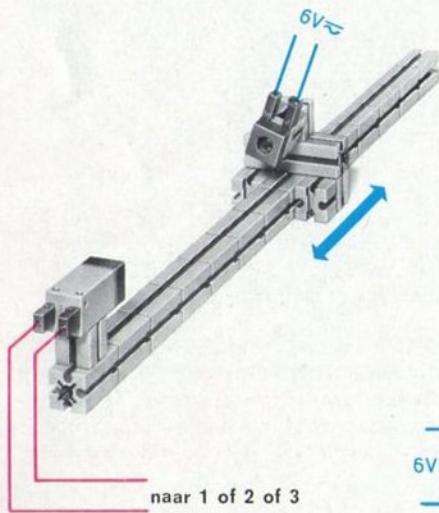


fig. 73.1

## Grenswaarde schakelaar

Uit de resultaten blijkt, dat we met de draaiknop de reactiegevoeligheid van de versterker in de EI-bouwsteen over een groot afstandsbereik zeer fijn kunnen afstellen. Bijzonder gunstig ligt de verhouding tussen de afstanden waarbij het relais opkomt en afvalt. In een van de volgende hoofdstukken zullen we zien hoe we deze waarde bij de EI-bouwsteen kunnen beïnvloeden.

schakeling		opkomen afstand in mm	afvallen afstand in mm	verhouding $\frac{\text{opkomen}}{\text{afvallen}}$
relais				
relais bouwsteen				
EI-bouwsteen posities	1			
	3			
	5			
	7			
	10			

fig. 74.1

Bij de laatste proef is gebleken hoe groot het verschil in afstand voor elke schakeling moet zijn om de signaallamp te laten branden en uit te doven. Het kleinst is dit verschil voor de EI-bouwsteen. Alleen voor de schakeling met de EI-bouwsteen geldt dat zodra de belichting van de foto-weerstand onder een zeer bepaalde waarde komt, de signaallamp uitgaat. Maar zodra deze grenswaarde ook maar iets overschreden wordt, dan licht het signaallampje op (en worden de uitgangen  $A_1$  en  $A_2$  omgeschakeld).

Een schakeling met een dergelijke schakelverhouding noemt men een grenswaarde schakelaar. We zien hieruit dat het niet noodzakelijk is dat een schakelaar mechanische kontakten heeft. De grenswaarde schakelaar wordt ook wel drempelwaarde schakelaar genoemd.

Bij onze grenswaarde schakelaar is de grens waarbij wordt omgeschakeld met de draaiknop binnen een groot bereik af te stellen.



fig. 74.2

De beide andere schakelaars werken met 2 grenzen, namelijk resp. voor het in- en het uit-schakelen.



### Werkwijze

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven over hoe de signaalversterker als grenswaarde schakelaar werkt. Een kleine verandering in de belichting van de fotoweerstand is voldoende voor het omschakelen van de uitgangen en het signaallampje.

De tweede ingang hebben we steeds „vastgehouden“, dat wil zeggen op de bus E<sub>2</sub> hebben we van buitenaf niets aangesloten. Op E<sub>2</sub> is dan ook al die tijd niets veranderd.

Op de eerste ingang hebben we de onderste deelspanning (gezien vanuit de tekening) van een spanningsdeler gezet. Deze spanning noemen we U<sub>1</sub> en hij zal veranderen wanneer we de bovenste, de onderste of beide weerstanden veranderen. Zie fig. 75.1.

Maken we in de bovenstaande schakeling de bovenste weerstand kleiner (met de draaiknop, vandaar de pijl in het symbool), dan wordt het punt E<sub>1</sub> „positiever“. Omgekeerd als we de bovenste weerstand groter maken – door de draaiknop naar rechts te draaien in de richting 10 – dan wordt het punt E<sub>1</sub> negatiever.

Precies het tegenovergestelde gebeurt als de weerstandswaarde van de onderste weerstand wordt veranderd. Punt E<sub>1</sub> wordt positiever als de weerstand groter wordt en negatiever als de weerstand daalt.

