

PHILIPS

# ELECTRONIC



PHILIPS  
EXPERIMENTIER-  
TECHNIK

NL

6102/6103

Kennismaking  
met de elektronica

**Elektronica basis-lab**

Doos B

**Elektronische Experimenten**

Doos C

**Elektronische schakelingen**

Doos A → B

<b>ELEKTRONICA SCHAKELINGEN</b> Aanvullingsdoos $C \rightarrow D$			
<b>ELEKTRONICA SCHAKELINGEN</b> Aanvullingsdoos $B \rightarrow C$			
<b>ELEKTRONICA SCHAKELINGEN</b> Aanvullingsdoos $A \rightarrow B$	<b>ELEKTRONICA BASIS EXPERIMENTEN</b> Basisdoos B	<b>ELEKTRONICA EXPERIMENTEN</b> Basisdoos C	<b>ELEKTRONICA SCHAKELINGEN EN EXPERIMENTEN</b> Basisdoos D
<b>EENVOUDIGE KENNISMAKING MET DE ELEKTRONICA</b> Basisdoos A			

NEDERLANDSE PHILIPS BEDRIJVEN B.V., EINDHOVEN 1985

Alle in deze publikatie opgenomen gegevens zijn medegedeeld zonder octrooigarantie van de NEDERLANDSE PHILIPS BEDRIJVEN B.V. te EINDHOVEN.

Alle rechten voorbehouden. Nadruk, ook gedeeltelijk, verboden.

Technische wijzigingen voorbehouden  
Uitgave 1985



# **INLEIDING TOT DE ELEKTRONICA**

## **HANDLEIDING VOOR DE EXPERIMENTEERDOZEN**

**BASISDOOS B**

**BASISDOOS C**

**AANVULLINGSDOOS A → B**



## Inhoudsopgave

Experi- menten	blad- (blad- zijde zijde)	Experi- menten	blad- (blad- zijde zijde)
Inhoudsopgave	2	18 B Tijdschakelaar	29 (119)
Inleiding	4	Trappenhuisverlichting	
Onderdelen van de experimenteerdozen	5	19 B Instelbare tijdschakelaar	29 (119)
<b>Vorbereidingen</b>		20 B Wateroverlastbeveiliging	29 (120)
Het chassis	6	Hoogwaterstand	
Onderdelen van het chassis	7	21 B Wateroverlastbeveiliging met waarschuwings- signaal	30 (120)
Onderdelen van het experimenteerpaneel	8	22 B Regelbaar knipperlicht	31 (121)
Vorbereidingen voor de bouw	10	Beveiliging	
Het monteren van de onderdelen op de montageplaat	13	23 B Ruisgenerator	31 (121)
<b>Experiment en werkelijkheid</b>		Regensimulator	
1 B Morse-oefentoestel	16 (110)	24 B Middengolf-radio-ontvanger	32 (122)
Fluittonen uit de ether		Radiogolven uit de ether	
2 B Morse-oefentoestel met regelbare sterkte	17 (110)	25 B Middengolf reflex-radio-ontvanger	33 (123)
3 B Morse-oefentoestel met aanraakschakelaar (sensor)	17 (110)	26 B Beveiliging van wegomleggingen	34 (124)
4 B Alarmapparaat	18 (111)	Waarschuwing voor verkeersdeelnemers	
Inbraakalarm		27 B Dimmer	34 (124)
5 B Onderbrekingstester	19 (112)	Tussen licht en donker	
Onderdelentester		28 B Lichtschakelaar	35 (125)
6 B Variabele toongenerator	20 (112)	29 B Alarmapparaat met vertraging	36 (125)
Gehoortest		Op de plaatsen, klaar, af!	
7 B Tweektonige hoorn	20 (113)	30 B Belichtingsmeter	36 (126)
Waarschuwingssignaal		Licht is niet altijd licht genoeg	
8 B Automatische tweektonige hoorn	21 (113)	31 B Waarschuwingssapparaat voor licht	37 (126)
9 B Sirene	22 (114)	Let op het fotopapier	
Testalarm		32 B Waarschuwingssapparaat voor licht met geluid	38 (127)
10 B Toongenerator	23 (114)	33 B Instelbaar waarschuwingssapparaat voor licht	38 (127)
Vogelfluit imitatie		34 B Transistortester	39 (128)
11 B Metronoom	24 (115)	35 B Microfoonversterker	39 (128)
Een hulp bij het maat houden		36 B Versterker voor platenspeler	40 (129)
12 B Knipperlicht	24 (115)	37 B Versterker	40 (129)
Een richtingaanwijzer		38 B Ingangsniveau controle lichtorgel	40 (129)
13 B Alarmapparaat met handschakeling	25 (116)	Goed muziek opnemen	
Hulp voor de politie		39 B Lichtverschil met geluid hoorbaar	41 (130)
14 C Vorstmelder	26 (117)	Ook de zon kan fluiten	
Bevriezingsgevaar		40 B Elektronische tijdmet	42 (130)
15 C Vorstmelder met waarschuwingssignaal	27 (118)	Schakers in tijdnood	
16 C Een temperatuurwaarschuwingssapparaat	27 (118)	41 B Applaus-schakelaar	43 (131)
Te hoge temperatuur schaaft		Licht aanklappen	
17 C Temperatuurmelder met waarschuwingssignaal	28 (119)	42 B Telefoongeluid	43 (131)
		Zoals bij de PTT	
		43 B Infrarood-schakeling	44 (132)
		Onzichtbare stralen	
		44 C Infrarood-ontvanger	45 (133)



Experi- menten	blad- (blad- zijde zijde)
45 C Infrarood-ontvanger met geluidssignaal	45 (133)
46 C Infrarood-zender en -ontvanger Geheime zender en ontvanger	45 (133)
47 C Infrarood-ontvanger	46 (134)
48 C Draadloos gestuurde tweetonige hoorn	47 (134)
49 C Elektronische thermometer Energie besparen, eenvoudige zaak	47 (135)
50 C Elektronische thermometer met waarschuwings- toon	48 (135)
51 C Afstandsbediening Met infrarood op afstand laten werken	49 (136)
52 C Ontvanger voor infrarood	49 (136)
53 C Ontvanger voor infrarood-afstandsbedieningen	50 (137)
54 C Gevoelige infrarood-ontvanger	50 (138)
55 C Infrarood-alarm Onzichtbaar beveiligd	51 (138)
56 C Infrarood alarmapparaat met handschakeling	52 (139)
57 C Infraroodlicht-slagboom Met infrarood water signaleren	52 (140)
58 C Op afstand bestuurd knipperlicht Met infrarood regelen	53 (141)
59 C Op afstand bestuurd dimmer	54 (142)
<b>Nu de elektronica</b>	
60 B Stroomkring	55
61 B Schakelaar	55
62 B Geleider – niet geleider	56
63 B Spanning	58
65 B Weerstand Wet van Ohm	59
68 B Serieschakeling	62
71 B Spanningsdeler	63
76 B Potentiometer	64
77 B Parallelschakeling	65
79 B Lichtafhankelijke weerstanden, LDR	66
80 C NTC Condensator	67
81 B Laadstroom	68
84 B Ontlaadstroom	69
87 B Serieschakeling	70
89 B Parallelschakeling	71
91 B Integratie	72
95 B Differentiatie-schakeling, Differentiator	72

Experi- menten	blad- (blad- zijde zijde)
98 B Transformator	74
100 B Luidspreker	75
101 B Halfgeleiders – dioden	77
102 B Doorlaatrichting	80
103 B Sperrichting	81
105 B Gelijkrichten	82
107 B Infrarooddiode Transistor Schakelaar – versterker	83
109 B Basis – emitter	84
111 B Basis – collector	85
113 B Emitter – collector	86
115 B Schakelfunctie	87
116 B Versterkerfunctie	89
117 B Werkpunt	90
118 B Emitterschakeling	90
119 B Collectorschakeling	91
120 B Tweetrapsversterker	92
121 B Darlingtonversterker	92
122 B A-stabiele multivibrator	94
123 B Monostabiele multivibrator	
124 B Bi-stabiele multivibrator Flip Flop	95
125 B Schmitt-trigger	96
126 B Toongenerator Infrarooddioden	97
127 B Ontvangdiode Geïntegreerde schakeling (IC)	97
128 B Operationele versterker (Op-Amp)	98
133 B Elektronische schakelaar	99
134 B A-stabiele multivibrator	102
135 B Spanningsversterker	102
136 B Bi-stabiele multivibrator	103
137 B Integrator	104
138 B Versterker met tegenkoppeling	105
139 B Monostabiele multivibrator	106
140 B Toongenerator	106
142 B Wisselspanningsversterker	107

De experimenten B kunnen gebouwd worden  
uit basisdoos A+A→B  
of basisdoos B  
of basisdoos C

De experimenten C kunnen gebouwd worden uit  
basisdoos A+A+B+B→C  
of basisdoos B+B→C  
of basisdoos C



## Voorwoord

*Als vanzelfsprekend worden door ons elektronische hulpmiddelen en apparaten gebruikt om ons zowel zakelijk als in vrije tijd bij vele hobbytoepassingen te helpen.*

*Vochtigheidssensors, inbraakalarmsystemen, infraroodzenders en ontvangers helpen ons het leven te verlichten.*

*Voor alle natuurkundigen is het begrijpen van samenhang, oorzaak en werking het belangrijkste werk.*

*Dit is ook het geval met de vele toepassingsgebieden van de elektronica waarbij het experimenteren met afzonderlijke componenten en het bouwen van apparaten de mogelijkheid bieden verder in deze materie door te dringen en de diverse wetmatigheden te begrijpen.*

*Alvorens met experimenteren te beginnen, zijn de volgende aanwijzingen om de handleiding te gebruiken om eventuele fouten tijdens het bouwen te voorkomen en daardoor meer plezier te hebben om verder te gaan met experimenteren bijzonder belangrijk.*

*Voor men met experimenteren begint, dient het hoofdstuk „voorbereidingen” goed gelezen te worden.*

*Hier wordt kennisgemaakt met de afzonderlijke onderdelen en worden de noodzakelijke voorbereidende werkzaamheden beschreven.*

*In het hoofdstuk „Experiment en Werkelijkheid” staan de aanwijzingen voor de bouw van de interessante experimenten.*

*Voor al deze experimenten is er een bedradingsschema, waarop de onderdelen in werkelijke grootte met symbolen zijn aangegeven. Dit bedradingsschema voorkomt eventuele problemen bij het bouwen.*

*Het hoofdstuk „Nu de elektronica” geeft nader inzicht in de wetmatigheden betreffende de elektrische stroom en de functie van elektronica-onderdelen.*

*In het hoofdstuk voor de „Elektronicus” wordt duidelijk welke functies de afzonderlijke onderdelen in de schakelingen hebben en hoe ze samenwerken.*



# Onderdelen van de Experimenteerdoo

Bestelnr.	Omschrijving	Aantal			
		B	C	A-B	B-C
349.2548	Plaat met Bedieningselementen Druktoetschakelaar Schuifschakelaar Potentiometer 10.000 $\Omega$ Lichtgevende diode, rood Weerstand 470 $\Omega$ Connector, 13-polig Connector, 2-polig Aansluitbus voor netvoedingsapparaat	1	1	1	
2549	Behuizing	1	1	1	
2550	Chassisraam	1	1	1	
2552	Frontplaat voor bedieningspaneel	1	1	1	
2521	Montageplaat	1	2		1
2523	Afdekkap	1	1	1	
2553	Batterijhouder	1	1	1	
2554	Wijzerknop	1	1	1	
2515	Luidspreker	1	1	1	
2534	Knopdeksel voor schuifschakelaar	1	1	1	
2555	Printschakeling met IC	1	1	1	
2546	Transistor, wit	2	2		
2556	Infrarood lichtgevende diode met voorschakelweerstand		1		1
2557	Infrarood-fotodiode		1		1
1004	Weerstand				
	10 $\Omega$ (bruin, zwart, zwart)	1	1	1	
	47 $\Omega$ (geel, paars, zwart)	1	1	1	
	100 $\Omega$ (bruin, zwart, bruin)	1	1	1	
	220 $\Omega$ (rood, rood, bruin)	1	1	1	
	470 $\Omega$ (geel, paars, bruin)	1	1	1	
	1.000 $\Omega$ (bruin, zwart, rood)	1	1		
	2.200 $\Omega$ (rood, rood, rood)	1	1	1	
	4.700 $\Omega$ (geel, paars, rood)	1	1		
	10.000 $\Omega$ (bruin, zwart, oranje)	2	2	1	
	22.000 $\Omega$ (rood, rood, oranje)	1	1		
	47.000 $\Omega$ (geel, paars, oranje)	1	1		
	100.000 $\Omega$ (bruin, zwart, geel)	1	1		
	220.000 $\Omega$ (rood, rood, geel)	1	1		
	470.000 $\Omega$ (geel, paars, geel)	1	1	1	

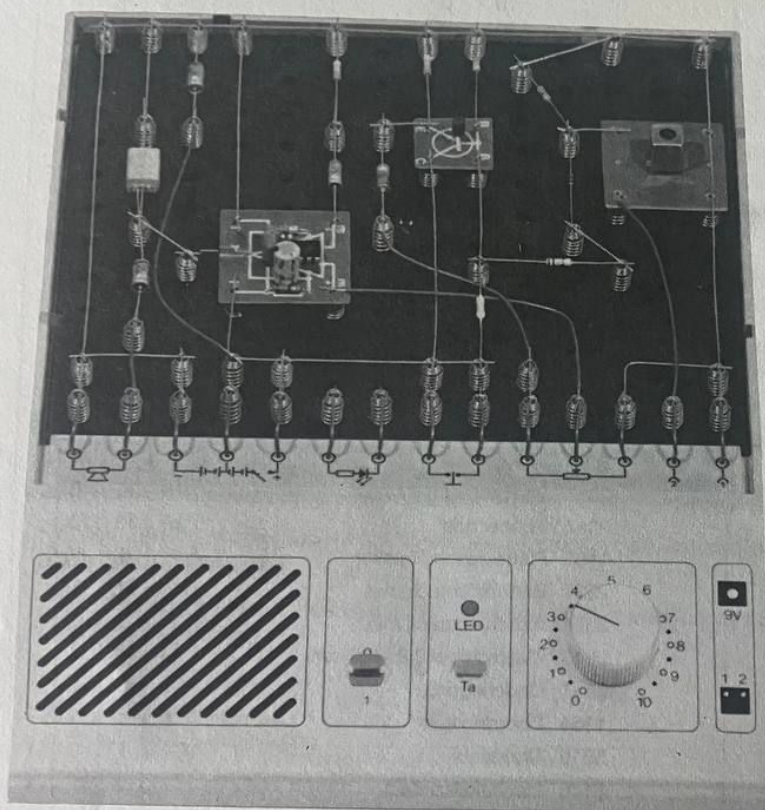
Bestelnr.	Omschrijving	Aantal			
		B	C	A-B	B-C
349.1005	Folie-condensator				
	0,047 $\mu$ F = 47 nF	1	1	1	
	0,1 $\mu$ F = 100 nF	1	1	1	
	0,22 $\mu$ F = 220 nF	1	1	1	
1006	Elektrolytische condensator				
	4,7 $\mu$ F	1	1	1	
	10 $\mu$ F	1	1		
	100 $\mu$ F	1	1		
	220 $\mu$ F	1	1	1	
1007	Keramische condensator				
	47 pF (geel, paars, zwart)	1	1		
	100 pF (bruin, zwart, bruin)	1	1		
	1.000 pF (bruin, zwart, rood)	1	1	1	
	10.000 pF (bruin, zwart, oranje)	2	2		
1010	LDR, lichtafhankelijke weerstand	1	1	1	
2558	NTC, temperatuurafhankelijke weerstand		1		1
1125	Diode	1	1		
2545	Spoel, rood	1	1		
1016	Blank draad	4m	4m		
1017	Geïsoleerde draad	4m	4m	4m	
2526	Klemveren	75	100	50	25
2590	Vorkcontact	2	2	1	
2051	Pencontact	13	13	13	
2057	Rubber tule	13	13	13	
1101	Platte opschuifsteker	6	6	6	
2527	Batterijcontact, plus	2	2	2	
2528	Batterijcontact, min	2	2	2	
2610	Plaatschroef 2,9 x 9,5 mm	11	11	11	
2611	Onderlegging	4	4	4	
1154	Doordrukstift	1	1		
5015	Druktoets		1		1
5145	Inschakelcontact		1		1
1296	Batterij-aansluiting		1		1
1028	Elastiek		1		1
2568	Bedradingsschema's	35	35	35	
2569	Bedradingsschema's		20		20
2566	Handleiding	1	1	1	



## Vorbereidingen

### Experimenteerchassis

Na montage bestaat het **experimenteerchassis** uit de **montageplaat**, de batterijhouder, de afdekkap en het **bedieningspaneel**.

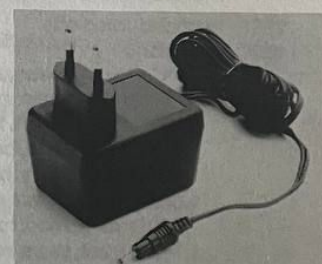


Montageplaat

6-6150

Aansluiting voor  
netvoedingsapparaat

Bedieningspaneel



Luidspreker

Aan/uit-  
schakelaar

LED  
druktoets-  
schakelaar

Potentiometer

Buitenaansluiting  
1 en 2

Alleen een netvoedingsapparaat gebruiken dat: bij een gelijkspanning van 9 volt een stroom van 150-450 mA afgeeft. De plusaansluiting dient aan het voorste gedeelte van de stekker gemonteerd te zijn.

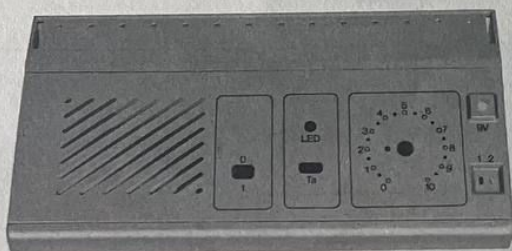


## Vorbereidings

### Onderdelen van het chassis



Behuizing



Voorplaat voor de bedieningselementen



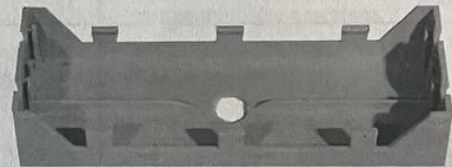
Batterijcontact  
plus



Batterijcontact  
min



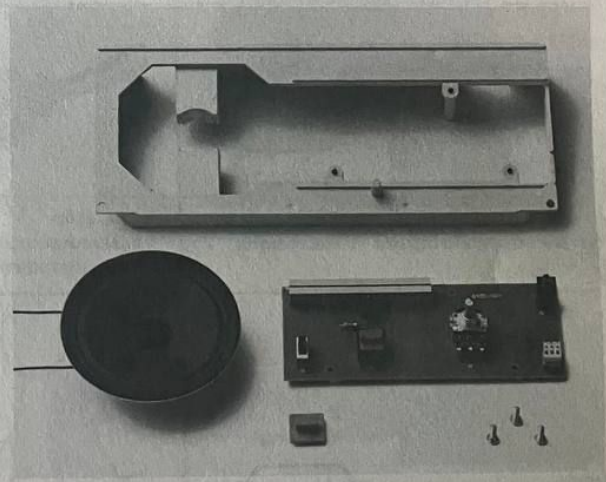
Wijzerknop



Batterijhouder

Chassisraam

Plaat met bedieningsonderdelen



Luidspreker

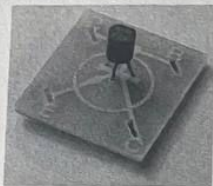
Knop voor  
schuifschakelaar

Plaatschroeven

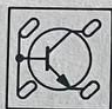
## Vorbereidingen

### Onderdelen van de experimenteerdozen B en C

De volgende foto's laten de onderdelen zien, met daarbij de symbolen zoals die in het bedradingschema worden gebruikt.



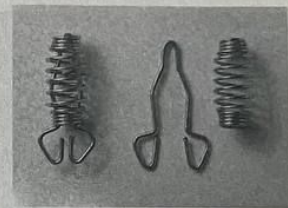
**Transistor**  
Let op de juiste aansluiting



Afbeelding in het bedradings-schema



**Blanke draad**



**Klemmen**



zie blz. 61

**Weerstand (3 kleurringen + goud)**



**Geïsoleerde draad**

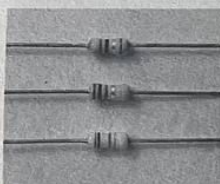
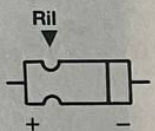


**Einde blank maken**



**Elektrolytische condensator**

Let op de juiste aansluiting



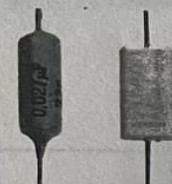
**Keramische condensator 5 kleurringen**



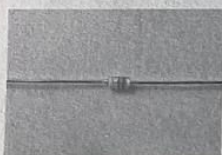
zie blz. 71



**Batterijclip**  
aansluitdraad rood = +  
aansluitdraad zwart = -



**Folie-condensator**



**Diode**

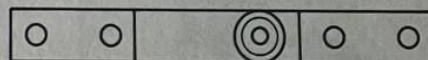
Let op de juiste aansluiting



**Brede kleurring**



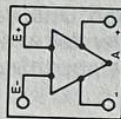
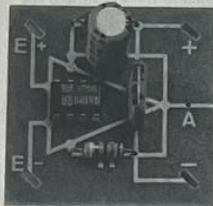
**Druktoets**



**Inschakelcontact**



## Vorbereidungen



Print met geïntegreerde schakeling  
IC

Let op:  
aansluitingen niet verwisselen  
+ Vorkcontact



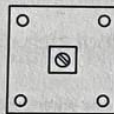
Infrarood-fotodiode

Let op de juiste  
aansluiting



Infrarood lichtgevende diode  
met voorschakelweerstand

Let op de juiste manier  
van aansluiten

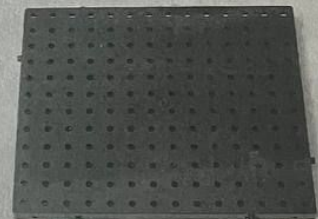


Spoel

Let op de nummers  
bij het aansluiten  
+ Vorkcontact



Vorkcontact



Montageplaat



LDR



NTC

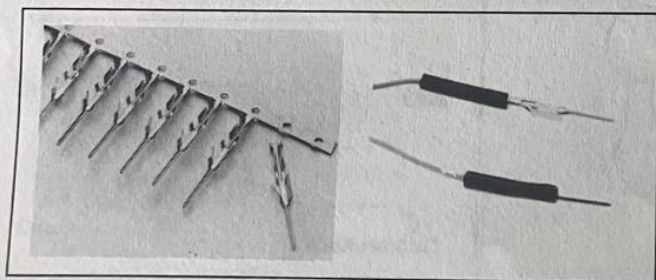
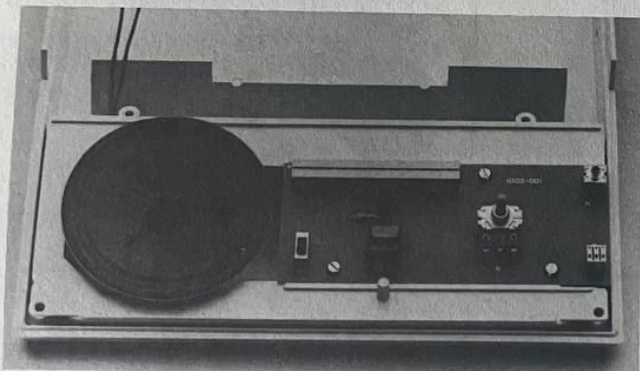
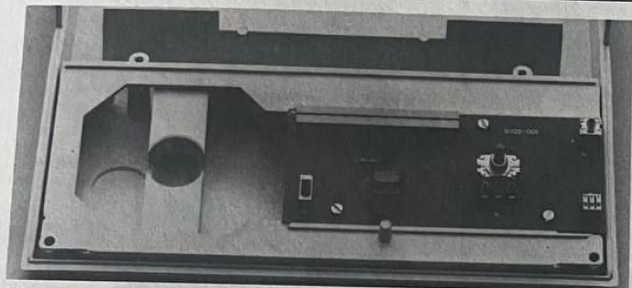
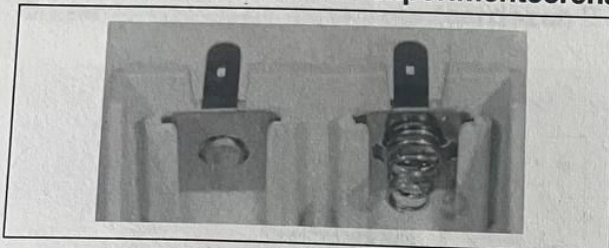


Doordrukstift



## Vorbereidingen

### Het voorbereiden van het experimenteerchassis



In het bedieningspaneel worden de print met de bedieningsknoppen en de luidspreker ingebouwd.