Voor het besturen van de versterker nemen we voor de onderste weerstand natuurlijk geen weerstand met een vaste waarde. We gebruiken daarvoor een element waarvan de weerstand verandert onder inwerking van licht, warmte of een andere natuurkundige grootte.



Het omschakelpunt is het punt waarop het signaallampje oplicht, resp. uitgaat.

Door de draaiknop zeer krap boven of onder het omschakelpunt af te stellen, kan men met precisie metingen berekenen dat een

verandering van 2% in de weerstandsgrootte van de aangesloten fotoweerstand, voldoende is om het signaallampje en de uitgang van de versterker om te schakelen. (Dit komt overeen met een spanningswijziging van 1% op de ingang E<sub>1</sub>). De signaalversterker geeft dus een zeer grote versterking van het spanningsverschil tussen E<sub>1</sub> en E<sub>2</sub>.

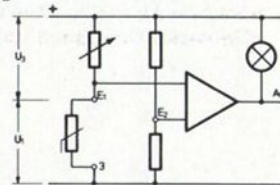


fig. 75.1

De fotoweerstand is ook parallel te schakelen met een van de drie andere weerstanden van de twee spanningsdelers. Daarvoor moeten we echter een vaste weerstand, b. v. de 22 k-ohm uit de hobby 4 schakelen tussen bus E<sub>1</sub> en bus 3 (of „-“).

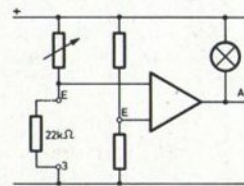
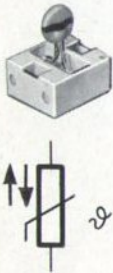


fig. 75.2

Probeer ook 2 fotoweerstanden te schakelen. De ene b. v. tussen E<sub>1</sub> en „-“ en de andere tussen E<sub>1</sub> en „+“. Deze en vele andere mogelijkheden met de signaalversterker worden in boek 4-2 beschreven.

## Temperatuurwaker met warmteweerstand



In plaats van een fotoweerstand gebruiken we nu een zgn. warmte-weerstand. De naam zegt het al, de weerstand van dit element hangt af van de temperatuur. Als de weerstand warm is, wordt de elektrische stroom beter geleid dan in koude toestand. Hoe warmer, hoe lager de waarde van de weerstand (gemeten in ohm). In verbinding met een signaalversterker mogen we – vereenvoudigt voorgesteld – zeggen dat de warmteweerstand als hij warm is werkt als een gesloten schakelaar en in koude toestand als een open schakelaar.

De warmtegeleider dient in ons eerste voorbeeld als temperatuursensor om de EI-bouwsteen te besturen. We bouwen daartoe de schakeling van fig. 76.1, deze werkt als grenswaarde schakelaar.

We draaien na het in werking stellen van de schakeling, de draaiknop langzaam van 1 naar 10. Ergens, b. v. op 4, licht het signaallampje op. We stellen de draaiknop nu zo af dat het lampje precies uit is. Verwarmen we nu met de hand de weerstand, dan licht het lampje plotseling op. Bij afkoeling – door de hand weg te halen – dooft het lampje.