Allereerst wordt de batterijhouder voorgemonteerd. Druk het batterijcontact (minpool met veer) in de twee met – aangegeven bevestigingsgleuven aan de zijkant van de batterijhouder. De beide + batterijcontacten komen in de met + gemerkte gleuven. Druk dan de complete batterijhouder achter de achterste rand van het chassis in het gebied dat door de vier tappen begrensd wordt.

In het voorste gedeelte van het experimenteerchassis wordt het chassisraam gemonteerd. Daarop ligt aan de rechterkant de print met de gemonteerde bedieningselementen. De drie boorgaten van de print moeten overeenkomen met die van het chassisraam, zodat de print met de drie zelftappende plaatschroeven kan worden vastgezet.

Links van de print bevindt zich de opening voor de luidspreker.

**Attentie:** De luidspreker slechts beetpakken bij de buitenste metaalrand.

Beide aansluitdraden door de gleuf in het chassisraam voeren en de luidspreker voorzichtig van bovenaf in de opening drukken. De luidspreker eventueel wat draaien zodat de aansluitingen links van het tussenstuk komen te liggen.

Om een blijvende bedrading tussen het bedieningspaneel en de montageplaat te maken, moeten 11 geïsoleerde draden van 14 cm lang worden afgeknipt en worden voorzien van pencontacten.

De pencontacten moeten van de smalle metaalband gescheiden worden door voorzichtig heen en weer buigen. Dan worden de draden aan beide zijden over ca. 1 cm blank gemaakt. Aan de ene kant wordt met een platbektang het pencontact vastgedrukt en daarover wordt een rubberbuis (15 mm lang) geschoven opdat geen kortsluiting kan ontstaan. De andere kant van de draden blijven vrij.



## Vorbereidingen

De pencontacten van deze 11 draden worden dan in de punten 1 tot 10 en 12 van de connector gestoken (zie afbeelding).

**Opmerking:** Gebruik slechts de bovenste gaten precies boven de cijfers. Slechts deze geven contact.

Opdat bij latere experimenten deze draden niet uit de contacten kunnen worden getrokken, wordt in elke draad op ongeveer 5 cm van het blanke einde een knoop gelegd.

Voor de spanningsvoorziening moeten drie verbindingen van de batterijhouder naar het bedieningspaneel worden gelegd. Bevestig daarvoor aan twee 28 cm lange draden, waarvan aan beide zijden de isolatie is verwijderd, aan de ene zijde een pencontact en aan de andere zijde een opschuifstekker.

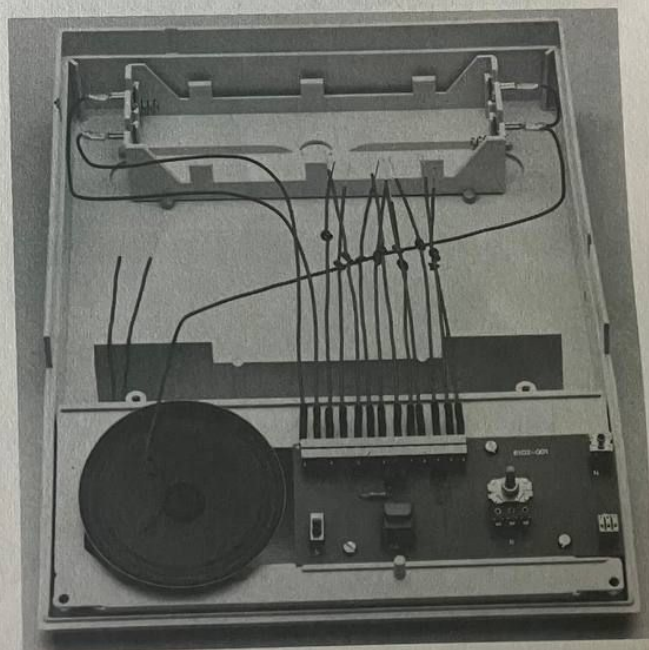
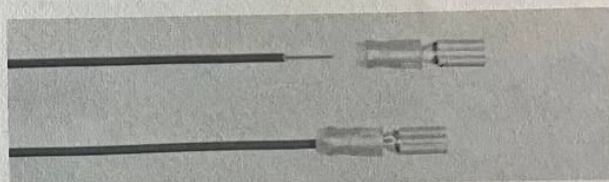
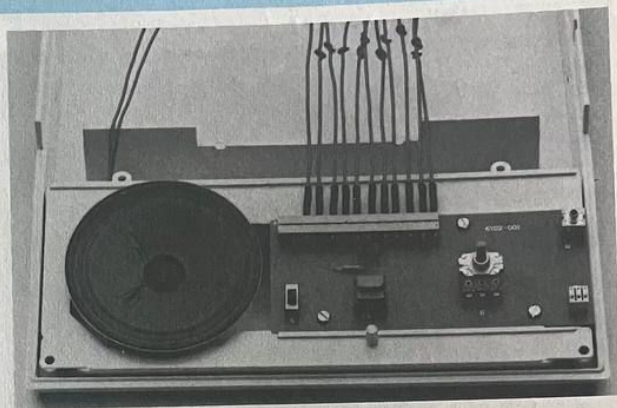
Druk de blanke einden van de draden in die kant van de opschuifstekker, die met een gummitule tegen kortsluiting beveiligd is.

Let erop dat de draad midden in de metalen tongen komt, en druk dan met een platbektang deze tongen vast aan de draad (zie afbeelding).

De opschuifstekker van de eerste draad moet aan de linkerkant van de batterijhouder op het — contact van de batterij worden geschoven. Voer de draad naar de print en steek het pencontact in de aansluiting — B van de connector. Met de tweede draad wordt op gelijke wijze een verbinding gemaakt tussen het linker batterijcontact (+) en het + B contact van de connector op de printplaat. Nu moeten alle contacten van de connector bezet zijn.

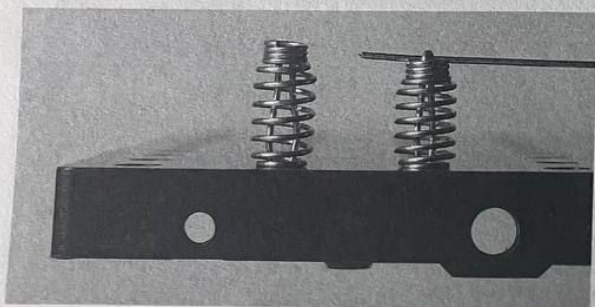
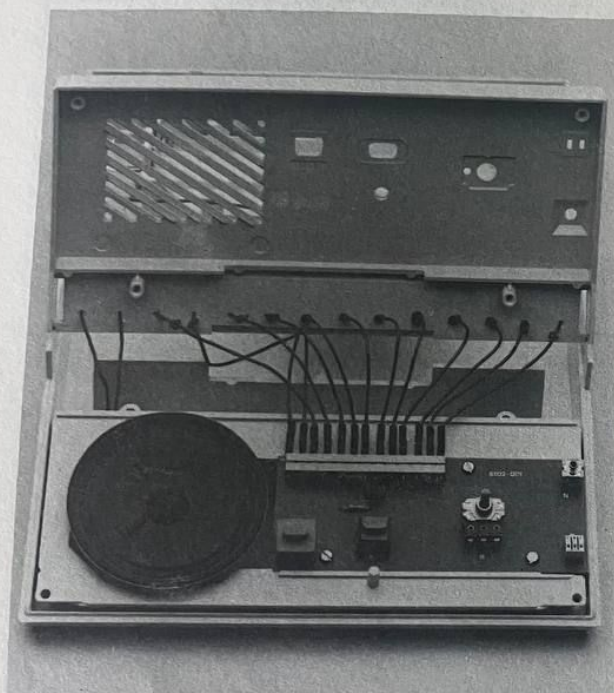
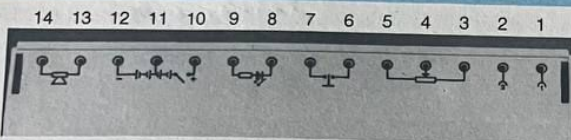
Vervolgens moet een speciale aansluiting gemaakt worden die bestaat uit een 5 cm lange draad en een van 40 cm waarvan beide zijden ca. 1 cm blank gemaakt zijn. Steek van elke draad één zijde in een opschuifstekker en druk ze goed vast. Aan de andere kant van de korte draad wordt eveneens een opschuifstekker bevestigd. De lange draad blijft aan de andere kant vrij.

Bevestig de opschuifstekker met de beide draden op het — batterijcontact aan de rechterkant van de batterijhouder. De tweede opschuifstekker van de korte draad komt aan het + batterijcontact.





## Vorbereidingen



In de frontplaat van het bedieningspaneel bevinden zich bij de schakelsymbolen 14 gaten. De telling begint bij gat nr. 1 aan de rechter zijde en eindigt links bij nr. 14

Door deze gaten worden nu van binnenuit de 11 verbindingsdraden van de connector gebracht.

**Attentie:** Steek de draad van aansluiting 1 door gat 1, van aansluiting 2 door gat 2, enz. t/m de draad van aansluiting 10 door het gat 10. Gat 11 blijft vrij (er is geen aansluiting 11).

Voer de draad van aansluiting 12 door het gat nr. 12. De beide luidsprekerdraden worden door de gaten 13 en 14 gevoerd.

Door gat 11 wordt de lange draad gestoken, die van de rechterkant van de batterijhouder komt. Alle 14 draadeinden worden later in de daartoe bestemde klemveren van de montageplaat gemonteerd.

Tenslotte wordt de knop voor de aan/uit-schakelaar gemonteerd en wordt de frontplaat van het bedieningspaneel met vier schroeven van onderuit vastgezet. Let erop dat hierbij geen aansluitdraad terugschuift.

Nadat de regelknop voor de potentiometer is vastgezet, is het bedieningspaneel voor alle experimenten gebruiksklaar.

Leg nu de 6 batterijen (R14) in de batterijhouder. De juiste manier is op de bodem van de batterijhouder aangegeven.

Het eigenlijke experimenteerpaneel is de zwarte montageplaat met de vele gaatjes. Deze wordt in het achterste gedeelte van het experimenteerchassis gelegd. Voor bevestiging van de onderdelen en het maken van draadverbindingen worden klemveren toegepast, die van bovenaf door de gaten van de montageplaat worden gestoken tot ze zich vastklemmen.



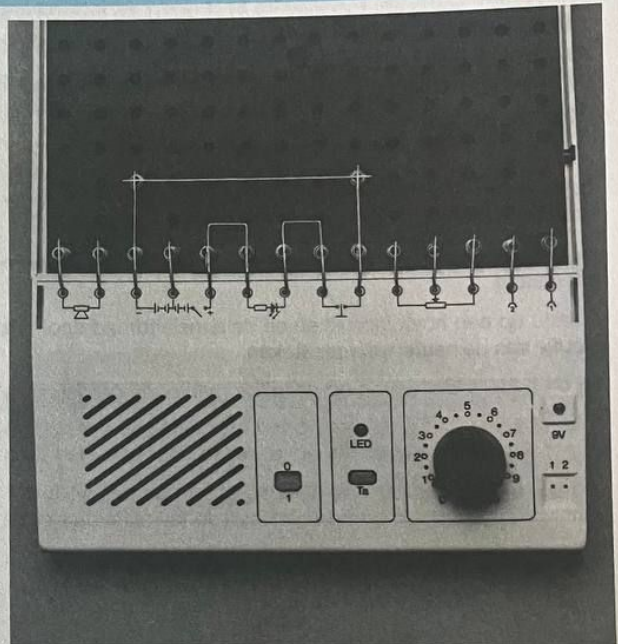
## Vorbereidingen

Voor blijvende verbindingen van het bedieningspaneel met het montagepaneel worden in de laatste rij naast het bedieningspaneel op de montageplaat 14 klemveren gemonteerd. Aan deze klemveren worden de draden uit de gaten 1 t/m 14 aangesloten (uiteraard de kortste weg nemen).

Let erop dat de blanke uiteinden geheel doorgevoerd worden voor het maken van de verbindingen.

Deze verbindingen blijven altijd bestaan, ook wanneer bij een bepaald experiment deze niet alle gebruikt worden.

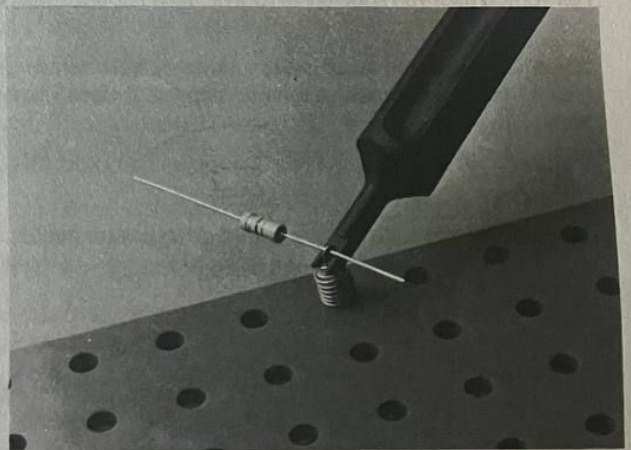
Om te controleren of de verbindingen tussen de beide chassisdelen goed zijn gemaakt en de batterijen goed zijn aangesloten, worden drie draadverbindingen gemaakt zoals op de foto is aangegeven. Wanneer de aan/uit-schakelaar in stand 1 wordt geschoven en de druk-schakelaar wordt ingedrukt moet de lichtgevende diode oplichten.



### Bevestiging van onderdelen op de montageplaat.

Aansluitdraden  
Weerstanden  
Condensatoren  
Diode  
Batterijklem

Klemveer naar beneden drukken tot de gleuf in de haarspeldveer zichtbaar is. Draad in het gleufje schuiven en de klemveer loslaten.





## Vorbereidingsen

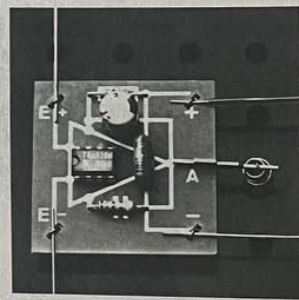
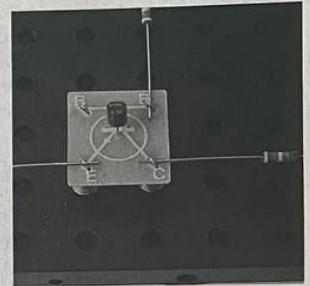
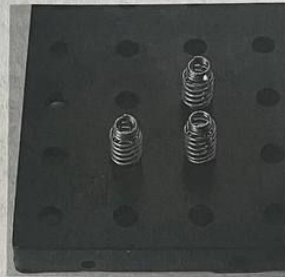
### Transistors Infrarood-fotodiode Infrarood-lichtdiode met voorschakelweerstand

Zoveel klemveren monteren als er rondjes op het bedradings-schema staan (bij voorbeeld 3 of 4 bij een transistor).

Haarspeldveren in dezelfde richting draaien als de gleufjes in het plaatje.

Plaatje op een hoek indrukken en de aansluitdraad door het gleufje van de haarspeldveer steken.

Bij de andere klemveren op dezelfde manier de draden aansluiten.



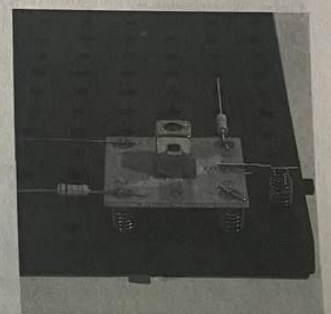
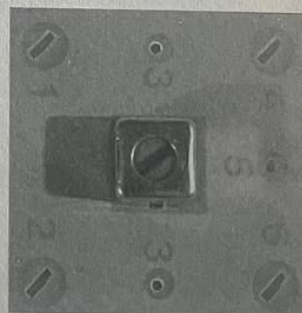
### IC Spoel

Het vorkcontact van spoelen en IC's op aansluitpunt 5 van het rode printplaatje van de spoel schuiven.

Zoveel klemveren monteren als er rondjes op het bedradings-schema staan. Haarspeldveer richten op de gleufjes van het printje.

Vervolgens het vorkcontact in de daartoe bestemde klemveer schuiven.

Daarna de overige aansluitingen als bij de transistor maken.





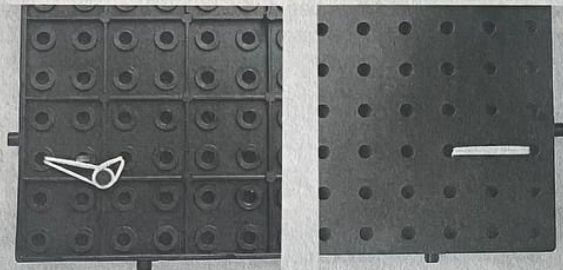
## Vorbereidingsen



### Infrarood-zender

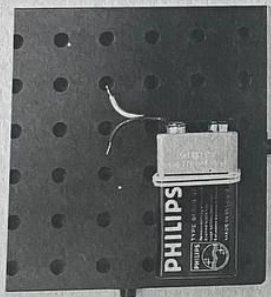
De experimenten 46, 48 en 51 worden op de tweede montageplaat gebouwd.

Voor de stroomverzorging dient een 9 volt batterij, type 6 F 22. Deze wordt op een hoek van de montageplaat bevestigd:



Een elastiekje door een gaatje van de montageplaat steken. Een gaatje overslaan en het andere eind van het elastiekje door het volgende gaatje van de montageplaat steken.

De uiteinden van het elastiekje aan de achterzijde van de montageplaat over de kunststofnopjes trekken.

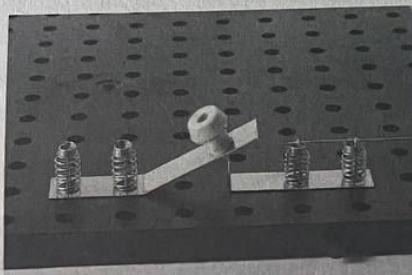


De batterij onder het elastiekje schuiven en de aansluitklem erop drukken.

Aansluitdraad rood = +

Aansluitdraad zwart = -

**Opgelet:** Nooit de stroom uit het stopcontact gebruiken omdat dit levensgevaarlijk is. Ook een transformator mag beslist niet gebruikt worden.



### Druktoetsschakelaar

De druktoetsschakelaar met twee klemveren tegen de montageplaat bevestigen.

Het schakelcontact eveneens met twee klemveren tegen de montageplaat bevestigen.

Bij het indrukken moeten beide schakelaardelen elkaar raken.



## Experiment en werkelijkheid

### Experiment 1 t/m 59 dienen als volgt gebouwd te worden

1. Bedradingsschema op de montageplaat leggen.
2. Dik omlijnde rondjes van het bedradingsschema met de doordrukstift doorsteken.
3. Alle onderdelen en klemveren volgens de stuklijst klaarleggen. De onderdelen staan op de stuklijst die bij het bedradingsschema in het boek staan afgedrukt.
4. Klemveren monteren in de doorgestoken gaatjes van het bedradingsschema.
5. Onderdelen monteren zoals aangegeven op het bedradingsschema.
6. Na de montage het geheel nog eens zorgvuldig met het bedradingsschema vergelijken.
7. Het apparaat met de schuifschakelaar aanzetten.

De bedradingsschema's voor de experimenten in het hoofdstuk „Nu de elektronica” zijn in de handleiding verkleind afgedrukt.

### Fluittonen uit de ether Morse-oefentoestel

Geoefende marconisten kunnen door middel van het morsealfabet bestaande tekens die vertaald worden in letters, draadloos berichten overbrengen.

Voor de leek zijn deze morsetekens over het algemeen pieptonen, waarmee men niets kan beginnen. Uit het morsealfabet kunnen de tekens voor letters en cijfers worden gehaald en met enige oefening kunnen nu ook eenvoudige berichten worden verzonden.

Het experiment 1 biedt de mogelijkheid door een korte druk op de druktoetsschakelaar een toon te maken, die in het morsealfabet met een punt overeenkomt.

Als de druktoetsschakelaar iets langer wordt vastgehouden

#### Morsealfabet

A	— ·	K	— — ·	U	— · ·	1	— — — —	6	— · · ·
B	— · · ·	L	— · · ·	V	— · —	2	— · — —	7	— — · ·
C	— · — ·	M	— —	W	— — —	3	— · — —	8	— — — ·
D	— · ·	N	— ·	X	— — —	4	— · — —	9	— — — —
E	·	O	— — —	Y	— — —	5	— · · ·	0	— — — —
F	— · — ·	P	— · — ·	Z	— — —				
G	— — ·	Q	— — —	A	— · —				
H	— · · ·	R	— · ·	CH	— — — —	Punt	— · — —		
I	· ·	S	— · ·	Ö	— — —	Vergissing	— · — —		
J	— — —	T	—	Ü	— · —	SOS	— · — —		

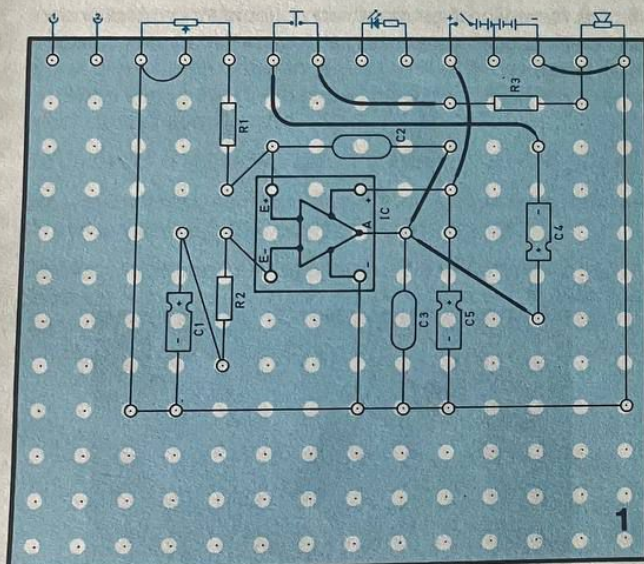
klinkt een langer aanhoudende toon. Dit is in het morsealfabet een streep.

Door lang en kort indrukken van de druktoetsschakelaar kan men de basis van een telegrafist nadoen. De toonhoogte kan met een potentiometer worden veranderd.



Wanneer de geluidsstrekte veranderd moet worden, kan bij experiment 2 de weerstand  $R_3=47\text{ k}\Omega$  in de toevoerdraad naar de luidspreker worden vervangen. Een weerstand van  $10\text{ k}\Omega$  zal de geluidsstrekte laten toenemen. Bij een weerstand van  $100\text{ k}\Omega$  zal de geluidsstrekte afnemen.

Een verbetering bij het zogenaamde seinen (kort en lang indrukken) is te verkrijgen met experiment 3.



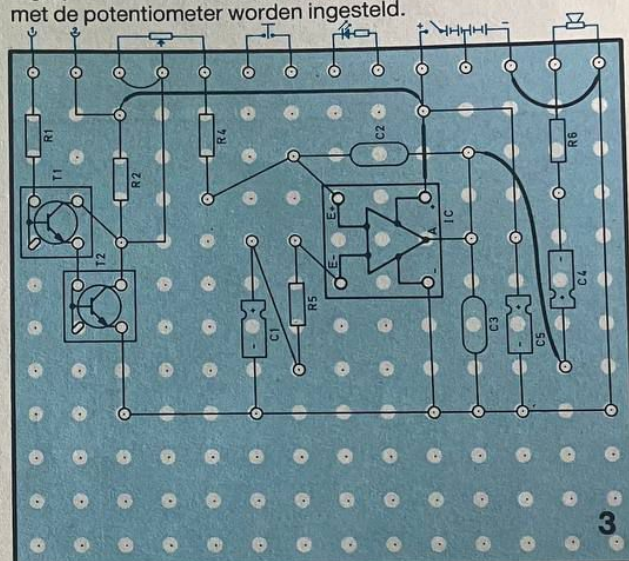
**1**

R1	= weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R2	= weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R3	= weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1	= elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
C2	= foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C3	= foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C4	= elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C5	= elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
IC	= geïntegreerde schakeling		
La	= luidspreker in het bedieningspaneel		
Ta	= druktoets in het bedieningspaneel		
R4	= potentiometer in het bedieningspaneel	10 k $\Omega$	

## Experiment en werkelijkheid

De mechanische druktoetsschakelaar wordt hier door een aanraakschakelaar vervangen. Deze aanraakschakelaar wordt gemaakt door in de met 1 en 2 gemerkte aansluitpunten van de bedieningslessenaar, twee blanke draden te steken. Deze mogen elkaar niet raken. Zo'n aanraakcontact heet in vaktaal **Sensor**.

Door het met een vochtige vinger aanraken van beide draden tegelijk wordt de toon opgeroepen. De toonhoogte kan weer met de potentiometer worden ingesteld.



**3**

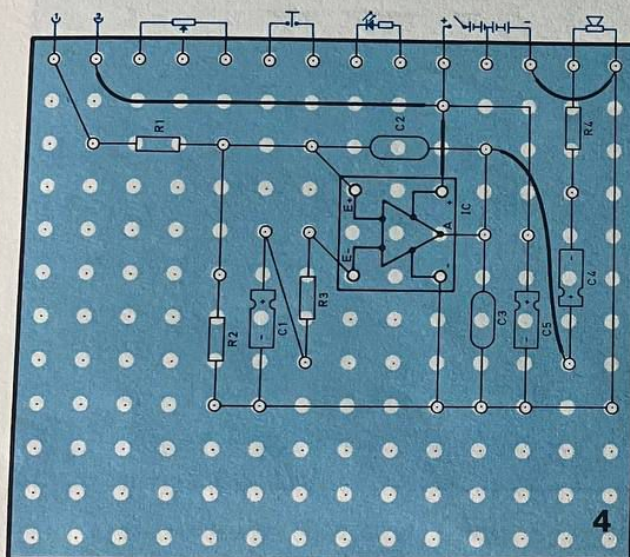
R1	= weerstand	47.000 $\Omega$	(geel, paars, oranje)
R2	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R4	= weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R5	= weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R6	= weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1	= elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
C2	= foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C3	= foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C4	= elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C5	= elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
T1	= transistor (wit)		
T2	= transistor (wit)		
IC	= geïntegreerde schakeling		
S	= sensorcontact		
La	= luidspreker in het bedieningspaneel		
R3	= potentiometer in het bedieningspaneel	10 k $\Omega$	



## Experiment en werkelijkheid

### Inbraakalarm

Het is bijzonder vervelend te constateren dat er is ingebroken.

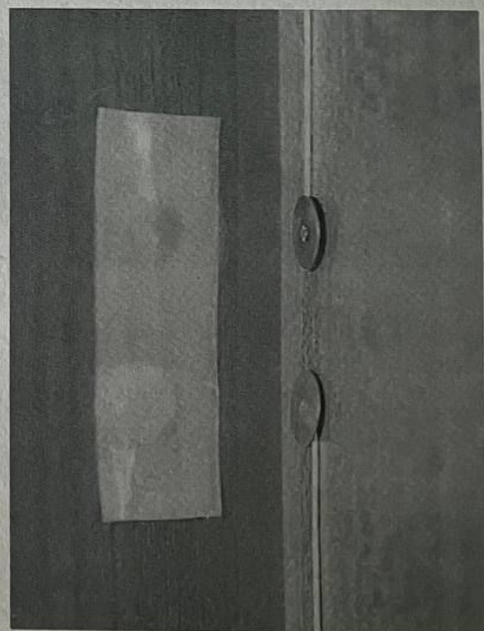


4

4

- |  |                    |                        |
|--|--------------------|------------------------|
| R1 = weerstand                           | 10.000 $\Omega$    | (bruin, zwart, oranje) |
| R2 = weerstand                           | 10.000 $\Omega$    | (bruin, zwart, oranje) |
| R3 = weerstand                           | 22.000 $\Omega$    | (rood, rood, oranje)   |
| R4 = weerstand                           | 47 $\Omega$        | (geel, paars, zwart)   |
| C1 = elektrolytische condensator         | 4,7 $\mu\text{F}$  |                        |
| C2 = foliecondensator                    | 0,22 $\mu\text{F}$ |                        |
| C3 = foliecondensator                    | 0,1 $\mu\text{F}$  |                        |
| C4 = elektrolytische condensator         | 10 $\mu\text{F}$   |                        |
| C5 = elektrolytische condensator         | 100 $\mu\text{F}$  |                        |
| IC = geïntegreerde schakeling            |                    |                        |
| K = aansluiting 1 en 2 voor alarmcontact |                    |                        |
| La = luidspreker in het bedieningspaneel |                    |                        |

Met experiment 4 kan een functioneel alarmapparaat worden gebouwd. Om een zo echt mogelijke situatie te bewerkstelligen. Om een zo echt mogelijke situatie te bewerkstelligen, worden vanaf de aansluitingen 1 en 2 in de schakeling twee evenlange draden naar een raam gevoerd en worden de andere twee blank gemaakte einden van de draad om twee blanke punaises gedraaid die in het kozijn van het raam worden gedrukt. Op het raam wordt nu een stukje metaalfolie gelijmd, bij voorbeeld uit een sigarettendoosje, op een zodanige manier dat bij het gesloten raam het folie de beide punaises raakt. Met het inschakelen is het alarmapparaat bedrijfsklaar. Als het raam wordt geopend wordt het alarmcontact onderbroken en het alarmapparaat zal door de luidspreker een toon laten horen.





## Experiment en werkelijkheid

### Onderdelentester

### Onderdelen elektronisch getest

Een defect onderdeel kan erg vervelend zijn. Al vaak hebben knutselaars hun hobby opzij geschoven omdat er niets werkte. Dan begint het vervelende zoeken naar de fout.

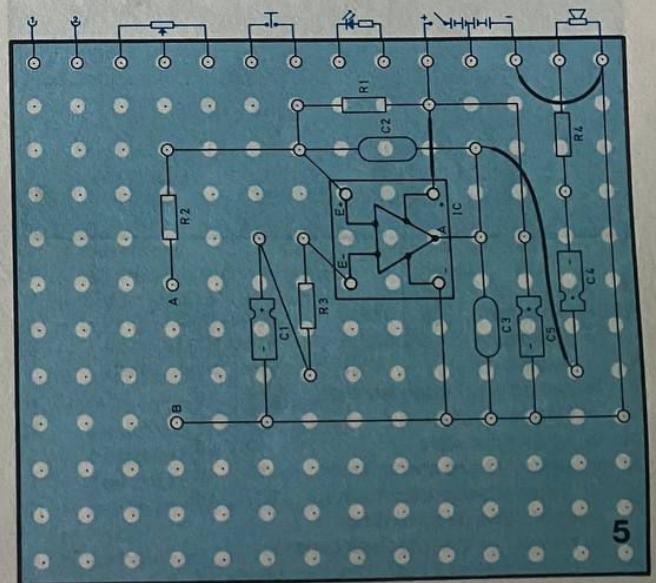
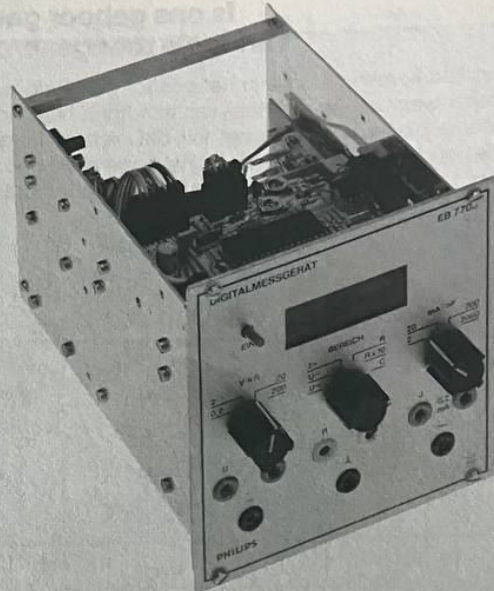
Vaak is het slechts een weerstand of een condensator die niet goed werkt. Het is dan erg makkelijk over een speciaal testapparaat te beschikken waarmee vastgesteld kan worden of het onderdeel goed werkt.

Met experiment 5 kan een apparaat worden gebouwd om weerstanden (0 -15 k $\Omega$ ) en dioden te testen. De met A en B gemerkte klemveren zijn de testaansluitingen. Allereerst wordt geprobeerd of het apparaat werkt door de klemveren A en B met een stukje draad te overbruggen. Uit de luidspreker moet dan een toon komen.

De onderdelen kunnen nu getest worden.

**Weerstanden** tot een waarde van 15 k $\Omega$  zijn in orde wanneer de luidspreker na het inbouwen een toon afgeeft.

De **diode** moet met de brede kleurring aan klemveer B liggen. De diode is in orde als er een toon hoorbaar wordt. Wordt de diode omgedraaid, dus de kleurring aan klemveer A, dan mag er geen toon hoorbaar zijn.



**5**

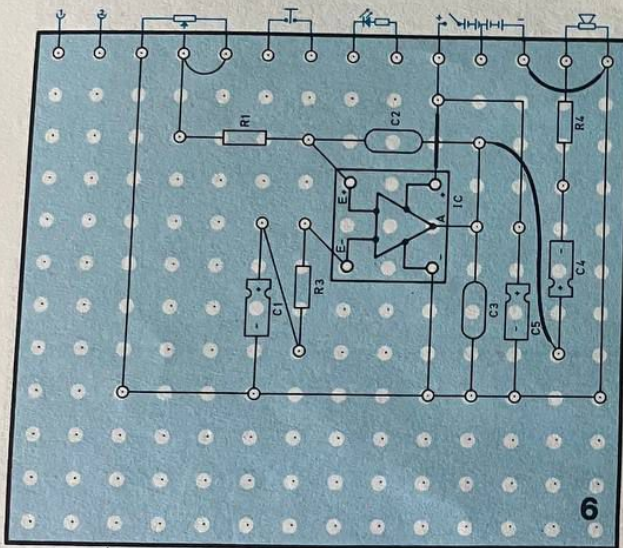
R1	= weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R2	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R3	= weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R4	= weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1	= elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
C2	= foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C3	= foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C4	= elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C5	= elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
IC	= geïntegreerde schakeling		
La	= luidspreker in het bedieningspaneel		



## Experiment en werkelijkheid

### Is ons gehoor goed? Variabele toongenerator

Het kan voorkomen dat er aan het gehoor getwijfeld wordt. Zeer zeker wanneer de eigenaar van een hond hard op zijn hondefluitje blaast. Ondanks het feit dat niets te horen is, komt de hond toch. Dat komt omdat het fluitje zo'n hoge toon geeft dat dit voor mensen niet en voor honden wel hoorbaar is.

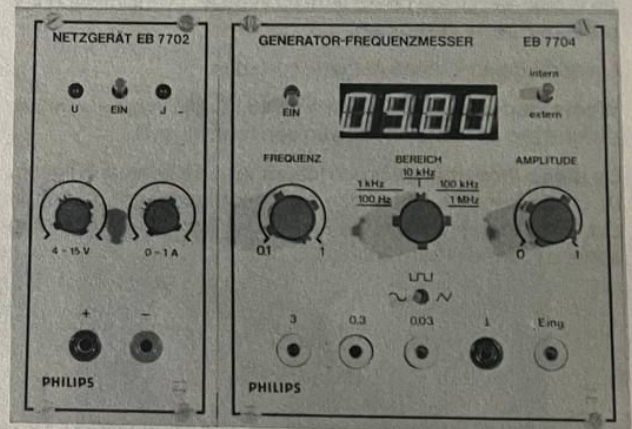


6

- |  |                    |                       |
|--|--------------------|-----------------------|
| R1 = weerstand                             | 100 $\Omega$       | (bruin, zwart, bruin) |
| R3 = weerstand                             | 22.000 $\Omega$    | (rood, rood, oranje)  |
| R4 = weerstand                             | 47 $\Omega$        | (geel, paars, zwart)  |
| C1 = elektrolytische condensator           | 4,7 $\mu\text{F}$  |                       |
| C2 = foliecondensator                      | 0,22 $\mu\text{F}$ |                       |
| C3 = foliecondensator                      | 0,1 $\mu\text{F}$  |                       |
| C4 = elektrolytische condensator           | 10 $\mu\text{F}$   |                       |
| C5 = elektrolytische condensator           | 100 $\mu\text{F}$  |                       |
| IC = geïntegreerde schakeling              |                    |                       |
| La = luidspreker in het bedieningspaneel   |                    |                       |
| R2 = potentiometer in het bedieningspaneel | 10 k $\Omega$      |                       |

Om vast te stellen of ons menselijk gehoor geen leemte heeft wordt nu experiment 6 uitgevoerd.

Bij het inschakelen van de voedingsspanning wordt een toon hoorbaar. De hoogte van de toon kan met de potentiometerknop van laag tot zeer hoog worden geregeld. Niet het gehele bereik zal hoorbaar zijn. Om te weten of ons gehoor goed is kunnen we dit het beste vergelijken met personen van dezelfde leeftijd. Vergelijken we met oudere mensen dan zullen we ervaren dat voor hen de erg hoge tonen niet meer hoorbaar zijn.



### Waarschuwingssignaal Tweetonige hoorn

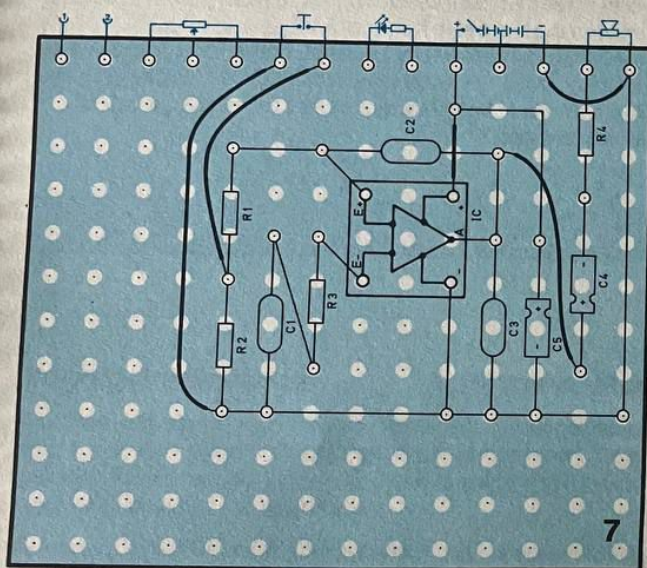
Als een tweetonige hoorn klinkt, moeten alle overige verkeersdeelnemers de weg vrijmaken voor politie en brandweer. Dat geluid is zo hard dat bijna niemand deze tweetonige hoorn niet hoort.

Hoe een elektrische toon wordt opgewekt is al bij de andere experimenten duidelijk geworden. Bij een tweetonige hoorn komt het erop aan twee verschillende tonen met slechts één toongenerator op te wekken.



Met de twee volgende experimenten kunnen twee tweetonige hoorns worden gebouwd.  
 Waarbij de opeenvolging van tonen op verschillende manieren wordt bereikt.

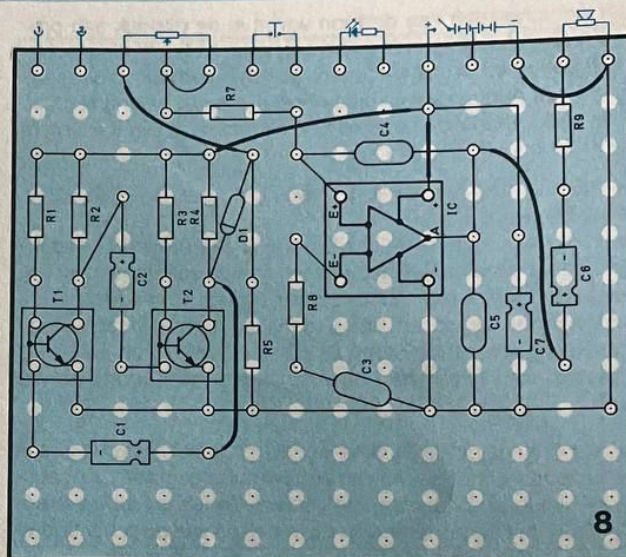
Bij experiment 7 geeft de luidspreker na het aansluiten van de voedingsspanning een op gelijke hoogte blijvende toon.  
 Met de druktoetsschakelaar kan de tweede, de hogere toon worden bijgeschakeld.



**7**

R1 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R2 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R3 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R4 = weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1 = foliecondensator	0,047 $\mu\text{F}$	
C2 = foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C3 = foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C4 = elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C5 = elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
IC = geïntegreerde schakeling		
La = luidspreker in het bedieningspaneel		
Ta = druktoets in het bedieningspaneel		

## Experiment en werkelijkheid



**8**

R1 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R2 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R3 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R4 = weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R5 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R7 = weerstand	1.000 $\Omega$	(bruin, zwart, rood)
R8 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R9 = weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1 = elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
C2 = elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
C4 = foliecondensator	0,047 $\mu\text{F}$	
C4 = foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C5 = foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C6 = elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C7 = elektrolytische condensator	220 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
IC = geïntegreerde schakeling		
D1 = diode		
La = luidspreker in het bedieningspaneel		
R6 = potentiometer in het bedieningspaneel	10 k $\Omega$	



## Experiment en werkelijkheid

Het omschakelen van de toon vormt in de praktijk een probleem. Met het volgende apparaat, volgens bedradingsschema 8 gebouwd, wordt dit omschakelen automatisch gedaan. Bij dit wat meer ingewikkelde apparaat is het belangrijk deze in twee trappen op te bouwen en elke trap op zijn werking te controleren.

Allereerst wordt het linker gedeelte tot diode  $D_1$  en de weerstand  $R_5$  gebouwd.

Als dan de lichtgevende diode parallel aan  $R_4$  wordt geschakeld, moet deze na het inschakelen van de voedingsspanning langzaam knipperen. Als deze trap werkt, verwijder dan de lichtgevende diode en bouw dan het rechter deel van de schakeling. Wordt de diode  $D_1$  tussen  $R_5$  en  $R_4$  als test eruit gehaald, dan klinkt na het inschakelen een voortdurende toon.

Als vervolgens diode  $D_1$  weer wordt aangesloten dan klinkt uit de luidspreker het geluid van een tweetonige hoorn. Het achtereenvolgens schakelen van de twee tonen is niet meer nodig. Door het veranderen van de instelling van de potentiometer wordt de hoogte van beide tonen ook veranderd.



## Proefalarm

Bij noodtoestanden of brand wordt een dergelijke sirene gebruikt om de leden van de vrijwillige brandweer te alarmeren.

Deze sirenes zijn ook over ons land verspreid om de bevolking bij gevaar te waarschuwen.

Wie in de nabijheid van een dergelijke sirene woont of werkt weet dat deze signalen erg doordringend zijn. Bij experiment 9 is na het opbouwen en het inschakelen van de voedingsspanning nog niets te horen. Eerst dan wanneer de druktoets wordt ingedrukt geeft de luidspreker met een kleine vertraging een toon die langzaam hoger wordt.

Wordt de druktoets weer losgelaten, dan zal ook de toon weer afnemen. Door het wisselend indrukken en loslaten van de druktoets wordt het toenemende en afnemende geluid van de sirene hoorbaar.

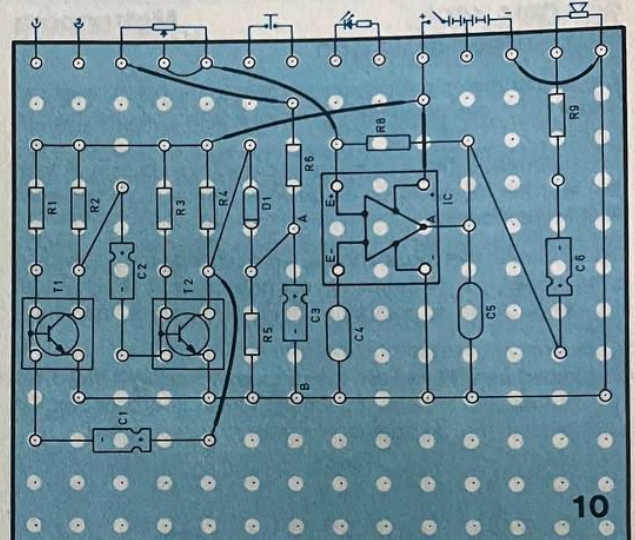
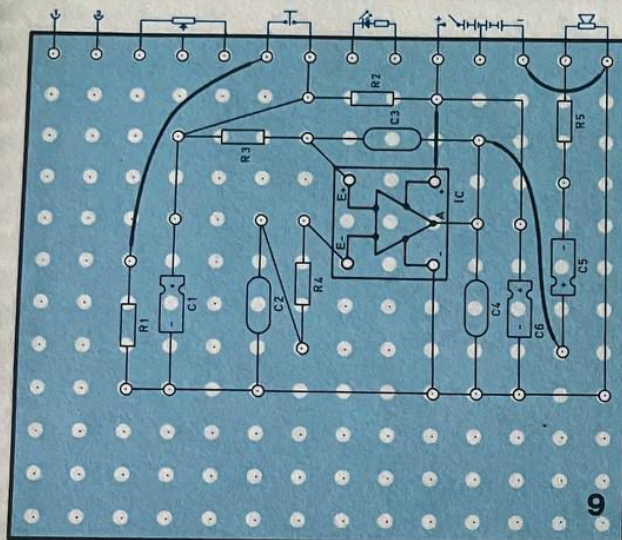
## Sirene

### 9

R1	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R2	= weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R3	= weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R4	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R5	= weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1	= elektrolytische condensator	100 $\mu F$	
C2	= foliecondensator	0,047 $\mu F$	
C3	= foliecondensator	0,22 $\mu F$	
C4	= foliecondensator	0,1 $\mu F$	
C5	= elektrolytische condensator	10 $\mu F$	
C6	= elektrolytische condensator	220 $\mu F$	
IC	= geïntegreerde schakeling		
La	= luidspreker in het bedieningspaneel		
Ta	= druktoets in het bedieningspaneel		



## Experiment en werkelijkheid



## Vogelgeluidimitator

## Toongenerator

Wanneer we via de radio fabrieksgeluiden, dierengeluiden, enz. horen dan zijn dat dikwijls geen echte opnamen. Deze geluiden klinken verbluffend echt, maar ze worden door elektronische schakelingen nagemaakt.

Met experiment **10** kunnen vogelgeluiden worden geïmiteerd.

Na het inschakelen klinkt het tsiiep, tsiiep, tsiiep uit de luidspreker, het lijkt wel of een kuiken de kloek roept. Voor het geval er problemen zijn met de bouw, denk er dan aan eerst het linker en daarna pas het rechter gedeelte van de schakeling te bouwen. De werking kan worden getest door de condensator  $C_a$  even door de lichtgevende diode te vervangen (pijl moet naar punt B wijzen). Deze zal dan knipperen.

Daarna het rechter gedeelte met IC en luidspreker bouwen. De werking hiervan is te controleren door diode 1 los te maken. Er moet dan een hoge, voortdurende toon hoorbaar zijn. Met de diode worden beide trappen van de schakeling met elkaar verbonden.

## 10

R1	= weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R2	= weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R3	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R4	= weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R5	= weerstand	22.200 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R6	= weerstand	1.000 $\Omega$	(bruin, zwart, rood)
R8	= weerstand	470.000 $\Omega$	(geel, paars, geel)
R9	= weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1	= elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
C2	= elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
C3	= elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C4	= foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C5	= foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C6	= elektrolytische condensator	220 $\mu\text{F}$	
T1	= transistor (wit)		
T2	= transistor (wit)		
IC	= geïntegreerde schakeling		
D1	= diode		
La	= luidspreker in het bedieningspaneel		
R7	= potentiometer in het bedieningspaneel	10 k $\Omega$	



## Experiment en werkelijkheid

### Een hulp voor muzikanten in de dop

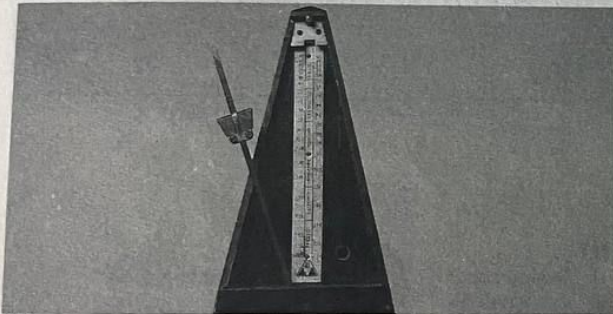
### Metronoom

Wie begint met een muziekinstrument te bespelen, weet dat buiten het noten lezen het erg moeilijk is om ook de maat te houden.

Een hulpmiddel hiervoor is een apparaat waarbij een tik vast kan worden ingesteld op de gewenste maat. Zo'n apparaat heet **Metronoom**.