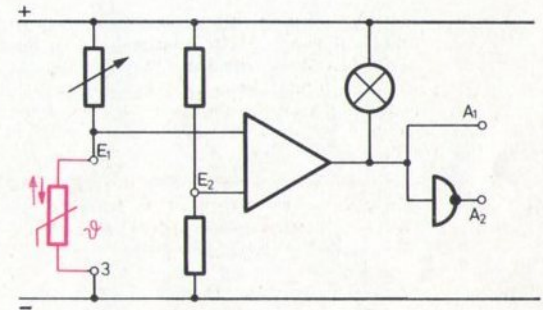


fig. 76.1

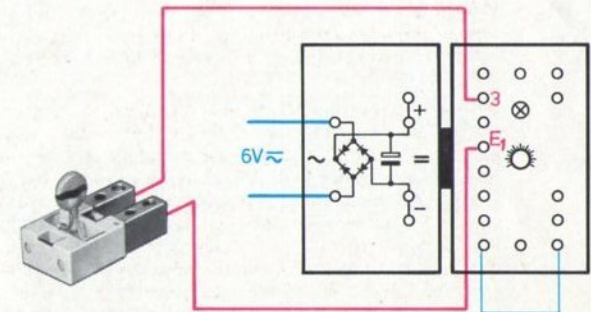


fig. 76.2



Het besturingsresultaat van de warmte-weerstand komt overeen met dat van de fotoweerstand. In de koude stand zijn er relatief weinig vrije ladingen voor de elektrische stroom aanwezig. Bij verwarming komen er ladingen vrij, zodat bij een even hoge spanning meer stroom gaat vloeien. Anders gezegd, de warmte-weerstand geleidt beter.

De elektrische weerstand is dus afhankelijk van de temperatuur. De weerstand neemt met de stijgende temperatuur af. Daarom is er nog een andere naam: de NTC-weerstand (Negatieve Temperatuur Coëfficiënt).

Helaas is de weerstandsverandering relatief klein, maar 3 tot 4% per 1° temperatuurswijziging. De eigenschappen zijn dan ook niet zo gemakkelijk aan te tonen als bij de fotoweerstand.

De werking van de proefschakeling bewijst de theorie over de NTC-weerstand. Het punt  $E_1$  ligt in het midden van de spanningsdeler, die uit de instelbare weerstand (met de draaiknop) en de NTC-weerstand bestaat. Als de bovenste weerstand zo ingesteld is dat het lampje net niet brandt, dan is de waarde van deze weerstand precies iets kleiner dan die van de NTC-weerstand. Verwarmen we deze, dan daalt z'n weerstand en wordt die lager dan van de bovenste.  $E_1$  wordt negatiever en het lampje gaat branden. Bij afkoeling stijgt de weerstand weer en wordt  $E_1$  positiever dan  $E_2$  met als gevolg dat het lampje dooft.

U kunt zelf gemakkelijk alarmschakelingen en besturingsschakelingen bouwen die op temperatuursveranderingen reageren.

## Oplossing van vraagstukken

pag. 49

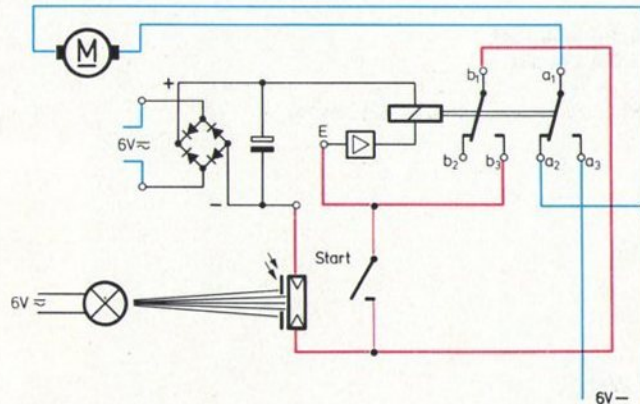


fig. 78.1

We passen hier een schakeling toe met automatische blokkering van het relais. Schakeling 1 op pagina 47 is de juiste, omdat daarin de motor alleen met de startknop is

aan te zetten wanneer de lichtbundel niet wordt onderbroken.

Schakeling 2 is niet geschikt omdat de motor met de startknop kan worden aangezet ook wanneer de lichtbundel is onderbroken.