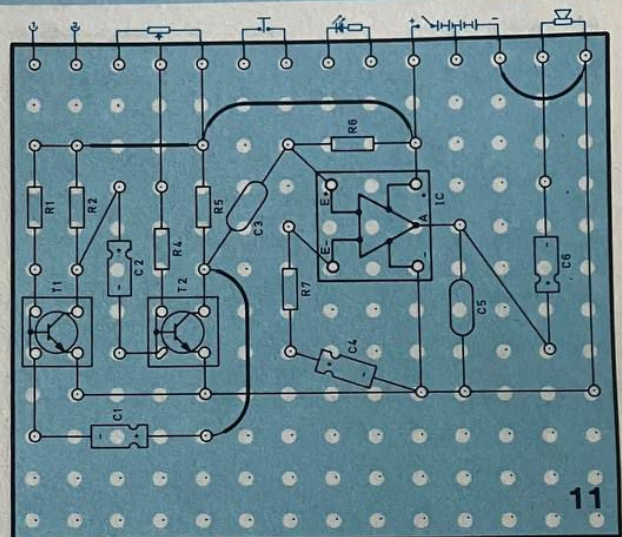
Op de bladen met muzieknoten, wordt voor de muzikleerling aangegeven in welk tempo de metronoom moet tikken. Zodat het tempo zoals de componist het schreef wordt aangehouden.

Met experiment 11 kan een metronoom worden gebouwd. Na het inschakelen zal een regelmatig tikken hoorbaar zijn. De snelheid kan met de potentiometer worden veranderd.



11

R1 = weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R2 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R4 = weerstand	1.000 $\Omega$	(bruin, zwart, rood)
R5 = weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R6 = weerstand	220.000 $\Omega$	(rood, rood, geel)
R7 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
C1 = elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
C2 = elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
C3 = foliecondensator	0,047 $\mu\text{F}$	
C4 = elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C5 = foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C6 = elektrolytische condensator	220 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
IC = geïntegreerde schakeling		
La = luidspreker in het bedieningspaneel		
R3 = potentiometer in het bedieningspaneel	10 k $\Omega$	



### Een richtingaanwijzer

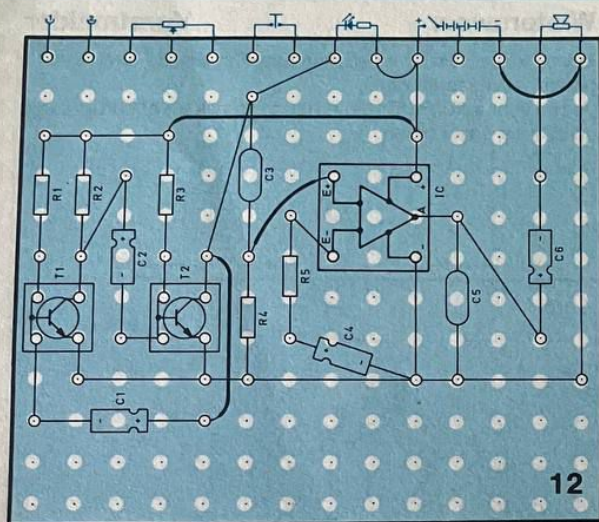
### Knipperlicht

Voertuigen moeten voorzien zijn van richtingaanwijzers. Deze moeten bij iedere verandering van richting worden gebruikt. Opdat de chauffeur controle heeft op het juiste functioneren is in het dashboard een controlelampje aangebracht. Dit is in veel gevallen ook gecombineerd met een akoestisch signaal dat tikken laat horen.

Bij het inschakelen van experiment 12 knippert de LED (lichtgevende diode). In hetzelfde tempo als deze lichtgevende diode knippert, is in de luidspreker het tikken hoorbaar.



## Experiment en werkelijkheid



12

12

R1 = weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R2 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R3 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R4 = weerstand	220.000 $\Omega$	(rood, rood, geel)
R5 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
C1 = elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
C2 = elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
C3 = foliecondensator	0,047 $\mu\text{F}$	
C4 = elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C5 = foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C6 = elektrolytische condensator	220 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
IC = geïntegreerde schakeling		
La = luidspreker in het bedieningspaneel		
LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel		

### Inbraakalarm

### Alarmapparaat met handschakeling

Omdat de laatste jaren de inbraken sterk zijn toegenomen wordt er veel gedaan aan diefstalpreventie. Behalve allerlei mechanische beveiligingen worden in de woningen nu steeds meer elektronische alarmapparaten toegepast.

Experiment 13 biedt de mogelijkheid, een diefstalalarm te bouwen. Dit apparaat waarschuwt zelfs als het alarmcontact alweer gesloten is.

Een deur kan beveiligd worden door vanuit de aansluitingen 1 en 2 van het bedieningspaneel twee draden van gelijke lengte naar de deur te leggen en met twee punaises in de sponning te bevestigen.

Op de deur zelf wordt een stukje metaalfolie gelijkmd, op een zodanige manier dat wanneer de deur gesloten is de twee punaises gelijktijdig door het stripje folie worden doorverbonden. Het apparaat wordt nu ingeschakeld.

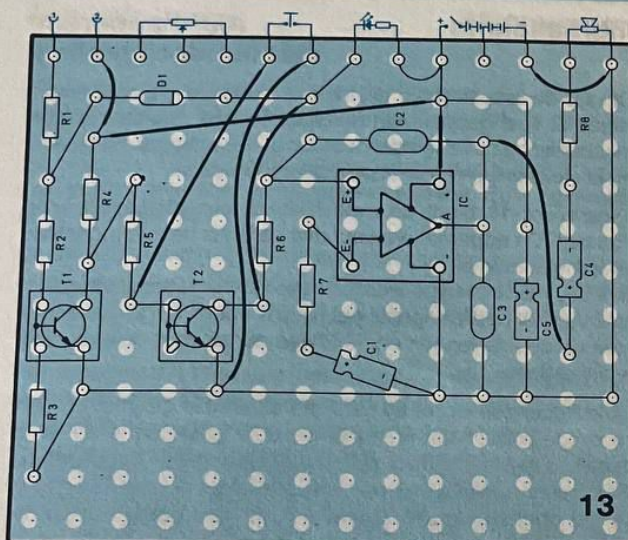
Bij het openen van de deur wordt de verbinding tussen de twee contacten verbroken en het alarm zal werken. De lichtgevende diode gaat knipperen en uit de luidspreker klinkt een toon.

Alleen door op de druktoetsschakelaar te drukken wanneer de deur weer is gesloten kan het alarm worden afgezet en tegelijkertijd is het weer bedrijfsklaar.





## Experiment en werkelijkheid



13

13

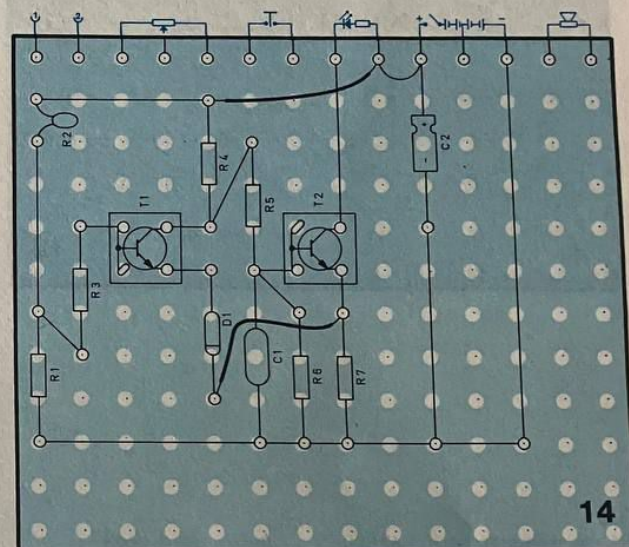
R1 = weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R2 = weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R3 = weerstand	47.000 $\Omega$	(geel, paars, oranje)
R4 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R5 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R6 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R7 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R8 = weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1 = elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C2 = foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C3 = foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C4 = elektrolytische condensator	220 $\mu\text{F}$	
C5 = elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
IC = geïntegreerde schakeling		
D1 = diode		
K = alarmcontact aan de buitenaansluitingen 1 en 2		
La = luidspreker in het bedieningspaneel		
Ta = druktoets in het bedieningspaneel		
LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel		

## Wintersweer

Iedere winter zijn er weer problemen zodra de temperatuur onder het vriespunt daalt.

Voor al automobilisten is het gevaarlijk als er een ijslaagje op de weg gaat komen.

## Vorstmelder



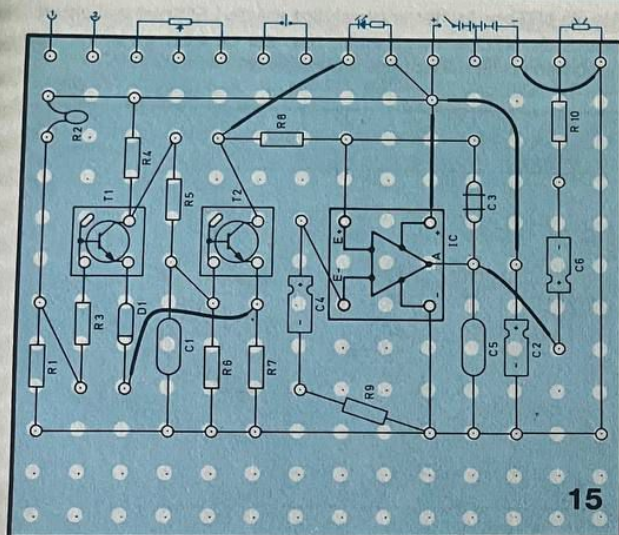
14

14

R1 = weerstand	1.000 $\Omega$	(bruin, zwart, rood)
R2 = NTC-weerstand	1.300 $\Omega$	
R3 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R4 = weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R5 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R6 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R7 = weerstand	100 $\Omega$	(bruin, zwart, bruin)
C1 = foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C2 = elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
D1 = diode		
LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel		



## Experiment en werkelijkheid



15

### 15

R1	= weerstand	1.000 $\Omega$	(bruin, zwart, rood)
R2	= NTC-weerstand	1.300 $\Omega$	
R3	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R4	= weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R5	= weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R6	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R7	= weerstand	100 $\Omega$	(bruin, zwart, bruin)
R8	= weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R9	= weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R10	= weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1	= foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C2	= elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
C3	= keramische condensator	10.000 pF	(bruin, zwart, oranje)
C4	= elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C5	= foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C6	= elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
T1	= transistor (wit)		
T2	= transistor (wit)		
IC	= geïntegreerde schakeling		
D1	= diode		
La	= luidspreker in het bedieningspaneel		
LED+RV	= lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel		

Maar ook bij allerlei andere zaken kan vriezend weer problemen geven. Leidingen, vliegtuigvleugels, enz. dienen goed in de gaten te worden gehouden.

Ter bewaking kan een vorstmelder worden gebruikt zoals te bouwen met experiment 14.

Door na de waarschuwingsmelding, de juiste tegenmaatregelen te nemen kunnen problemen worden voorkomen. In experiment 14 is de NTC, een temperatuur afhankelijke weerstand, de sensor.

Het dalen van de temperatuur, onder een kritisch punt, wordt door het oplichten van de LED aangegeven.

Om het apparaat te testen worden de NTC door middel van twee lange draden met de schakeling verbonden. Wanneer deze temperatuur afhankelijke weerstand nu in het vriesvak van de koelkast wordt gelegd, zal het apparaat gaan werken, de LED licht dan op.

Het apparaat zal nog beter waarschuwen als het apparaat behalve een optisch signaal - het oplichten van de LED - ook een akoestisch signaal laat horen. Men wordt dan nog duidelijker op het dreigend gevaar opmerkzaam gemaakt.

Met experiment 15 is een dergelijke schakeling te bouwen.

Om nu het apparaat te testen wordt de NTC weer in het vriesvak van de koelkast gelegd. Bij deze lage temperatuur zal de LED oplichten en zal de luidspreker een toon afgeven.

### Warmteschade

### Temperatuurmelder

In nagenoeg ieder huishouden worden levensmiddelen in een vriesvak of diepvriezer bewaard.

Het is noodzakelijk dat de temperatuur minstens op de  $-18^{\circ}\text{C}$  blijft.

Door technische storingen of het uitvallen van de stroom kan het voorkomen dat de temperatuur in de vriesruimte te hoog wordt en de levensmiddelen bederven.

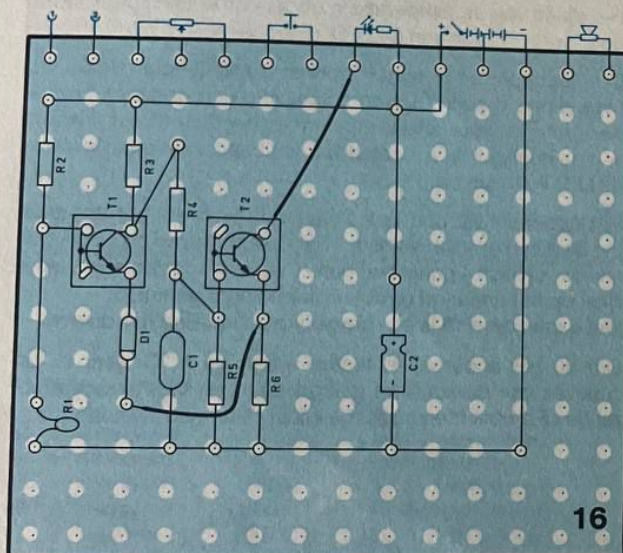


## Experiment en werkelijkheid

Met experiment 16 kan een waarschuwingsapparaat worden gebouwd dat een optisch signaal geeft, zodra een ingestelde temperatuur wordt overschreden.

Een waarschuwingsapparaat waarbij behalve een optisch signaal ook een akoestisch signaal wordt gegeven kan gebouwd worden met schakeling 17.

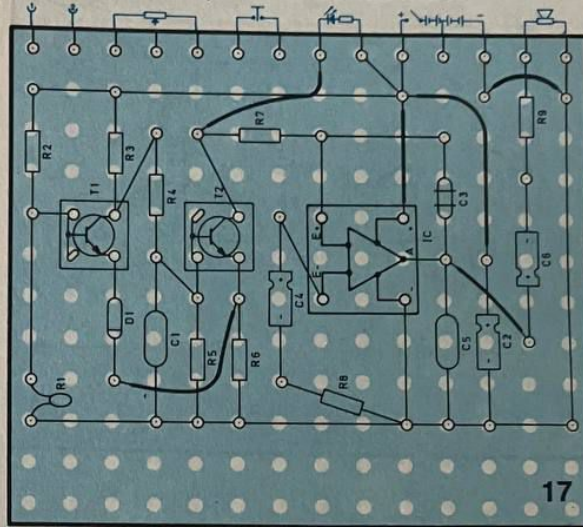
Om beide experimenten te testen kan de NTC het beste door twee lange draden met de schakeling worden verbonden.



### 16

- R1 = NTC-weerstand 1.300  $\Omega$   
 R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
 R3 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)  
 R4 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)  
 R5 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
 R6 = weerstand 100  $\Omega$  (bruin, zwart, bruin)  
 C1 = foliecondensator 0,22  $\mu\text{F}$   
 C2 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$   
 T1 = transistor (wit)  
 T2 = transistor (wit)  
 D1 = diode  
 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

Als de NTC nu in het vriesvak ligt zal de LED niet oplichten. Wordt de NTC eruit gehaald, dan zal de LED na enige tijd oplichten en de luidspreker een toon laten horen.



### 17

- R1 = NTC-weerstand 1.300  $\Omega$   
 R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
 R3 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)  
 R4 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)  
 R5 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
 R6 = weerstand 100  $\Omega$  (bruin, zwart, bruin)  
 R7 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)  
 R8 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)  
 R9 = weerstand 47  $\Omega$  (geel, paars, zwart)  
 C1 = foliecondensator 0,22  $\mu\text{F}$   
 C2 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$   
 C3 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)  
 C4 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$   
 C5 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$   
 C6 = elektrolytische condensator 4,7  $\mu\text{F}$   
 T1 = transistor (wit)  
 T2 = transistor (wit)  
 IC = geïntegreerde schakeling  
 D1 = diode  
 La = luidspreker in het bedieningspaneel  
 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

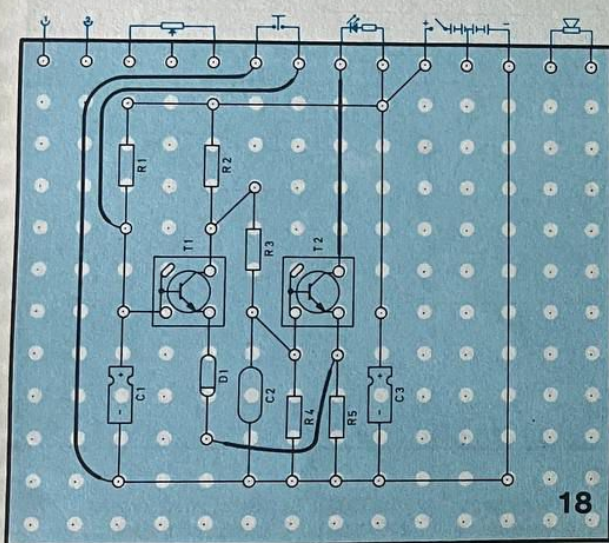


## Trappehuisverlichting

## Tijdschakelaar

In trappehuizen van bij voorbeeld flats kan het licht worden ingeschakeld door op een knop te drukken. Na enige tijd gaat het dan vanzelf weer uit.

Zo'n manier van verlichten spaart energie, omdat veel mensen, zodra ze voor hun huis zijn aangekomen, vergeten het licht weer uit te doen.



18

18

R1 = weerstand	220.000 $\Omega$	(rood, rood, geel)
R2 = weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R3 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R4 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R5 = weerstand	220 $\Omega$	(rood, rood, bruin)
C1 = elektrolytische condensator	220 $\mu\text{F}$	
C2 = foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C3 = elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
D1 = diode		
Ta = druktoets in het bedieningspaneel		
LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel		

## Experiment en werkelijkheid

Het verschil of het licht slechts enige minuten of de hele nacht brandt, wordt aan de stroomrekening goed gemerkt.

Een apparaat dat het licht automatisch uitschakelt kan met experiment 18 worden gebouwd. Als de druktoetsschakelaar kort wordt ingedrukt, zal de lichtgevende diode ca. 25 seconden oplichten en daarna vanzelf weer uitgaan.

De oplichtingstijd wordt bepaald door de condensator  $C_1$ , 220  $\mu\text{F}$  en de weerstand  $R_1$ .

De lichtduur kan bij experiment 19 worden veranderd door de weerstand of de condensator door een andere waarde te vervangen bij voorbeeld door resp. 100 k $\Omega$  of 10  $\mu\text{F}$ .

Het trappenhuislicht in woningen wordt door een variabele weerstand in tijd geregeld.



## Wateroverlast

Het kan door regen of bij voorbeeld een defecte waterslang van de wasmachine voorkomen dat kelder of keuken onder water loopt.

Dergelijke problemen kunnen worden voorkomen als er een tijdige waarschuwing gegeven wordt.

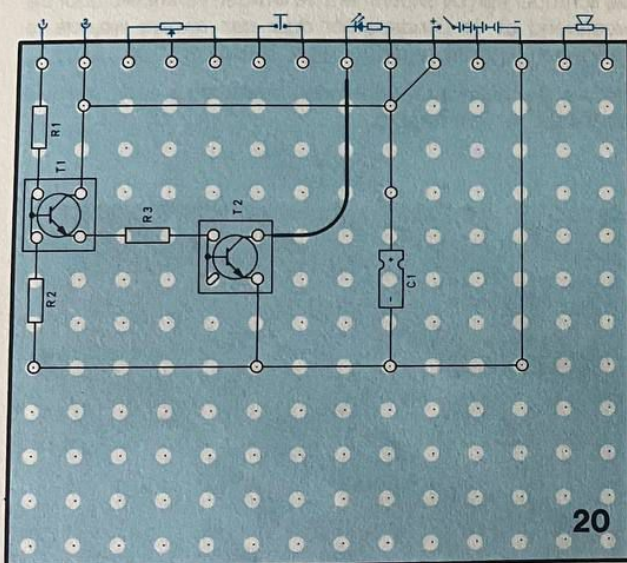
Het is geen ingewikkelde bezigheid een waarschuwingsapparaat te bouwen.



## Experiment en werkelijkheid

Met experiment 20 kan een apparaat worden gebouwd dat waarschuwt zodra wateroverlast dreigt.

Als het apparaat is gebouwd is er nog een voeler nodig, een sensor. Om het apparaat te testen steken we twee blanke draden, vanaf de buitenaansluitingen 1 en 2 van het bedieningspaneel, in een glas. De draden blijven goed in het glas zitten als ze stevig om de rand worden gebogen. Wordt er nu water in het glas gedaan, dan zal zodra het water de twee draden bereikt heeft de lichtgevende diode oplichten.



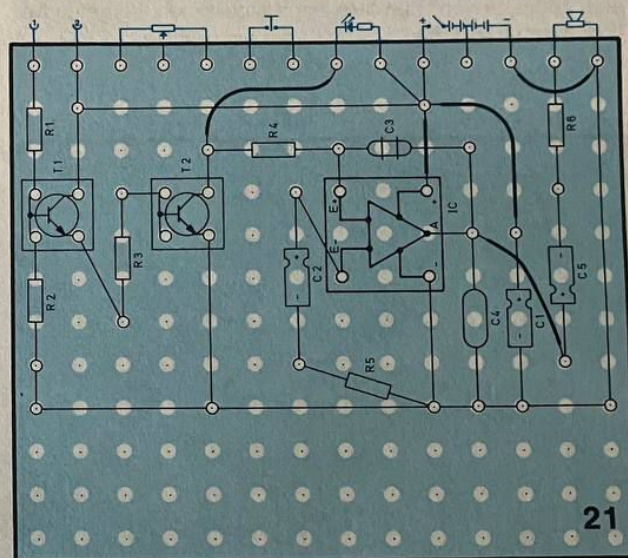
### 20

R1	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R2	= weerstand	220.000 $\Omega$	(rood, rood, geel)
R3	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
C1	= elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
T1	= transistor (wit)		
T2	= transistor (wit)		
S	= sensorcontact		

LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

Met experiment 21 wordt het apparaat met een waarschuwingston uitgebreid. Als sensor dienen weer twee blanke draden die vanaf het bedieningspaneel naar een waterglas lopen.

Zodra, bij dit experiment het water de beide draden bereikt, zal de LED oplichten en de luidspreker een toon geven.



### 21

R1	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R2	= weerstand	220.000 $\Omega$	(rood, rood, geel)
R3	= weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R4	= weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R5	= weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R6	= weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1	= elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
C2	= elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C3	= keramische condensator	10.000 pF	(bruin, zwart, oranje)
C4	= foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C5	= elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
T1	= transistor (wit)		
T2	= transistor (wit)		
IC	= geïntegreerde schakeling		
S	= sensorcontact		
La	= luidspreker in het bedieningspaneel		

LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

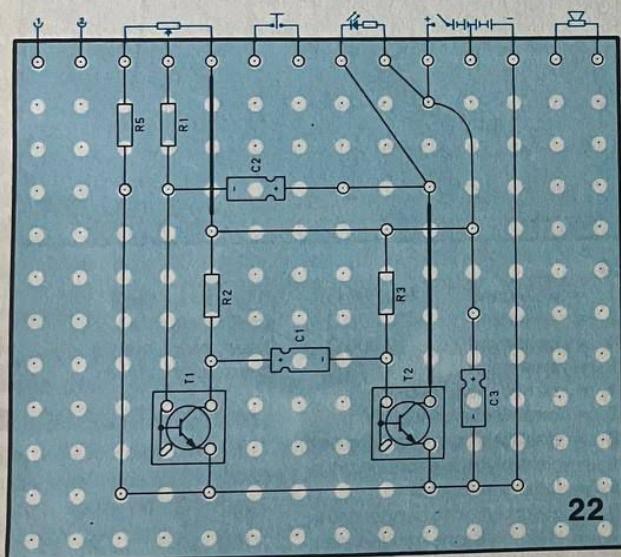


## Experiment en werkelijkheid

### Werk in uitvoering Regelbaar knipperlicht

Knipperlichten zijn in verband met de verkeersveiligheid noodzakelijk bij wegomleggingen en verkeerslichten. Dit komt omdat een continu brandende lamp veel minder opvalt dan een knipperlicht. Bij moderne knipperlichtinstallatie's kan de snelheid worden ingesteld.

Het knipperlicht van experiment 22 gaat knipperen zodra de voedingsspanning is ingeschakeld. De snelheid kan met de potentiometer worden geregeld.



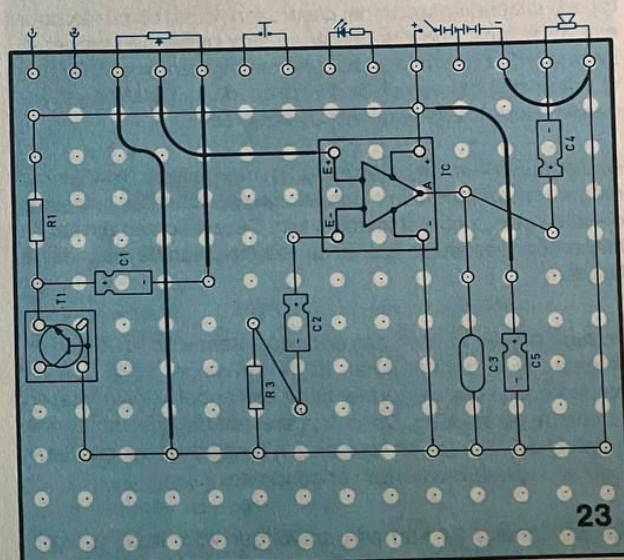
**22**

- R1 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)
- R2 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)
- R3 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R5 = weerstand 2.200  $\Omega$  (rood, rood, rood)
- C1 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$
- C2 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$
- C3 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel
- R4 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$

### Regensimulator

Hoorspelen komen het beste op de luisteraar over als overtuigend wordt gesproken en dit wordt ondersteund met geluiden. Het is erg moeilijk om tijdens een uitzending alle geluiden echt op te nemen. Deze worden daarom met elektronische hulpmiddelen verrassend echt nagemaakt. Men noemt dit simuleren. Een van de belangrijkste mensen in de opnamestudio is de man die de kunst beheerst om de geluiden na te maken. Het experiment 23 geeft de mogelijkheid een regenbui na te bootsen. Na het inschakelen wordt een hevige ruis hoorbaar.

### Ruisgenerator



**23**

- R1 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)
- R3 = weerstand 10  $\Omega$  (bruin, zwart, zwart)
- C1 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$
- C2 = elektrolytische condensator 4,7  $\mu\text{F}$
- C3 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$
- C4 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- C5 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$
- T1 = transistor (wit)
- IC = geïntegreerde schakeling
- La = luidspreker in het bedieningspaneel
- R2 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$



## Experiment en werkelijkheid

### Radiogolven uit de ether

Radio-ontvangst is iets vanzelfsprekends. Het is goed er eens bij stil te staan hoe muziek door de lucht, muren, enz. ons bereiken kan.

Een zender geeft een geheimzinnige energie af. Deze energie kan met zintuigen niet direct worden waargenomen. Dat deze energie aanwezig is merkt men alleen indien ze in muziek en spraak is omgezet.

Bij een uitzending wordt het gesproken woord of muziek door een microfoon opgevangen en in stroomtrillingen omgezet. Deze worden versterkt en naar de zender toegevoerd. Daarna wordt er nog het een en ander meegedaan. De stroomtrillingen worden door radiogolven overgebracht.

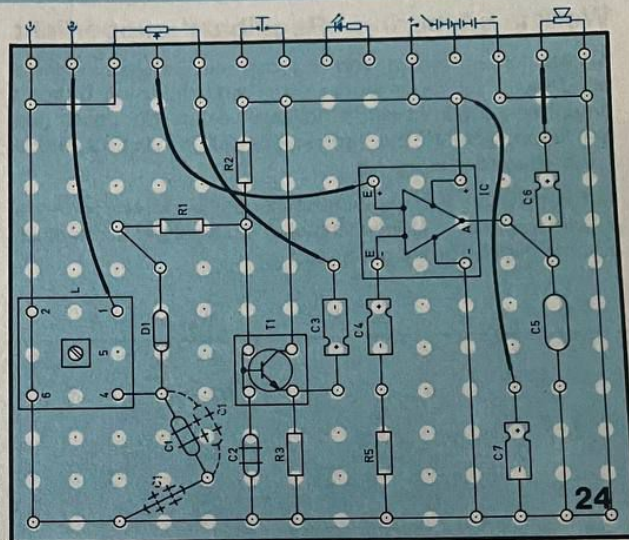
Radiogolven kunnen het eenvoudigst vergeleken worden met magnetisme. Rond een magneet zijn ook krachten aanwezig die niet hoor-, zicht- of tastbaar zijn. Deze krachten zijn aan te tonen door een stukje ijzer in de nabijheid van de magneet te houden.

De radiogolven worden dan door de antenne opgevangen en omgezet in stroomtrillingen. In de ontvanger volgt dan de zenderkeuze - (iedere zender heeft een andere golflengte) en daarna de versterking. De luidspreker zet de stroomtrillingen in geluid om. Spraak en muziek zijn tenslotte weer hoorbaar zoals ze in de studio werden opgenomen.

Met experiment 24 kan een ontvanger voor nabij gelegen zenders worden gebouwd. De opbouw van het apparaat vraagt wel wat ervaring. Het is beter niet alles tegelijk te bouwen maar deel voor deel. Bij het bouwen van een ontvanger, net als bij het foutzoeken wordt altijd begonnen met het deel waar de luidspreker zit. In experiment 24 is dat het IC met de daaraan verbonden onderdelen.

Bouw eerst deze trap zonder de Ingang E+ van het IC aan te sluiten. Monteer ook de potentiometer en de condensator C7, 100  $\mu$ F. Als met een vinger de aansluiting E+ van het IC wordt aangeraakt, moet een brom hoorbaar worden. Vaak is zelfs al een zender te horen.

### Middengolf Radio-ontvanger



#### 24

- R1 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)
- R2 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, geel)
- R3 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R5 = weerstand 10  $\Omega$  (bruin, zwart, zwart)
- C1 = zie het ontvangstgebied
- C2 = keramische condensator 1.000 pF (bruin, zwart, rood)
- C3 = elektrolytische condensator 10  $\mu$ F
- C4 = elektrolytische condensator 4,7  $\mu$ F
- C5 = foliecondensator 0,1  $\mu$ F
- C6 = elektrolytische condensator 220  $\mu$ F
- C7 = elektrolytische condensator 100  $\mu$ F
- T1 = transistor (wit)
- IC = geïntegreerde schakeling
- D1 = diode
- L = spoel, rood
- La = luidspreker in het bedieningspaneel
- R4 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$

Ontvangstgebied		Keramische condensator	
Bereik 1	600 – 950 kHz	C1 = 100 pF	(bruin, zwart, bruin)
		47 pF	(geel, paars, zwart) parallel
Bereik 2	950 – 1.250 kHz	C1 = 47 pF	(geel, paars, zwart)
Bereik 3	1.200 – 1.550 kHz	C1 = 100 pF	(bruin, zwart, bruin)
		47 pF	(geel, paars, zwart) in serie



## Experiment en werkelijkheid

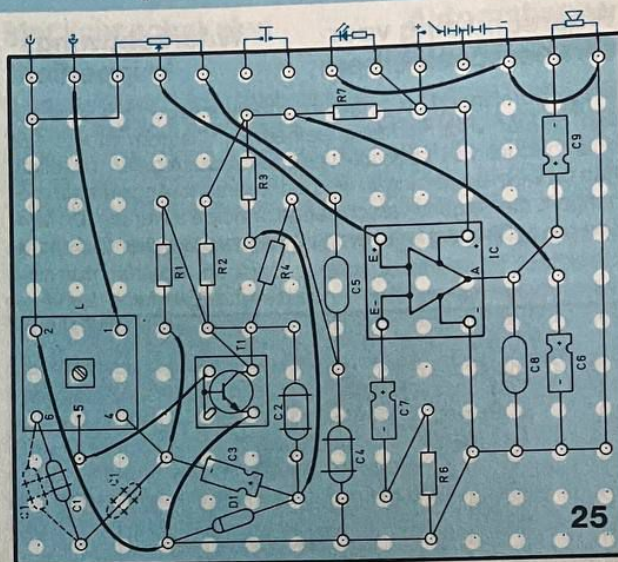
Is alles in orde bouw dan de ontvangtrap met de transistor. Verbind beide trappen met elkaar en raak een aansluitdraad van de weerstand  $R_1$  aan. Ook nu moet een bromtoon hoorbaar zijn, dit keer echter veel harder.

Als het apparaat voor zover het nu gebouwd is goed werkt, dienen de resterende onderdelen te worden gemonteerd. Een lange draad aangesloten op punt 1 van de spoel, fungeert als antenne. Indien aanwezig kan ook een centraal antennesysteem worden gebruikt. Bij het uitproberen is het aan te bevelen een aardleiding aan te sluiten. Als aarde kan de waterleiding, verwarming of de aardaansluiting van de centrale antenne worden gebruikt.

Het afstemmen op een zender gebeurt met de spoel en de condensator van 47 pF. De spoel kan op verschillende elektrische waarden worden afgestemd, door voorzichtig met een schroevendraaier de kern te verdraaien. Draai de kern één keer door van het begin tot het eind. Wordt daarbij geen dichtbij gelegen zender hoorbaar dan ligt deze buiten het afstemgebied en moet aan de condensator van 47 pF een tweede van 100 pF parallel worden geschakeld. Verdraai de spoelkern opnieuw. Is er weer geen ontvangst, schakel dan de condensatoren van 47 pF en 100 pF in serie en verdraai de spoelkern opnieuw.

Als het apparaat goed is gebouwd zal altijd een zender worden ontvangen. In gunstige gevallen zullen zelfs meerdere zenders hoorbaar zijn.

Het experiment 25 maakt het mogelijk een radio-ontvanger te bouwen waarmee meerdere zenders ontvangen kunnen worden. Ga bij de opbouw zo te werk dat eerst de IC-versterker wordt gemonteerd en getest. Daarna volgt de trap met de transistor. Ga bij het zoeken van de zender te werk zoals beschreven is in experiment 24.



### 25

- R1 = weerstand 220.000  $\Omega$  (rood, rood, geel)
- R2 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)
- R3 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, geel)
- R4 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R6 = weerstand 47  $\Omega$  (geel, paars, zwart)
- R7 = weerstand 100  $\Omega$  (bruin, zwart, bruin)
- = zie ontvangstgebied
- C2 = keramische condensator 1.000 pF (bruin, zwart, rood)
- C3 = elektrolytische condensator 4,7  $\mu$ F
- C4 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)
- C5 = foliecondensator 0,22  $\mu$ F
- C6 = elektrolytische condensator 100  $\mu$ F
- C7 = elektrolytische condensator 10  $\mu$ F
- C8 = foliecondensator 0,1  $\mu$ F
- C9 = elektrolytische condensator 220  $\mu$ F
- T1 = transistor (wit)
- IC = geïntegreerde schakeling
- D1 = diode
- L = spoel, rood
- La = luidspreker in het bedieningspaneel
- LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel
- R5 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$

Ontvangstgebied		Keramische condensator	
Bereik 1	600 – 950 kHz	C1 = 100 pF	(bruin, zwart, bruin) en 47 pF (geel, paars, zwart) parallel
Bereik 2	950 – 1.250 kHz	C1 = 47 pF	(geel, paars, zwart)
Bereik 3	1.200 – 1.550 kHz	C1 = 47 pF	(geel, paars, zwart) en 100 pF (bruin, zwart, bruin) in serie



## Experiment en werkelijkheid

### Waarschuwing voor verkeersdeelnemers

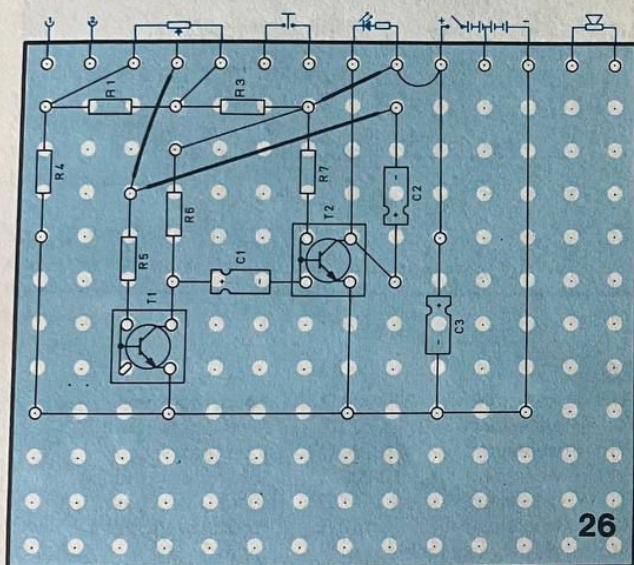
Weg-opbrekingen op openbare verkeerswegen zijn 's nachts een gevaar voor verkeersdeelnemers. Daarom moeten ze door middel van speciale veiligheidsmaatregelen opvallen. Aan de wegversperringen worden waarschuwingslampen gehangen, die volgens verschillende principe's werken. De lampen die gelijkmatig knipperen zijn algemeen bekend, de licht-

### Waarschuwingsknipperlicht

en donker-periode is evenlang.

Modernere lampen flitsen slechts kort op maar erg helder en de donkere periode is veel langer. Deze lampen hebben het voordeel dat ze naar verhouding minder stroom gebruiken.

Met experiment 26 kan zo'n waarschuwingslicht gebouwd worden. De LED licht kort op en is dan langere tijd donker. Met de potentiometer kan de oplichtingstijd worden ingesteld.



### 26

R1 = weerstand	47.000 $\Omega$	(geel, paars, oranje)
R3 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R4 = weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R5 = weerstand	1.000 $\Omega$	(bruin, zwart, rood)
R6 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R7 = weerstand	220.000 $\Omega$	(rood, rood, geel)

C1 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$

C2 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$

C3 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$

T1 = transistor (wit)

T2 = transistor (wit)

LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

R2 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$



### Tussen licht en donker

### Dimmer

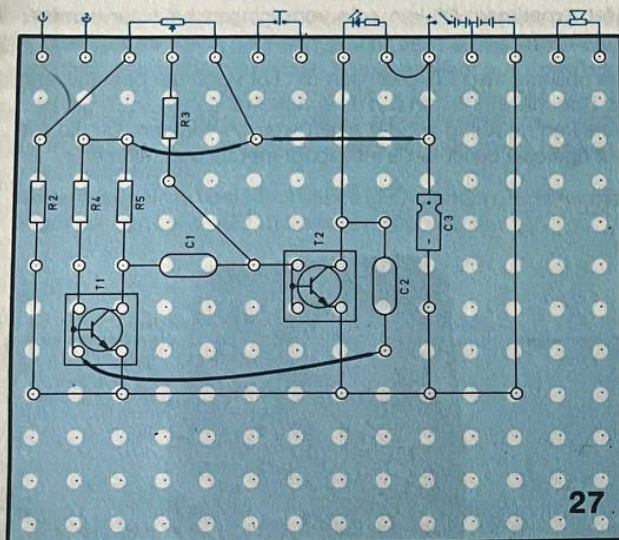
In bioscopen en theaters worden helderheidsregelaars gebruikt. Deze maken een geleidelijke overgang van licht naar donker mogelijk.

Sedert enkele jaren worden deze helderheidsregelaars dimmers genoemd en worden steeds meer in woonkamers gebruikt. Men kan voor een gezellig gesprek een lage belichting gebruiken terwijl dezelfde lamp, om te lezen of ander werk te doen, helder licht kan uitstralen.

Met de potentiometer is in experiment 27 de helderheid van de LED te regelen.



## Experiment en werkelijkheid



27

### 27

- R2 = weerstand 470  $\Omega$  (geel, paars, bruin)  
 R3 = weerstand 2.200  $\Omega$  (rood, rood, rood)  
 R4 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)  
 R5 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)  
 C1 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$   
 C2 = foliecondensator 0,047  $\mu\text{F}$   
 C3 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$   
 T1 = transistor (wit)  
 T2 = transistor (wit)  
 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 R1 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$

### 28

- R1 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)  
 R2 = LDR in de buitenaansluitingen 1 en 2  
 R4 = weerstand 2.200  $\Omega$  (rood, rood, rood)  
 R5 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)  
 R6 = weerstand 220.000  $\Omega$  (rood, rood, geel)  
 C1 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$   
 T1 = transistor (wit)  
 T2 = transistor (wit)  
 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 R3 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$

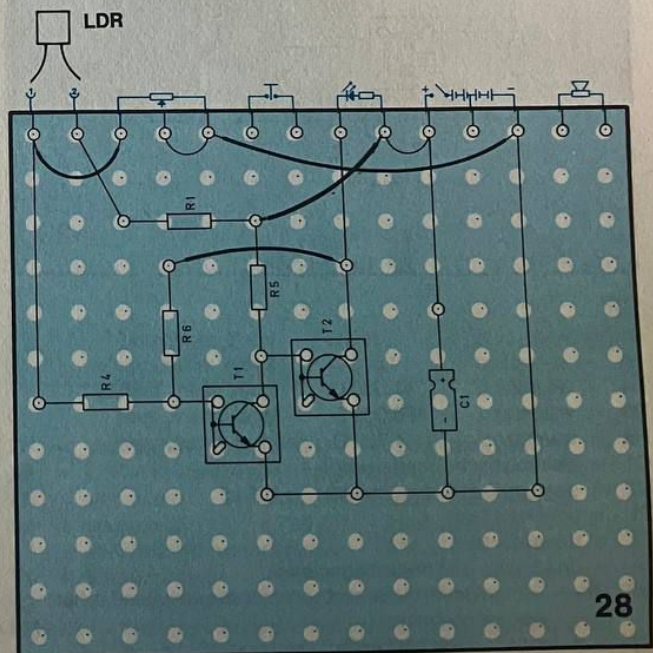
### Met licht schakelen

### Automatische nachtverlichting

De ontwikkeling van lichtafhankelijke onderdelen maakt het mogelijk met licht te schakelen. Zo'n onderdeel is de lichtafhankelijke weerstand, afgekort LDR. Deze dient als meetvoeler om verschillende helderheidswaarden op te nemen, te verwerken en daarmee elektronische schakelingen te sturen.

Een toepassingsgebied voor, door lichtgestuurde apparaten is de automatische nachtschakelaar, waarmee bij voorbeeld de straatverlichting automatisch wordt ingeschakeld zodra het daglicht onvoldoende is.

Met experiment 28 kan een lichtgevoelige schakeling worden gebouwd. Wanneer op de LDR geen licht valt zal de lichtgevende diode oplichten, deze zal weer uitgaan bij voldoende licht. Om de functie van de schakeling te onderzoeken moet de LDR afwisselend belicht en afgedekt worden. Het schakelmoment kan met de potentiometer worden ingesteld.



28



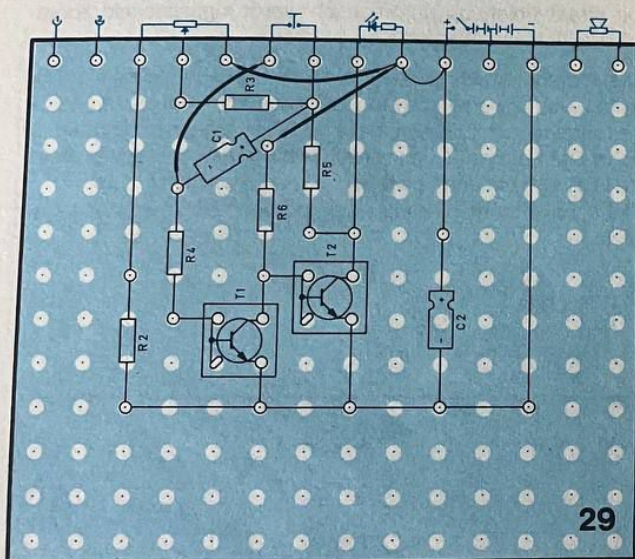
## Experiment en werkelijkheid

### Klaar af! Alarmapparaat met vertraging

Elektronische alarmapparaten moeten als de bewoner zijn huis verlaat, aangezet worden. Voor wie naar buiten gaat, komt het probleem aan de orde om na het inschakelen de deur nog te openen en te sluiten zonder dat het alarm aangaat. Zonder vertragingsschakelaar is dat niet mogelijk, zelfs wanneer men bliksemsnel de deur uitloopt.

Met experiment 29 kan zo'n vertragingsschakelaar worden gebouwd.

De oplichtende LED geeft aan dat het apparaat bedrijfsklaar is. Door het indrukken van de schakelaar gaat de LED uit. Het huis kan nu rustig zonder haast worden verlaten. De tijd tot het opnieuw oplichten is instelbaar met de potentiometer.



29

#### 29

- R2 = weerstand 2.200  $\Omega$  (rood, rood, rood)
- R3 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R4 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)
- R5 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, geel)
- R6 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)
- C1 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- C2 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$
- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- Ta = druktoets in het bedieningspaneel
- LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel
- R1 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$



### Licht is niet altijd licht genoeg

### Belichtingsmeter

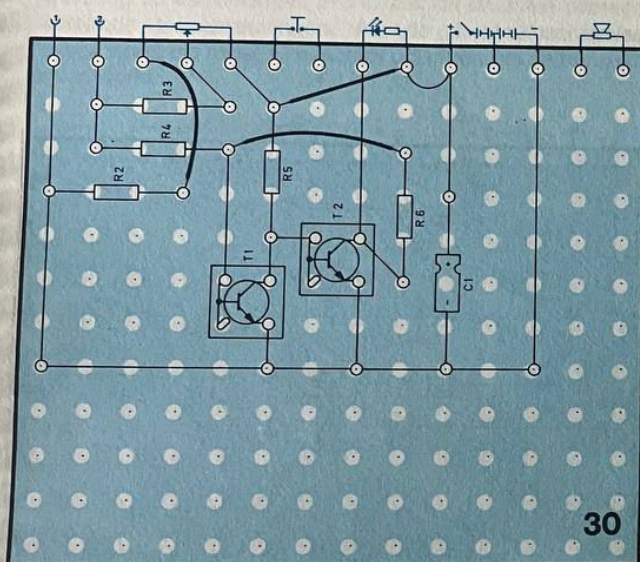
Bij het opnemen van film- of televisie-opnamen valt het op hoe zorgvuldig en regelmatig de helderheid op de plaats van opname wordt gemeten. Voldoende licht is een eerste vereiste voor het maken van een film. Ook amateurfotografen zijn overtuigd van de noodzaak van voldoende licht. Het is mogelijk de helderheid met een instrument te meten die de waarde met het uitslaan van een wijzer aangeeft. Dit is ook mogelijk met een apparaat dat bij voldoende licht een LED doet oplichten.



## Experiment en werkelijkheid

Wanneer bij kamerlicht de knop van de potentiometer van experiment 30 wordt gedraaid gaat bij een bepaalde stand de lichtgevende diode aan of uit. Wanneer bij een oplichtende LED de lichtafhankelijke weerstand wordt afgedekt zal de LED uitgaan. Stel de potentiometer in een verduisterde ruimte zo in, dat de LED juist uitgaat. Deze licht op zodra het licht wordt aangedaan.

**Aanwijzing:** Bij te veel licht blijft de LED branden, is de ruimte te donker dan zal de LED helemaal niet oplichten.



**30**

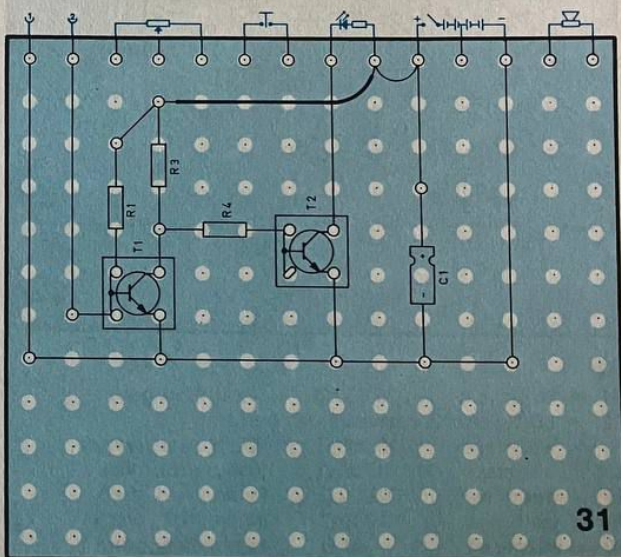
- R2 = weerstand 220  $\Omega$  (rood, rood, bruin)
- R3 = weerstand 2.200  $\Omega$  (rood, rood, rood)
- R4 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)
- R5 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)
- R6 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)
- R7 = LDR in de buitenaansluitingen 1 en 2
- C1 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel
- R1 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$

### Voorzichtig met fotopapier

In fotolaboratoria en donkere kamers is wit licht of het nu van gloeilampen of zonlicht afkomstig is een gevaar voor fotopapier en film. Als iemand onverwachts het licht aandoet kan er een flinke schade ontstaan.