## Technische gegevens van de bouwstenen

**Gelijkrichter bouwsteen:** nominale spanning: 7 V ~  
maximale spanning: 9 V ~ of 13 V –  
maximale stroomafname: 800 mA  
(inclusief de belasting door de EI-bouwsteen)  
ingebouwde condensator: 2200  $\mu$ F/15 V

lens nr. 1    f = 3,5 cm  
lens nr. 2    f = 7 cm

**Relais bouwsteen:** maximale belasting van de relaiscontacten: 25 V  $\sim$ /0,7 A inductief  
1,0 A Ohmig  
tijd waarin het relais opkomt:  $\leq$  6 ms  
(milliseconde = eenduizendste seconde)  
tijd waarin het relais afvalt  $\leq$  13 ms  
minimale bedrijfsspanning: 5 V  
stroomafname uit de gelijkrichterbouwsteen  $\leq$  70 mA  
maximale besturingsstroom (E met „–“ verbonden) 3 mA  
levensduur (aantal schakeloplussen)  $2 \cdot 10^6$

**EI-bouwsteen:** uitgangen maximaal belastbaar 20 mA  
signaallampje 6 V 20 mA

**Foto-elektrische cel:** belastbaar: max. 0,2 Watt  
R bij 10 lux ca 8 k $\Omega$   
R bij 100 lux ca 1 k $\Omega$   
R bij 1000 lux ca 0,1 k $\Omega$

**NTC-weerstand:** kleurmerk: rood, zwart, rood  
nominale weerstand bij 20 ° C is 2 k $\Omega$   
Temperatuurcoëfficiënt: 4,6% per graad C  
maximaal toelaatbare temperatuur: +100 ° C

**Mikrofoon-luidspreker bouwsteen:** kristal 200–7000 Hz  
1400 pF

## Overzicht hobbyboeken De volgende delen zijn leverbaar of in voorbereiding

Deel	voor hobby		inhoud
1-1	1	werkuigbouw I	krachten – hefboom – balans – katrol – lier – blokkeren – schakelmechanisme – tandwielaandrijving – drijfriemen – hijswerktuigen
1-2	1	besturingen I	remmen – energieopslag – uurwerken – transportapparatuur – turbines – niet eenparige overbrenging
1-3	1+S	statika I	krachten – evenwicht – vrijheidsgraden – ondersteunen van lichamen – zwaartepunt – hefbrug, draaibrug en basculebrug
1-5	1+S	statika II	stabiliteit – onderstel – vakwerk – balkbrug – boogbrug – hangbrug – torens en masten – kabelkraan
2-1	1+2	werkuigbouw II	met motoren aangedreven machines – tandwielaandrijving – kettingaandrijving – motorvermogen – aanpassen van het toerental – mechanische besturingen – eenvoudige gereedschapswerktuigen – transportbanden
2-2	1+2	werkuigbouw III	vaste, beweegbare en scharnierende koppelingen – schakelkoppelingen – vrijloop – klinkmachine – liften – telwerken
2-4	1+2+S	hijswerktuigen I	historische kranen – armkraan – draaibare kraan – brugkraan – verplaatsbare kraan – drijvende kraan
3-1	1+2+3	elektrische basisschakelingen	schakelapparatuur – magnetisme – elektromagnetisme – thermobimetaal – relais – relaischakelingen – programmadrager
3-2	1+2+S+3	elektrische besturing en logische basisschakelingen	tuimelrelais – polair relais – flipflop – beveiligingsschakelaar – besturing van een tablettenpers, boorautomaat, portaalkraan – logische schakelingen
4-1	1+2+3+4	principes van de besturing met elektronika bouwstenen	besturingsschakelingen – lichtstraalonderbrekers – alarminstallaties – beveiliging van mens en machine – signaalversterker – temperatuurcontroler
4-2	1+2+3+4	elektronisch bestuurd machines en installaties I	automatiseren met lichtstraalonderbrekers – vasthouden van impulsen – besturing met geluid – min/max regeling – vertragingsschakeling – pulsgever – toongenerator
4-3	1+2+3+4+ elektronika bouwstenen	elektronisch bestuurd machines en installaties II	pulsgevers gestuurd met licht, warmte of geluid – digitale tijdmeting – automatisch positioneren – signaaldefinities – codes – flipflop – monoflop
4-4	1+2+3+4+ elektronika bouwstenen	elektronisch bestuurd machines en installaties III	besturing van transportbanden – OR/NOR – AND/NAND – ruitenwissers – verkeerslicht – dyn. AND – telinstallatie