Met experiment 31 kan een waarschuwingsapparaat gebouwd worden dat lichtinval op de LDR door oplichten aangeeft. Wordt de LDR afgedekt dan zal de lichtgevende diode weer uitgaan.

### Lichtgevoelige schakeling



**31**

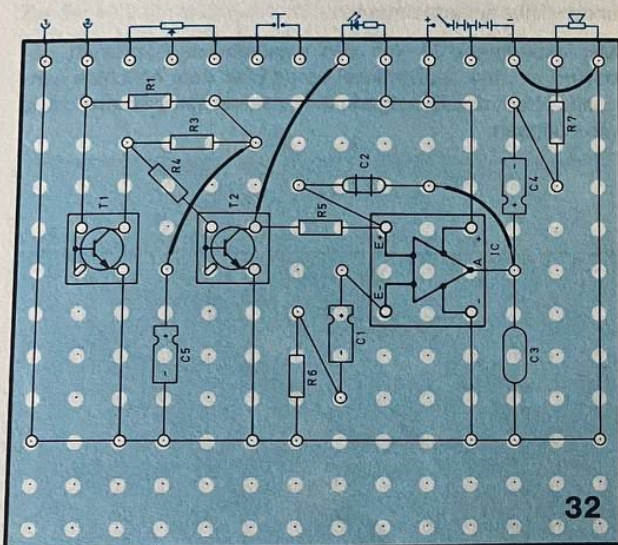
**31**

- R1 = weerstand 220.000  $\Omega$  (rood, rood, geel)
- R2 = LDR in de buitenaansluitingen 1 en 2
- R3 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R4 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)
- C1 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel



## Experiment en werkelijkheid

Een bruikbare waarschuwingsschakelaar kan met experiment 32 worden opgebouwd. Zodra licht op de LDR valt zal de lichtgevende diode oplichten en de luidspreker een waarschuwingstoon geven.

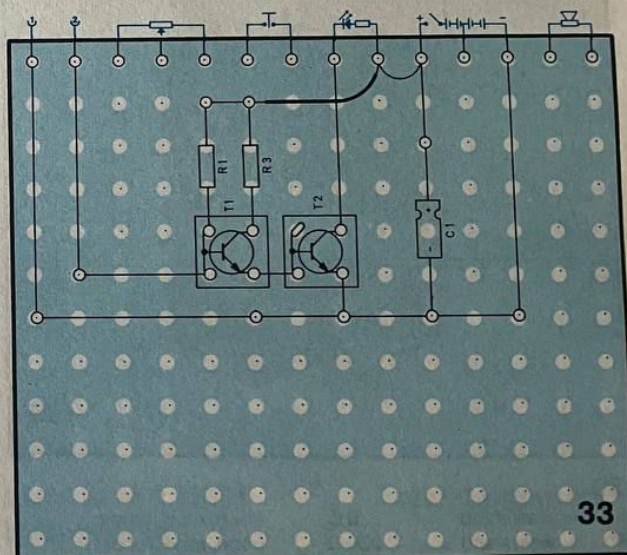


### 32

- R1 = weerstand 220.000  $\Omega$  (rood, rood, geel)
- R2 = LDR in de buitenaansluitingen 1 en 2
- R3 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R4 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)
- R5 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)
- R6 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R7 = weerstand 47  $\Omega$  (geel, paars, zwart)
- C1 = elektrolytische condensator 4,7  $\mu$ F
- C2 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)
- C3 = foliecondensator 0,1  $\mu$ F
- C4 = elektrolytische condensator 10  $\mu$ F
- C5 = elektrolytische condensator 220  $\mu$ F
- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- IC = geïntegreerde schakeling
- La = luidspreker in het bedieningspaneel
- LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

In moderne foto toestellen is een indicator aanwezig, de foto-graaf waarschuwt wanneer er niet voldoende licht meer is om te fotograferen. Over het algemeen is in de zoeker een licht-gevende diode ingebouwd. Licht deze op dan moet een extra belichting worden ingeschakeld, bij voorbeeld een fotolamp of een flitser.

Zo'n waarschuwingsapparaat is met experiment 33 te bouwen. Komt de lichtwaarde in de kamer onder een ingestelde waarde dan zal de LED oplichten. Zodra het licht helderder wordt zal de LED weer uitgaan.



### 33

- R1 = weerstand 220.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)
- R2 = LDR in de buitenaansluitingen 1 en 2
- R3 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- C1 = elektrolytische condensator 220  $\mu$ F
- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel



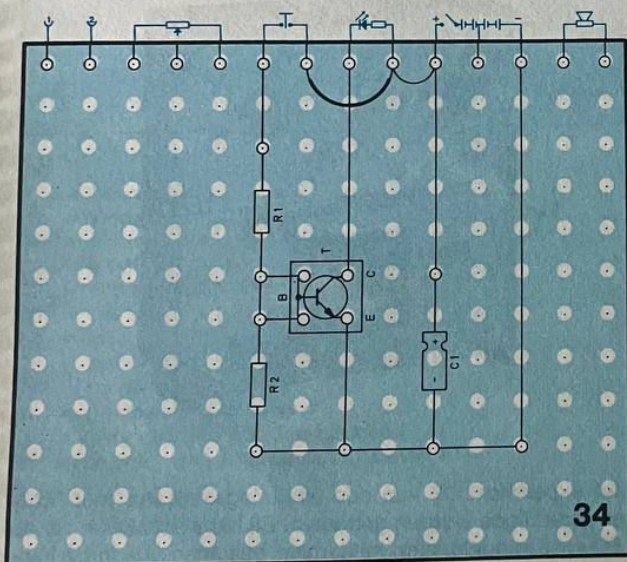
## Transistortester

## Hoe transistors te testen?

Ook transistors kunnen beschadigd zijn of bij onoordeelkundig gebruik worden vernield. Een apparaat kan alleen goed werken als alle onderdelen storingsvrij zijn. Daarom is het nodig de mogelijkheid transistors op hun goede werking te testen.

Een elektronische transistortester kan met experiment 34 worden gebouwd.

Bevestig de aansluitingen E-B-C aan de daarmee overeenkomende testansluitingen. Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt moet de indicator oplichten, als de transistor goed werkt.



**34**

- R1 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R2 = weerstand 220.000  $\Omega$  (rood, rood, geel)
- C1 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- T = transistor, test
- Ta = druktoets in het bedieningspaneel
- LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

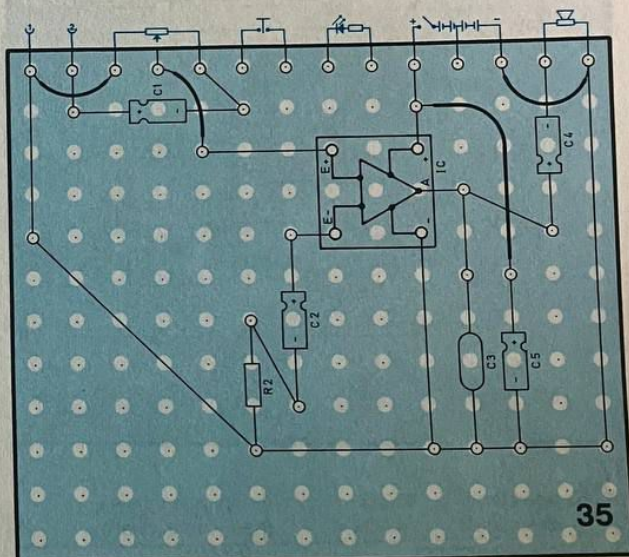
## Experiment en werkelijkheid

## De natuur beluisteren

## Microfoonversterker

Bij natuurfilms worden de geluiden die de dieren maken echt weergegeven. Het is bijzonder moeilijk de zwakke geluiden van bijvoorbeeld jonge vogels vanaf een grote afstand op te nemen. Men heeft daarvoor een gevoelige microfoon nodig en een speciale versterker. Deze is vaak als voorversterker in de microfoon gebouwd.

Experiment 35 is zo'n voorversterker. Als aan de buitenaansluitingen 1 en 2 van het bedieningspaneel een microfoon wordt aangesloten komen de opgenomen geluiden goed hoorbaar uit de luidspreker.



**35**

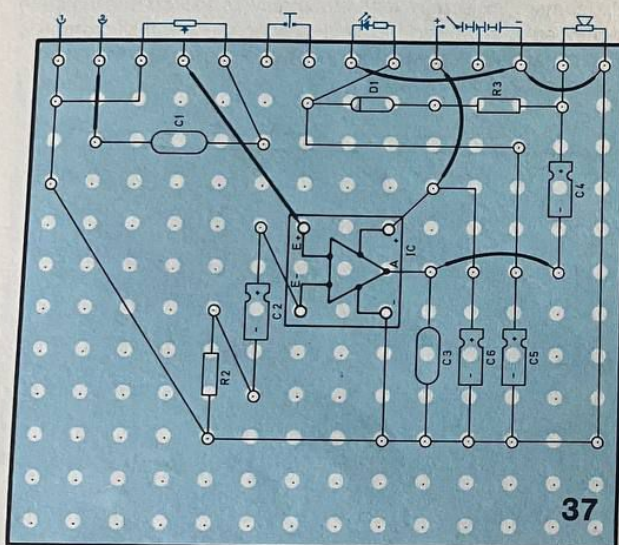
- R2 = weerstand 10  $\Omega$  (bruin, zwart, zwart)
- C1 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$
- C2 = elektrolytische condensator 4,7  $\mu\text{F}$
- C3 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$
- C4 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- C5 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$
- IC = geïntegreerde schakeling
- La = luidspreker in het bedieningspaneel
- R1 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$



## Experiment en werkelijkheid

Deze versterker kan ook gebruikt worden voor een platenspeler, als in experiment 36 de weerstand  $R_2 = 10 \Omega$  voor één van  $100 \Omega$  wordt omgewisseld.

Een uitbreiding van dit experiment is het inbouwen van een optische uitsturing-niveau-indicator volgens experiment 37. Hiermee is het mogelijk bij het weergeven van bij voorbeeld de muziek van een platenspeler te beoordelen of de geluidsterkte optimaal is ingesteld.



**37**

- R2 = weerstand 100  $\Omega$  (bruin, zwart, bruin)
- R3 = weerstand 47  $\Omega$  (geel, paars, zwart)
- C1 = foliecondensator 0,22  $\mu F$
- C2 = elektrolytische condensator 10  $\mu F$
- C3 = foliecondensator 0,1  $\mu F$
- C4 = elektrolytische condensator 220  $\mu F$
- C5 = elektrolytische condensator 4,7  $\mu F$
- C6 = elektrolytische condensator 100  $\mu F$
- IC = geïntegreerde schakeling
- D1 = diode
- La = luidspreker in het bedieningspaneel
- LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel
- R1 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$

40

## Muziek op de juiste manier opgenomen

## Uitsturings-indicator

Muziek liefhebbers weten dat het bij een recorderopname op het juiste geluidsniveau aankomt. Moeilijk wordt het bij die muziekstukken, waarbij de geluidsterkte erg varieert. De harde en zachte gedeelten van de muziek moeten natuurlijk van gelijke kwaliteit worden. Daarom moet er bij de opname gelet worden dat de harde delen van de muziek niet zo sterk worden opgenomen dat ze bij de weergave vervormd klinken. Men zegt dan, de versterker is overstuurd. Om zo'n oversturing te voorkomen zit op de betere apparaten een uitsturingsindicator. Deze bestaat of uit een meter of uit lichtgevende dioden.



Met experiment 38 kan een uitsturingsindicator met lichtgevende diode worden gebouwd. Bij het inschakelen zal de LED met middelmatige helderheid oplichten. Als in de luidspreker, die hier als microfoon dienst doet, wordt gesproken zal de helderheid in het ritme van de spraak variëren.

Schakeling 38 kan ook als lichtorgel worden gebruikt. Wordt het apparaat voor een luidsprekerbox gehouden, dan zal de helderheid van de lichtgevende diode variëren met de geluidsterkte.

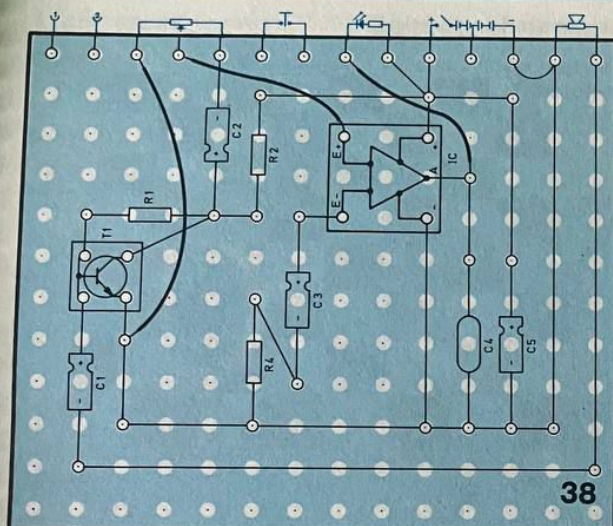
Met de potentiometer kan de gevoeligheid worden ingesteld.



## Experiment en werkelijkheid

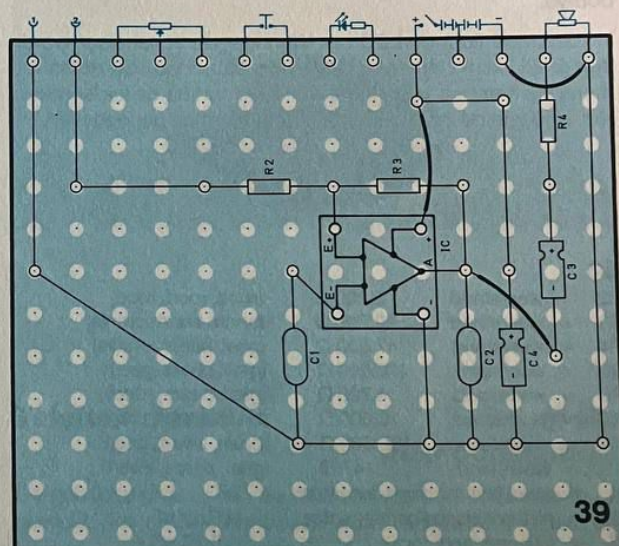
Een lichtafhankelijke weerstand is een onderdeel, dat door lichtinval in weerstandswaarde verandert en stroombewegingen kan bewerkstelligen. Worden de op deze manier opgewekte signalen aan een toongenerator toegevoerd, dan worden de tonen met licht hoorbaar gemaakt.

Met experiment 39 kan een licht/toongenerator worden gebouwd, waarbij helder daglicht hoge tonen geeft omdat de weerstand van de LDR op een kleine waarde door het licht wordt ingesteld. Bij minder lichtinval of licht van een lamp heeft de LDR een hogere weerstand en is de toon lager.



### 38

- R1 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, geel)
- R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R4 = weerstand 47  $\Omega$  (geel, paars, zwart)
- C1 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$
- C2 = elektrolytische condensator 4,7  $\mu\text{F}$
- C3 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$
- C4 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$
- C5 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- T1 = transistor (wit)
- IC = geïntegreerde schakeling
- La = luidspreker in het bedieningspaneel
- R3 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$



### 39

- R1 = LDR in de buitenaansluitingen 1 en 2
- R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R3 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)
- R4 = weerstand 47  $\Omega$  (geel, paars, zwart)
- C1 = foliecondensator 0,22  $\mu\text{F}$
- C2 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$
- C3 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$
- C4 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- IC = geïntegreerde schakeling
- La = luidspreker in het bedieningspaneel

### Ook de zon kan fluiten

Het is tegenwoordig algemeen bekend, dat zonlicht door middel van lichtgevoelige cellen, zonnecellen in elektriciteit kan worden omgezet.

### Door licht gestuurde toongenerator



## Experiment en werkelijkheid

### Schakers in tijdnood

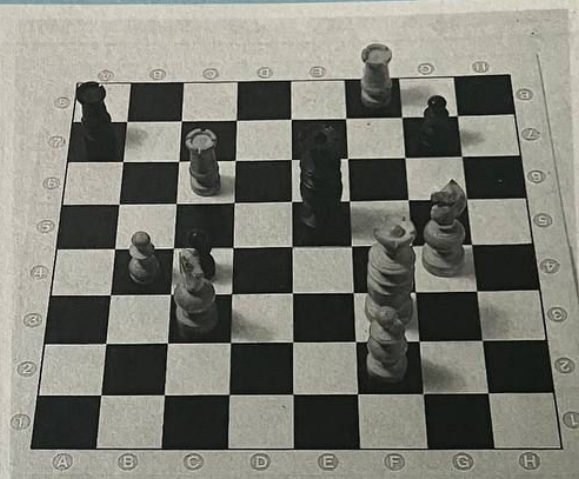
### Elektronische tjdklok

Voor hardlopers is het vanzelfsprekend dat de tijd met een stopwatch wordt gemeten. Maar ook voor andere toepassingen wordt met een tijd klok gewerkt.

Schakers bij voorbeeld gebruiken speciale uurwerken waarmee de tijd wordt aangegeven die een speler nodig heeft om na te denken. Ook voor een quiz is het noodzakelijk de tijd waarin men raden mag te begrenzen. Natuurlijk kan dit gewoon met een horloge gebeuren.

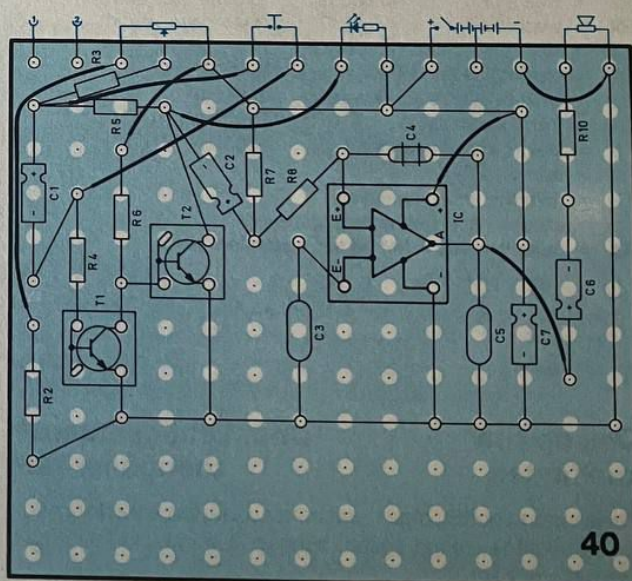
Het is natuurlijk veel leuker en makkelijker om dit elektronisch te doen. Met experiment 40 kan zo'n apparaat worden gebouwd.

In ruststand licht de LED op. Wanneer de schakelaar wordt ingedrukt, klinkt afhankelijk van de stand van de potentiometer na een bepaalde tijd een korte toon uit de luidspreker. Het eind van de ingestelde tijd wordt hiermee aangegeven.



### 40

- |  |                    |                        |
|--|--------------------|------------------------|
| R2 = weerstand   | 2.200 $\Omega$     | (rood, rood, rood)     |
| R3 = weerstand   | 10.000 $\Omega$    | (bruin, zwart, oranje) |
| R4 = weerstand   | 47.000 $\Omega$    | (geel, paars, oranje)  |
| R5 = weerstand   | 470.000 $\Omega$   | (geel, paars, geel)    |
| R6 = weerstand   | 4.700 $\Omega$     | (geel, paars, rood)    |
| R7 = weerstand   | 10.000 $\Omega$    | (bruin, zwart, oranje) |
| R8 = weerstand   | 100.000 $\Omega$   | (bruin, zwart, geel)   |
| R10 = weerstand  | 47 $\Omega$        | (geel, paars, zwart)   |
| C1 = elektrolytische condensator   | 220 $\mu\text{F}$  |                        |
| C2 = elektrolytische condensator   | 100 $\mu\text{F}$  |                        |
| C3 = foliecondensator  | 0,22 $\mu\text{F}$ |                        |
| C4 = keramische condensator  | 10.000 pF          | (bruin, zwart, oranje) |
| C5 = foliecondensator  | 0,1 $\mu\text{F}$  |                        |
| C6 = elektrolytische condensator   | 4,7 $\mu\text{F}$  |                        |
| C7 = elektrolytische condensator   | 10 $\mu\text{F}$   |                        |
| T1 = transistor (wit)  |                    |                        |
| T2 = transistor (wit)  |                    |                        |
| IC = geïntegreerde schakeling  |                    |                        |
| La = luidspreker in het bedieningspaneel                                     |                    |                        |
| Ta = druktoets in het bedieningspaneel                                       |                    |                        |
| LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel |                    |                        |
| R1 = potentiometer in het bedieningspaneel                                   | 10 k $\Omega$      |                        |



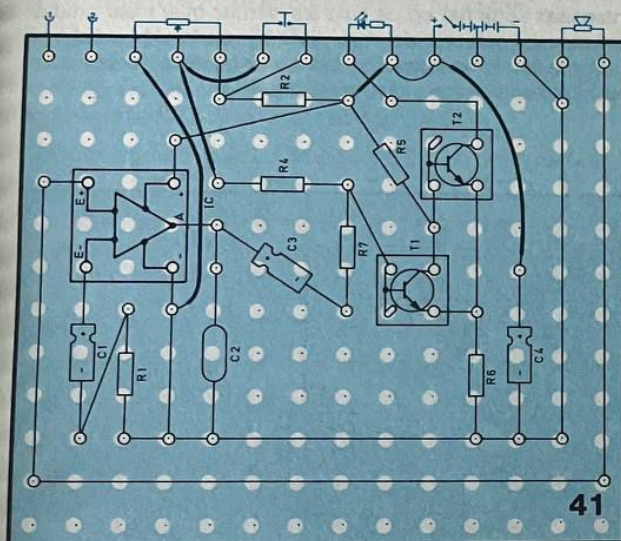


## Experiment en werkelijkheid

### Licht aanklappen

Deze schakelaar heeft de mogelijkheid door handgeklap een lamp of een elektrisch apparaat in te schakelen. In dergelijke schakelingen worden akoestische signalen met een microfoon opgenomen en omgezet in elektrische impulsen.

### Geluidsschakelaar



41

41

R1 = weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
R2 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R4 = weerstand	47.000 $\Omega$	(geel, paars, oranje)
R5 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R6 = weerstand	100 $\Omega$	(bruin, zwart, bruin)
R7 = weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
C1 = elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C2 = foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C3 = elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
C4 = elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
IC = geïntegreerde schakeling		
La = luidspreker in het bedieningspaneel		
Ta = druktoets in het bedieningspaneel		
LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel		
R3 = potentiometer in het bedieningspaneel	10 k $\Omega$	

Met experiment 41 kan zo'n schakelaar worden gebouwd. De luidspreker dient als microfoon. De elektrische impulsen worden naar een elektrische schakelaar gevoerd die de lichtgevende diode inschakelt.

De juiste gevoeligheid kan worden ingesteld door de potentiometer langzaam naar rechts te draaien tot de LED uitgaat. Wordt de LED door klappen ingeschakeld, dan kan deze door de schakelaar weer uitgeschakeld worden.



### Telefoondienst

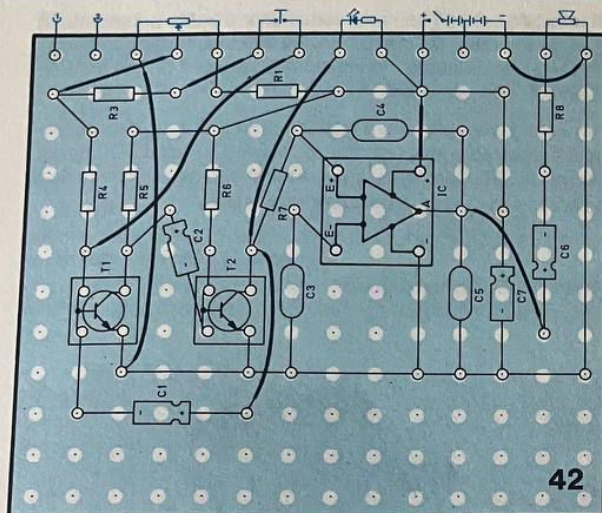
### Gever van telefoonsignalen

De geluidssignalen van de telefoon worden elektronisch opgewekt. Als de telefoonhoorn wordt opgenomen zoekt een lijnkiezer automatisch een vrije lijn. Zodra deze gevonden is klinkt uit de hoorn een voortdurende toon. Het teken dat de lijn vrij is.

Na het kiezen van het abonneenummer wordt het oproepsignaal hoorbaar. Een korte toon met een langere pauze. De ingesprektoon wordt hoorbaar wanneer de lijn naar de abonnee bezet is. Zo'n geluid kan worden gemaakt met experiment 42. Het teken dat de lijn vrij is, klinkt als de potentiometer linksom staat. In stand 3 tot 10 van de potentiometer wordt het oproepsignaal hoorbaar en wanneer daarbij ook op de schakelaar wordt gedrukt klinkt de ingesprektoon.



## Experiment en werkelijkheid



42

42

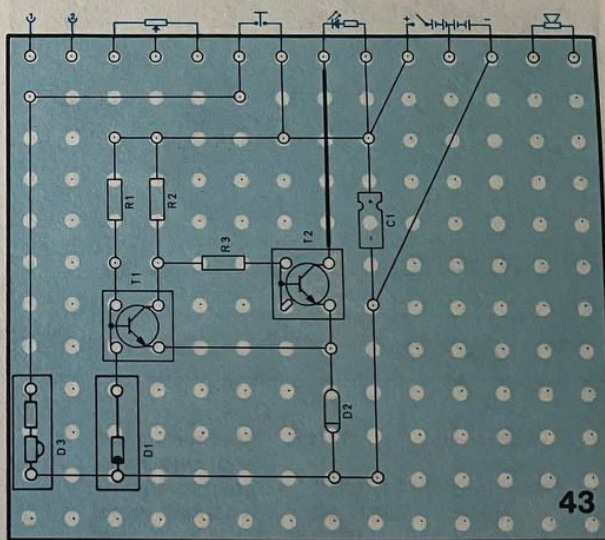
R1 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R3 = weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R4 = weerstand	47.000 $\Omega$	(geel, paars, oranje)
R5 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R6 = weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R7 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R8 = weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1 = elektrolytische condensator	4,7 $\mu\text{F}$	
C2 = elektrolytische condensator	100 $\mu\text{F}$	
C3 = foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C4 = foliecondensator	0,047 $\mu\text{F}$	
C5 = foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C6 = elektrolytische condensator	10 $\mu\text{F}$	
C7 = elektrolytische condensator	220 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
IC = geïntegreerde schakeling		
La = luidspreker in het bedieningspaneel		
Ta = druktoets in het bedieningspaneel		
LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel		
R2 = potentiometer in het bedieningspaneel	10 k $\Omega$	

44

## Onzichtbare straling signaleren

## Infraroodstralen

Infrarood licht komt, omdat het met de ogen niet is waar te nemen, bij veel mensen als merkwaardig over. Bij voldoende intensiteit komt het op de huid als warmte over maar omdat het meestal ook met zichtbaar licht bij voorbeeld zonlicht of licht van een lamp optreedt, denkt men bij deze warmte over het algemeen niet aan infrarood licht.



43

43

R1 = weerstand	470.000 $\Omega$	(geel, paars, geel)
R2 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R3 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
C1 = elektrolytische condensator	220 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
D1 = infrarood-fotodiode		
D2 = diode		
D3+RV = infrarood lichtgevende diode met voorschakelweerstand		
LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel		



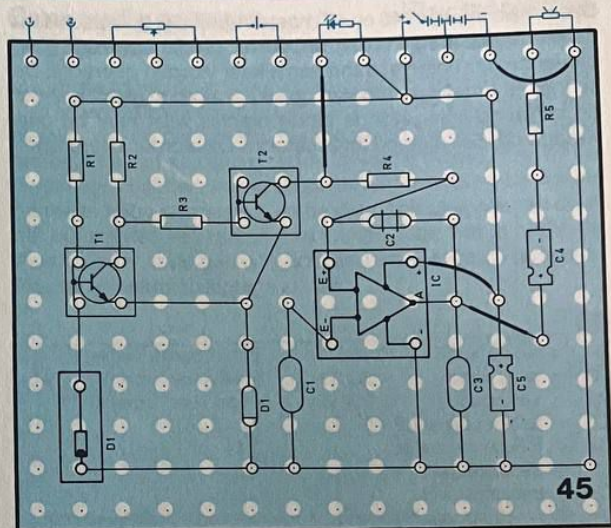
## Experiment en werkelijkheid

Met experiment 43 kan infraroodstraling worden aangetoond. De infrarood lichtgevende diode is zeer goed als zender bruikbaar. Na het indrukken van de druktoetsschakelaar licht de LED op, omdat het door de infrarood zenderdiode uitgestraalde infrarood licht, door de infrarood-fotodiode (ontvangdiode) wordt opgevangen. Het bewijs wordt geleverd door een stukje papier tussen de zend- en ontvangdiode te houden.

Dat ook zonlicht, het licht van een gloeilamp en dat van een zaklantaarn infrarood bevat kan met experiment 44 worden aangetoond, door de zenderdiode af te schermen en de infrarood-fotodiode D, direct in het licht te houden.

TL-buizen geven geen infrarood licht. De LED blijft dan donker.

Met experiment 45 wordt met het infrarood licht niet alleen de LED ingeschakeld maar ook de luidspreker geeft een toon.



### 45

R1 = weerstand	470.000 $\Omega$	(geel, paars, geel)
R2 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R3 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R4 = weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
R5 = weerstand	47 $\Omega$	(geel, paars, zwart)
C1 = foliecondensator	0,22 $\mu F$	
C2 = keramische condensator	10.000 pF	(bruin, zwart, oranje)
C3 = foliecondensator	0,1 $\mu F$	
C4 = elektrolytische condensator	4,7 $\mu F$	
C5 = elektrolytische condensator	220 $\mu F$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
IC = geïntegreerde schakeling		
D1 = infrarood-fotodiode		
D2 = diode		
La = luidspreker in het bedieningspaneel		
LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel		

### Geheime zender en ontvanger

### Infrarood-zender en -ontvanger

Morsesignalen overbrengen met twee draden is geen probleem. Met dit apparaat kunnen echter draadloos berichten in morse-code worden overgebracht. Het principe van zo'n draadloze verbinding wordt ook toegepast bij de afstandsbediening, voor velen reeds bekend, van televisie-apparaten. Met de volgende experimenten kan zo'n zender met de daarbij behorende ontvanger worden gebouwd.



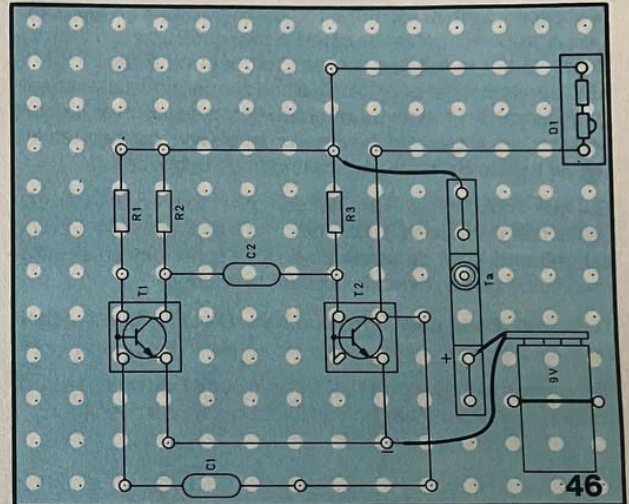


## Experiment en werkelijkheid

Deze experimenten 46 en 47 moeten natuurlijk op verschillende montageplaten worden gebouwd, omdat dan zender en ontvanger op enige afstand van elkaar worden gebracht. De zender en ontvanger moeten op elkaar worden gericht, zodat de infrarood-lichtgevende diode precies wijst naar de ontvangdiode. Een afstand tot 2 meter kan zo worden overbrugd.

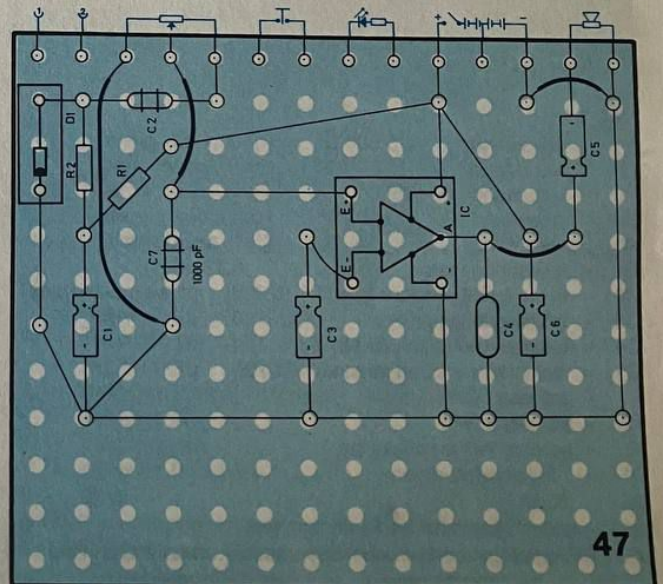
### 46

- R1 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
 R2 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)  
 R3 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)  
 C1 = foliecondensator 0,047  $\mu\text{F}$   
 C2 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$   
 T1 = transistor (wit)  
 T2 = transistor (wit)  
 D1 + RV = infrarood lichtgevende diode met voorschakelweerstand  
 Ta = druktoets



### 47

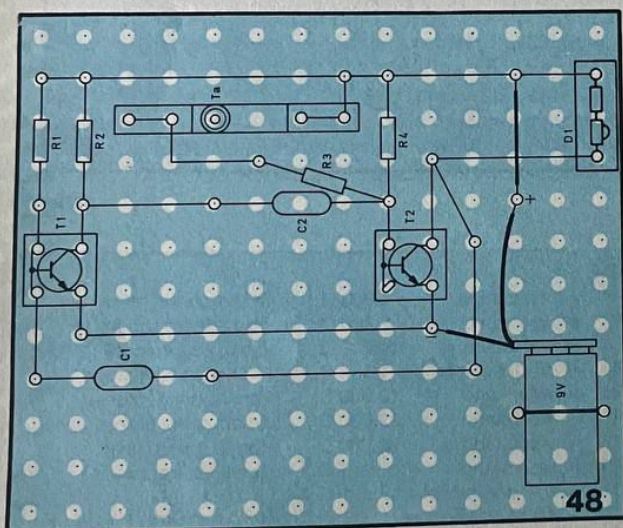
- R1 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)  
 R2 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)  
 C1 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$   
 C2 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)  
 C3 = elektrolytische condensator 4,7  $\mu\text{F}$   
 C4 = foliecondensator 0,22  $\mu\text{F}$   
 C5 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$   
 C6 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$   
 C7 = keramische condensator 1.000 pF (bruin, zwart, rood)  
 IC = geïntegreerde schakeling  
 D1 = infrarood diode  
 La = luidspreker in het bedieningspaneel  
 R3 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$





## Experiment en werkelijkheid

De morse-zender kan met experiment 48 verder worden uitgebreid. Hiermee kan draadloos een tweetonige hoorn worden aangezet. Dit gebeurt door het indrukken van de schakelaar op de montageplaat van de zender.



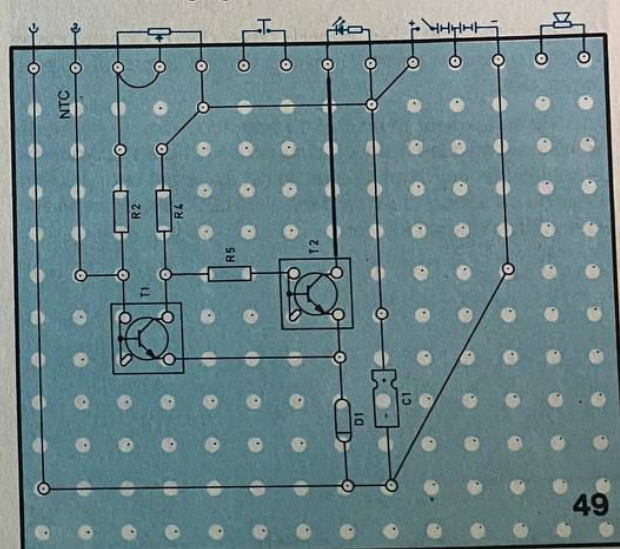
**48**

R1 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R2 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R3 = weerstand	47.000 $\Omega$	(geel, paars, oranje)
R4 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
C1 = foliecondensator	0,047 $\mu\text{F}$	
C2 = foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
D1 + RV = infrarood-lichtgevende diode met voorschakelweerstand		
Ta = druktoets		

### Eenvoudig energie besparen

### Elektronische thermometer

Met grote financiële inspanningen proberen vele mensen hun huis tegen warmteverlies te beschermen. Ramen worden vernieuwd, daken geïsoleerd, thermostaten aangebracht, alles om het olie- en aardgasverbruik te verminderen. Al deze inspanningen hebben weinig zin als de temperatuur in de woonruimte te hoog is ingesteld en de duur betaalde warmte door het openzetten van ramen naar buiten gaat. Het is nodig de thermometer in de gaten te houden om bij te hoge temperatuur de verwarming lager te zetten.



**49**

R2 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R3 = NTC-weerstand	1.300 $\Omega$ , in de buitenaansluitingen 1 + 2	
R4 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R5 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
C1 = elektrolytische condensator	220 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
D1 = diode		
LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel		
R1 = potentiometer in het bedieningspaneel	10 k $\Omega$	



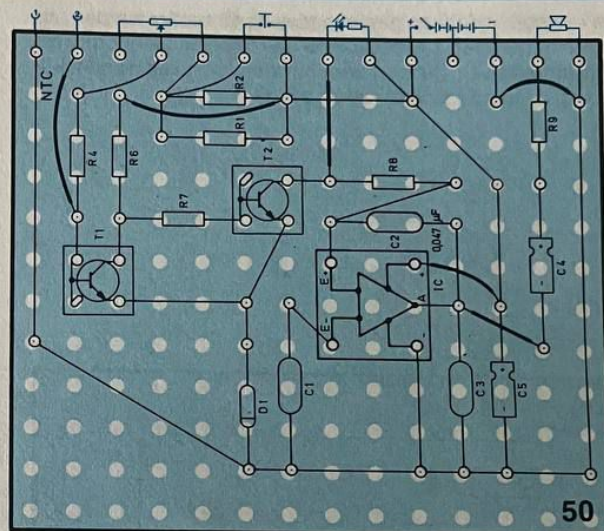
## Experiment en werkelijkheid

Deze moeite kan met experiment 49 worden bespaard. Het apparaat geeft aan wanneer de temperatuur boven de ingestelde waarde oploopt.

Wanneer het apparaat gebouwd is, kan het met een thermometer worden geijkt. Plaats het apparaat in een kamer met een temperatuur van bijvoorbeeld 20 °C en draai de potentiometer helemaal linksom. De lichtgevende diode mag niet oplichten. Draai de potentiometer langzaam zover rechtsom tot de LED oplicht en daarna voorzichtig terug tot deze net uitgaat. Het apparaat is nu op deze temperatuur geijkt. Als daarna de temperatuur in deze kamer stijgt zal de LED oplichten.

Met experiment 50 is het mogelijk bovendien door een toon te worden gewaarschuwd. De ijking van dit apparaat is zeer eenvoudig.

Druk de schakelaar in en stel de potentiometer zo af dat de LED uitgaat en geen waarschuwingston te horen is. Wanneer de schakelaar wordt losgelaten, is het apparaat bedrijfsklaar. Loopt nu de temperatuur op dan zal de LED lichtgeven en een waarschuwingston klinken.



### 50

- |  |  |                        |
|--|--|------------------------|
| R1 = weerstand   | 1.000 Ω                                  | (bruin, zwart, rood)   |
| R2 = weerstand   | 2.200 Ω                                  | (rood, rood, rood)     |
| R4 = weerstand   | 4.700 Ω                                  | (geel, paars, rood)    |
| R5 = NTC-weerstand   | 1.300 Ω, in de buitenaansluitingen 1 + 2 |                        |
| R6 = weerstand   | 10.000 Ω                                 | (bruin, zwart, oranje) |
| R7 = weerstand   | 22.000 Ω                                 | (rood, rood, oranje)   |
| R8 = weerstand   | 100.000 Ω                                | (bruin, zwart, geel)   |
| R9 = weerstand   | 47 Ω                                     | (geel, paars, zwart)   |
| C1 = foliecondensator  | 0,22 μF                                  |                        |
| C2 = foliecondensator  | 0,047 μF                                 |                        |
| C3 = foliecondensator  | 0,1 μF                                   |                        |
| C4 = elektrolytische condensator   | 4,7 μF                                   |                        |
| C5 = elektrolytische condensator   | 220 μF                                   |                        |
| T1 = transistor (wit)  |  |                        |
| T2 = transistor (wit)  |  |                        |
| IC = geïntegreerde schakeling  |  |                        |
| D1 = diode   |  |                        |
| La = luidspreker in het bedieningspaneel                                     |  |                        |
| Ta = druktoets in het bedieningspaneel                                       |  |                        |
| LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel |  |                        |
| R3 = potentiometer in het bedieningspaneel                                   | 10 kΩ                                    |                        |

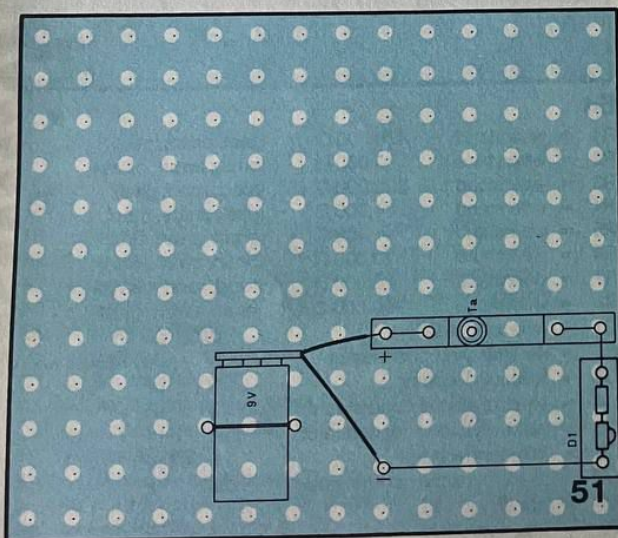


## Afstandsbediening met infrarood

Voor de volgende experimenten is een infrarood-stralingsbron nodig. Een afstandsbediening van een televisie-apparaat is hiervoor goed bruikbaar. Mocht deze niet voorhanden zijn, dan kan een met experiment 51 gebouwde infrarood-zender worden gebruikt.

Deze wordt gebouwd op de tweede montageplaat. Door de druktoetsschakelaar kort in te drukken, geeft de zender een kort infrarood-sig-naal. Het is belangrijk de zenderdiode met de opening waaruit het infrarood-sig-naal komt nauwkeurig op de ontvangdiode te richten.

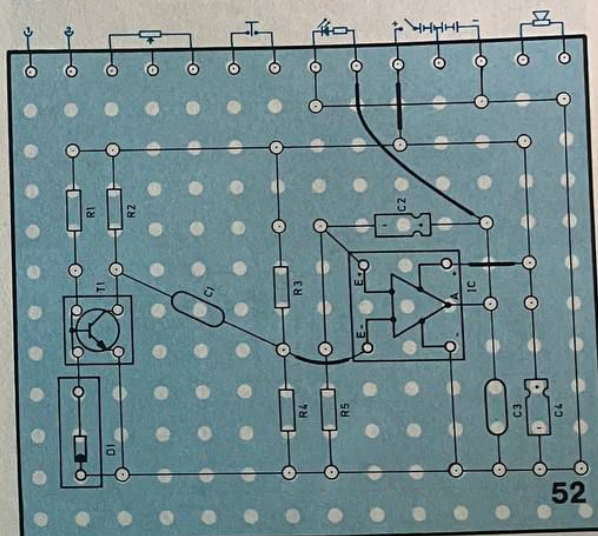
Afstandsbedieningen voor televisie-apparaten werken volgens 2 verschillende principes. Er wordt door de zender een ultrasoon geluid afgegeven dat in de televisie-ontvanger de gewenste instellingen doet. Dit geluid kan met het menselijk gehoor niet worden waargenomen. Algemener zijn de nieuwe afstandsbedieningen, die met infrarood-signalen opdrachten overbrengen. In het volgende experiment wordt duidelijk gemaakt hoe het sig-naal werkt, die infrarood-afstandsbedieningen afgeven.



**51** D1 + RV = infrarood-lichtgevende diode met voorschakelweerstand  
Ta = druktoets

## Experiment en werkelijkheid

Ondanks het feit dat infrarood-licht van een zender op diode D<sub>1</sub> valt, zal de LED in experiment 52 niet oplichten. Deze LED zal alleen oplichten als de zender volgens experiment 51 snel aan en uit wordt geschakeld of wanneer bij een continu uitgeschakelde zender de infrarood-straal door snel bewegen, met een hand of vinger voor diode D<sub>1</sub>, wordt onderbroken. Hoe lang de LED oplicht is afhankelijk van de waarde van de weerstand R<sub>5</sub> en de condensator C<sub>2</sub>. De LED zal vanzelf weer uitgaan.



### 52

R1	= weerstand	470.000 Ω	(geel, paars, geel)
R2	= weerstand	10.000 Ω	(bruin, zwart, oranje)
R3	= weerstand	10.000 Ω	(bruin, zwart, oranje)
R4	= weerstand	22.000 Ω	(rood, rood, oranje)
R5	= weerstand	100.000 Ω	(bruin, zwart, geel)
C1	= foliecondensator	0,22 μF	
C2	= elektrolytische condensator	220 μF	
C3	= foliecondensator	0,1 μF	
C4	= elektrolytische condensator	100 μF	
T1	= transistor	(wit)	
IC	= geïntegreerde schakeling		
D1	= infrarood-fotodiode		

LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

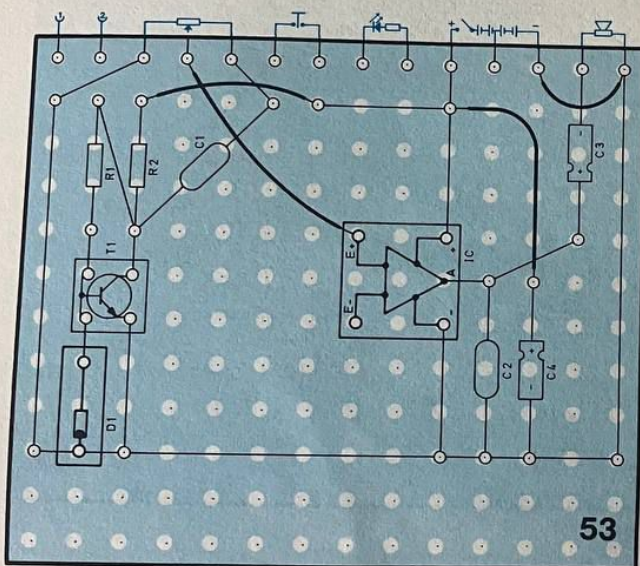


## Experiment en werkelijkheid

Met experiment 53 kan elke infrarood-afstandsbediening worden getest. De afstand tussen zender en diode D<sub>1</sub> mag niet meer zijn dan 30 centimeter. Wanneer één van de knoppen wordt ingedrukt, zal de luidspreker een toon laten horen. De geluidsterkte kan met de potentiometer worden geregeld.

Afhankelijk van het merk van de afstandsbediening is een toon of een opeenvolging van tonen hoorbaar.

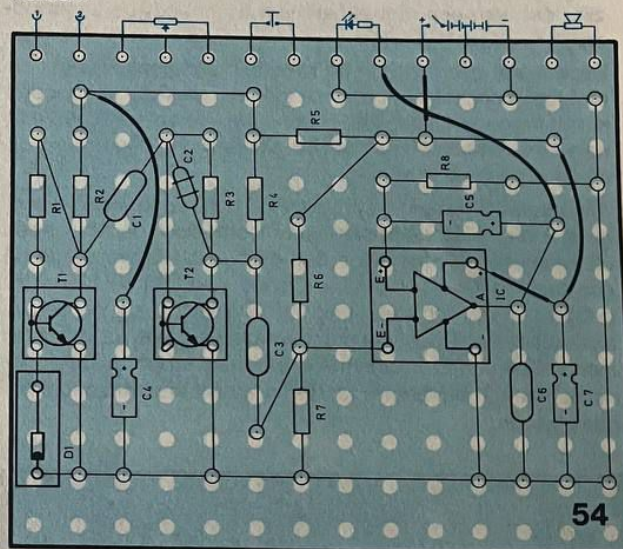
Als de zender volgens experiment 51 wordt gebruikt, zal bij het indrukken een tik uit de luidspreker komen.



### 53

- R1 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, geel)
- R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- C1 = foliecondensator 0,22  $\mu\text{F}$
- C2 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$
- C3 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- C4 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$
- T1 = transistor (wit)
- IC = geïntegreerde schakeling
- D1 = infrarood-fotodiode
- La = luidspreker in het bedieningspaneel
- R3 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$

Met experiment 54 kunnen infrarood-afstandsbedieningen ook op grote afstand, ca. 2 meter, worden getest. De zender en ontvanger moeten dan goed op elkaar gericht zijn. Door storende invloeden van bij voorbeeld een gloeilamp die immers ook infrarood-licht uitstraalt, kan de reikwijdte kleiner worden.



### 54

- R1 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, geel)
- R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R3 = weerstand 220.000  $\Omega$  (rood, rood, geel)
- R4 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)
- R5 = weerstand 100  $\Omega$  (bruin, zwart, bruin)
- R6 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R7 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)
- R8 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)
- C1 = foliecondensator 0,22  $\mu\text{F}$
- C2 = keramische condensator 1.000 pF (bruin, zwart, rood)
- C3 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$
- C4 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$
- C5 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- C6 = foliecondensator 0,047  $\mu\text{F}$
- C7 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$
- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- IC = geïntegreerde schakeling
- D1 = infrarood-fotodiode
- LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel



## Experiment en werkelijkheid

### Onzichtbaar beveiligen

Veel winkels zijn door lichtstralen tegen inbraak beveiligd. Dit wordt duidelijk als men door een reeds geopende winkel deur naar binnen gaat en toch een waarschuwingssignaal hoorbaar wordt. Het is dan zo goed als zeker dat naast de deur een signaleringsapparaat is gemonteerd dat werkt met zichtbaar of infrarood licht. Als deze straal wordt gepasseerd wordt de straal onderbroken en zal het signaal hoorbaar zijn.

De infrarood-lichtstralen zijn natuurlijk in het voordeel omdat deze zelfs in het donker niet zichtbaar zijn.

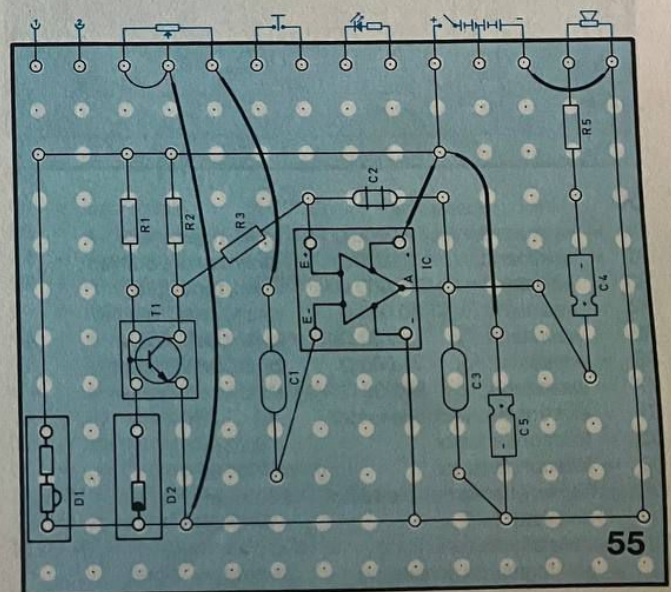
Als bij experiment 55 de lichtstraal van de zenderdiode  $D_1$  naar de ontvangdiode  $D_2$  wordt onderbroken zal de luidspreker een toon laten horen, waarvan de hoogte met de potentiometer  $R_4$  kan worden ingesteld.

Een andere vorm van beveiligen is natuurlijk ook mogelijk. Als bij voorbeeld een munt tussen de infrarood-dioden  $D_1$  en  $D_2$  vlak wordt neergelegd, zal het onmogelijk zijn deze ongemerkt weg te nemen omdat met de vingers de straal wordt onderbroken en het alarmsignaal hoorbaar wordt.



### 55

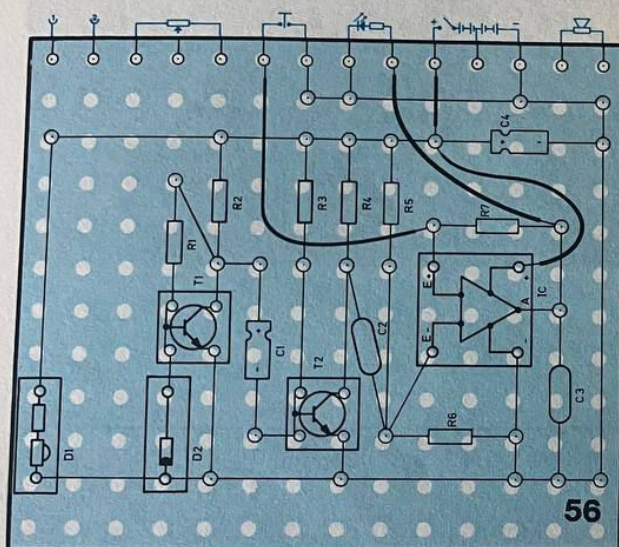
- R1 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, geel)
- R2 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)
- R3 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)
- R5 = weerstand 47  $\Omega$  (geel, paars, zwart)
- C1 = foliecondensator 0,22  $\mu F$
- C2 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)
- C3 = foliecondensator 0,1  $\mu F$
- C4 = elektrolytische condensator 10  $\mu F$
- C5 = elektrolytische condensator 220  $\mu F$
- T1 = transistor (wit)
- IC = geïntegreerde schakeling
- D1 + RV = infrarood-lichtgevende diode met voorschakelweerstand
- D2 = infrarood-fotodiode
- La = luidspreker in het bedieningspaneel
- R4 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$





## Experiment en werkelijkheid

Met experiment 56 kan zelfs worden vastgesteld of iemand getracht heeft de munt tussen diode  $D_1$  en  $D_2$  weg te nemen terwijl verder niemand aanwezig was. De LED zal oplichten zodra de straal wordt onderbroken en gaat pas weer uit als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt. Het apparaat is weer bedrijfsklaar als de LED uit is gegaan door het indrukken van de schakelaar.



### 56

R1 = weerstand	470.000 $\Omega$	(geel, paars, geel)
R2 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R3 = weerstand	220.000 $\Omega$	(rood, rood, geel)
R4 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R5 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R6 = weerstand	1.000 $\Omega$	(bruin, zwart, rood)
R7 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
C1 = elektrolytische condensator	10 $\mu F$	
C2 = foliecondensator	0,22 $\mu F$	
C3 = foliecondensator	0,1 $\mu F$	
C4 = elektrolytische condensator	220 $\mu F$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
IC = geïntegreerde schakeling		

D1+RV = infrarood-lichtgevende diode met voorschakelweerstand  
D2 = infrarood-fotodiode  
Ta = druktoets in het bedieningspaneel  
LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

## Water met infrarood schakelen

## Infrarood-lichtschakelaar

In de praktijk komt het voor dat in openbare wasruimten de knop van de waterkraan niet te vinden is. Wanneer de handen onder de kraan worden gehouden begint deze plotseling op onverklaarbare wijze te lopen. Dit doet erg geheimzinnig aan, de verklaring is echter zeer eenvoudig. De kraan wordt door middel van een infrarood-schakelaar gestuurd. Hoe zo'n schakeling werkt wordt in het volgende experiment duidelijk gemaakt.

In experiment 57 zal de LED in eerste instantie niet oplichten. Wordt de infrarood-lichtstraal van de zenderdiode naar de ontvangdiode onderbroken, dan zal de LED ongeveer twintig seconden oplichten en dan vanzelf weer uitgaan.

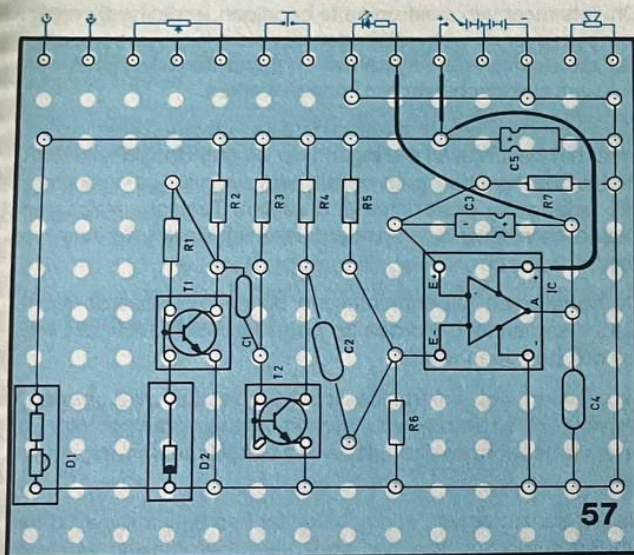
### 57

R1 = weerstand	470.000 $\Omega$	(geel, paars, geel)
R2 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R3 = weerstand	220.000 $\Omega$	(rood, rood, geel)
R4 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R5 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R6 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R7 = weerstand	100.000 $\Omega$	(bruin, zwart, geel)
C1 = foliecondensator	0,1 $\mu F$	
C2 = foliecondensator	0,22 $\mu F$	
C3 = elektrolytische condensator	220 $\mu F$	
C4 = foliecondensator	0,047 $\mu F$	
C5 = elektrolytische condensator	100 $\mu F$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
IC = geïntegreerde schakeling		
D1+RV = infrarood-lichtgevende diode met voorschakelweerstand		
D2 = infrarood-fotodiode		
LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel		

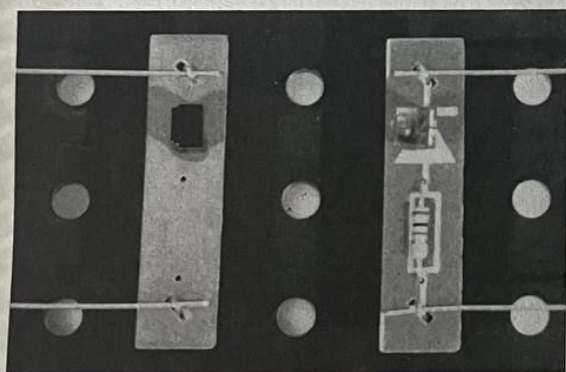


## Experiment en werkelijkheid

Zo'n zeer moderne schakeling kan met experiment 58 worden gebouwd. Met de potentiometer  $R_2$  is de oplichtingstijd van de LED in te stellen. Door een vinger tussen zend- en ontvangdiode te houden, kunnen we vaststellen dat het regelen inderdaad met infrarood-licht plaats vindt. De lichtgevende diode zal dan niet oplichten.



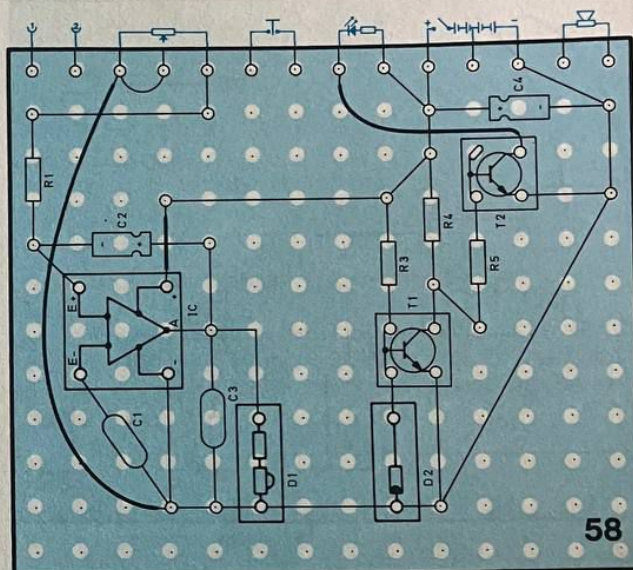
57



### Met infrarood regelen

Lichtdimmers, waarmee de helderheid van een gloeilamp kan worden ingesteld, zijn algemeen bekend. Over het algemeen gebeurt dit met een regelaar die gekoppeld is met de lichtschakelaar. Minder bekend is de mogelijkheid een lamp met infrarood-licht draadloos op afstand te bedienen.

### Op afstand bestuurd dimmer



58

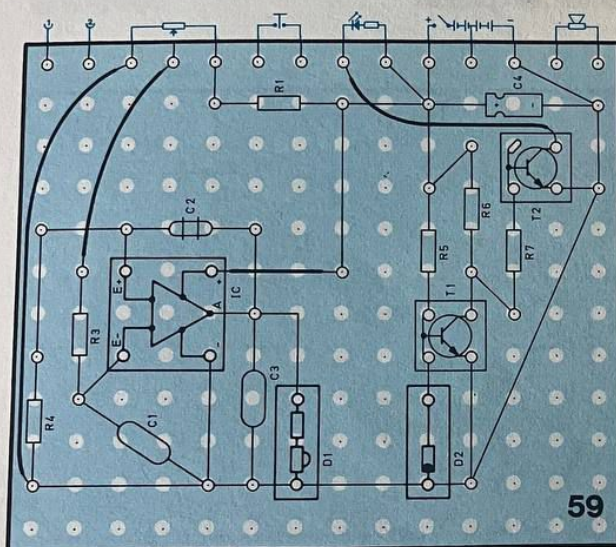
58

- R1 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)
- R3 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)
- R4 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R5 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)
- C1 = foliecondensator 0,22  $\mu\text{F}$
- C2 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$
- C3 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$
- C4 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- IC = geïntegreerde schakeling
- D1 + RV = infrarood-lichtgevende diode met voorschakelweerstand
- D2 = infrarood-fotodiode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel
- R2 = potentiometer in het bedieningspaneel, 10 k $\Omega$



## Nu de elektronica

Met experiment 59 kan de helderheid van de LED met infrarood-straling worden geregeld. Met potentiometer  $R_2$  kan die worden ingesteld. Wordt de infrarood-straal onderbroken, dan blijft de LED donker.



### 59

R1 = weerstand	2.200 $\Omega$	(rood, rood, rood)
R3 = weerstand	4.700 $\Omega$	(geel, paars, rood)
R4 = weerstand	22.000 $\Omega$	(rood, rood, oranje)
R5 = weerstand	470.000 $\Omega$	(geel, paars, geel)
R6 = weerstand	10.000 $\Omega$	(bruin, zwart, oranje)
R7 = weerstand	47.000 $\Omega$	(geel, paars, oranje)
C1 = foliecondensator	0,22 $\mu\text{F}$	
C2 = keramische condensator	10.000 pF (bruin, zwart, oranje)	
C3 = foliecondensator	0,1 $\mu\text{F}$	
C4 = elektrolytische condensator	220 $\mu\text{F}$	
T1 = transistor (wit)		
T2 = transistor (wit)		
IC = geïntegreerde schakeling		
D1 + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand		
D2 = infrarood-fotodiode		
LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel		
R2 = potentiometer in het bedieningspaneel, 10 k $\Omega$		

Om iets meer van elektronica te begrijpen, is het nodig meer te weten over de wetmatigheden van elektrische stroom, omdat alle elektronische systemen en apparaten alleen met behulp van elektrische stroom kunnen werken.

Om de grondprincipes goed te begrijpen, worden eerst experimenten beschreven die ingaan op de grondbeginselen van de elektrische stroom en wordt nader kennis gemaakt met alle belangrijke elektronica-onderdelen. Tenslotte volgt dan de samenwerking van de onderdelen in elektronische schakelingen.

De betreffende experimenten en de gecompliceerde technische samenhang worden zo populair beschreven, dat weten ook begrip wordt.

De werking van elektronica-schakelingen kan niet „gezien” worden. Alleen aan de resultaten kan worden vastgesteld dat er iets is gebeurd en daaruit kan een conclusie worden getrokken.

Na het aanzetten van een schakelaar kan bij voorbeeld door het warm worden van een kookplaat, het draaien van een boormachine of het oplichten van een lamp worden vastgesteld dat iets „werkt”.

In de volgende experimenten geeft de lichtgevende diode op het schakelpaneel door oplichten aan of een schakeling werkt.



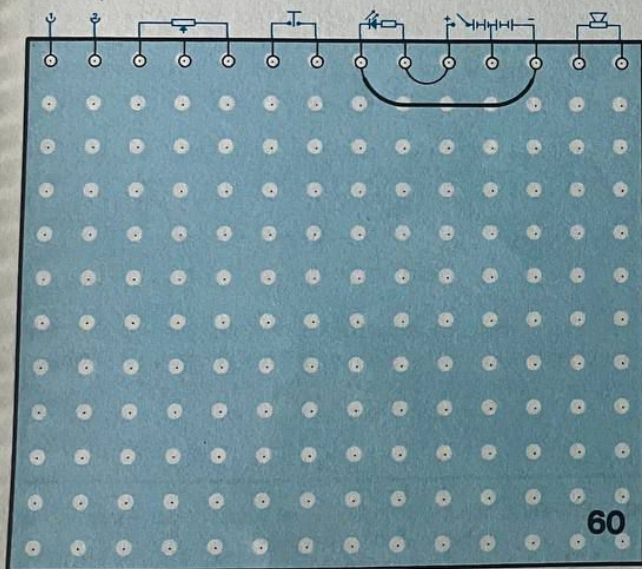
## Stroomkring

Om elektriciteit te begrijpen is het nodig de volgende grondregel te kennen:

Elektrische stroom kan alléén door een **gesloten stroomkring** lopen.

Dit is het geval als een draadverbinding wordt gemaakt zoals in experiment **60**.

Indien de schakelaar aan staat, zal de lichtgevende diode oplichten. De stroom loopt door de gesloten stroomkring van de minpool van een batterij via de lichtgevende diode naar de pluspool van de batterij.



**60** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

Om elektrische en elektronische apparaten te maken worden in het algemeen bedradingsschema's en schema's gebruikt. In deze schema's worden bepaalde tekens gebruikt. Deze tekens worden **symbolen** genoemd.

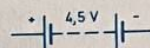
## Nu de elektronica

Hieronder volgen de symbolen zoals die in de eerste experimenten worden gebruikt.

Geleidende draad:

6 kleine batterijen van 1,5 V geschakeld als 2 x 3 batterijen:  
 $4,5\text{ V} + 4,5\text{ V} = 9\text{ V}$ :

Batterij van 4,5 V:



Minpool: -

-

Pluspool: +

+

Schakelaar in geopende toestand:



Verbindingspunt, knooppunt van geleidende draden:

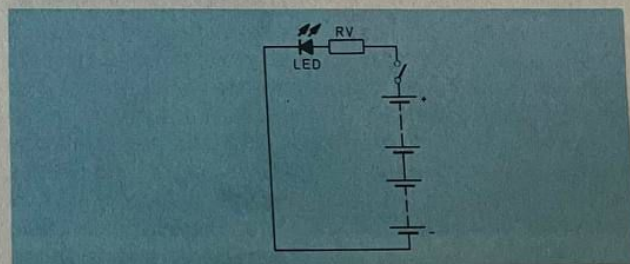


Lichtgevende diode met voorschakelweerstand:



Tekeningen waarin alleen symbolen worden gebruikt heten **schema's**.

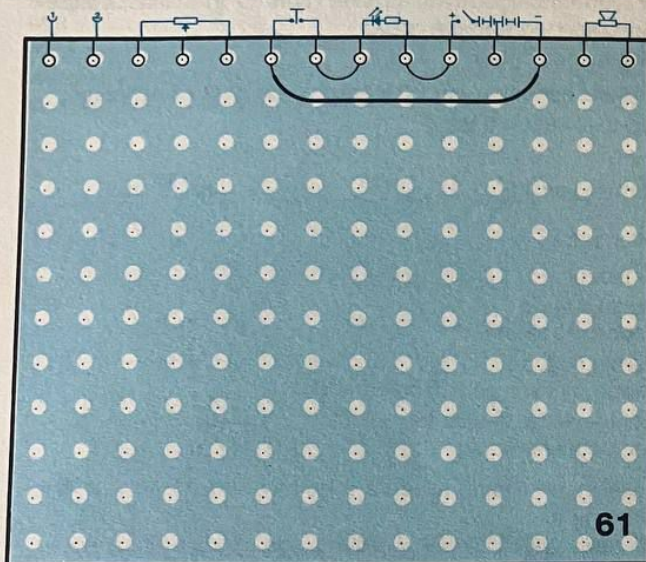
Alle draadverbindingen worden zo getekend, dat ze evenwijdig lopen of loodrecht op elkaar staan. Worden meer draden doorverbonden dan wordt dit door een punt in de tekening aangegeven.



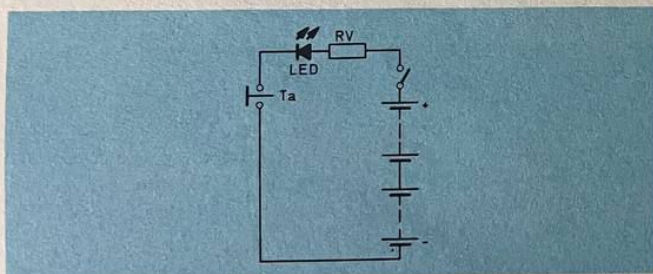
Door het opnemen van een druktoetsschakelaar in de stroomkring, kan deze, indien nodig, worden onderbroken. Na het indrukken van de schakelaar in experiment **61** zal de diode oplichten omdat de stroomkring dan gesloten is. Het bijbehorende schema laat een stroomkring zien met drukschakelaar.



## Nu de elektronica



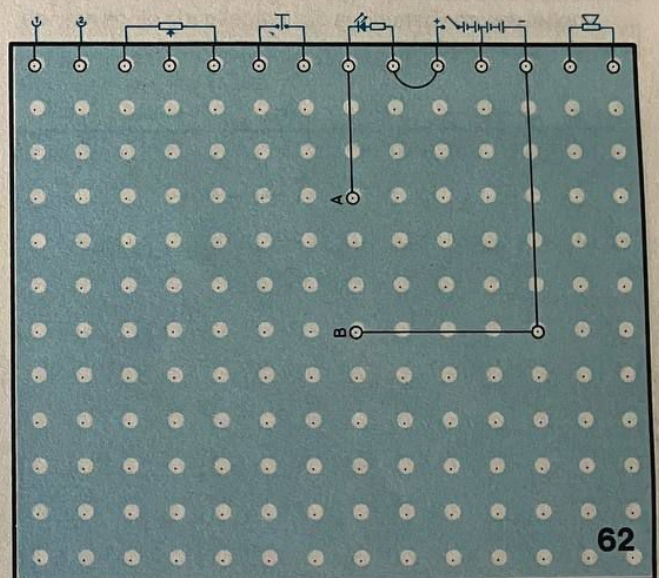
**61** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
Ta = druktoets in het bedieningspaneel



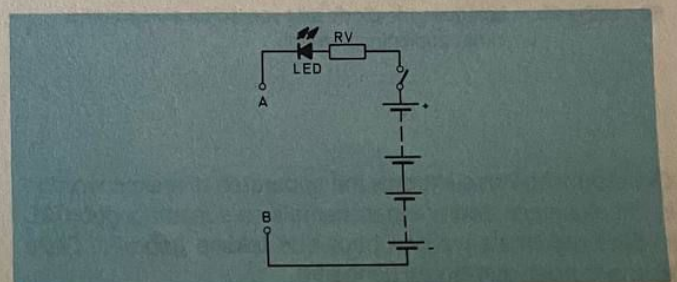
In experiment **62** zijn twee klemveren op de montageplaat aangebracht, waartussen onderzocht kan worden welke stoffen stroom geleiden en welke niet. Houd nu verschillende materialen tegen de klemveren A en B. Zoals een stukje montagedraad, touw, metaal, elastiek, kunststof en indien beschikbaar een koolstaafje uit een oude batterij. De conclusie zal zijn dat alle metalen en het koolstaafje elektrische stroom geleiden. Deze worden daarom **geleiders** genoemd.

„Niet-metalen” zoals rubber, porselein en kunststof zijn „niet geleiders”. Ze worden dan ook gebruikt om te isoleren. Men noemt dit **isolatoren**.

De mate van geleiding is afhankelijk van de opbouw van de stof. Alle stoffen zijn **grondstoffen** (elementen) of **chemische verbindingen** van grondstoffen. De elementen zoals waterstof, zuurstof of koper bestaan uit zeer kleine deeltjes, atomen



**62** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
A-B = proefverbinding

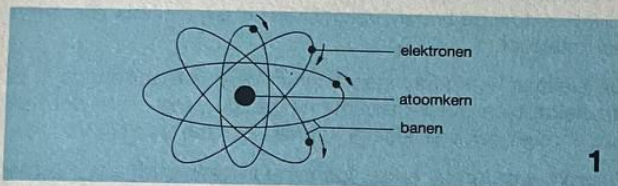




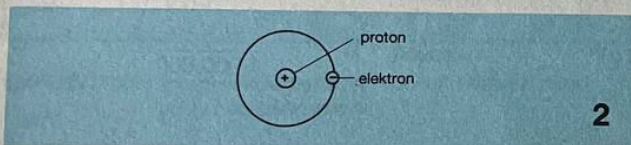
## Nu de elektronica

genoemd. Atomen zijn zo klein, dat ze voor het menselijk oog niet zichtbaar zijn. Daarom kan alleen de modeltekening de opbouw van een atoom verduidelijken.

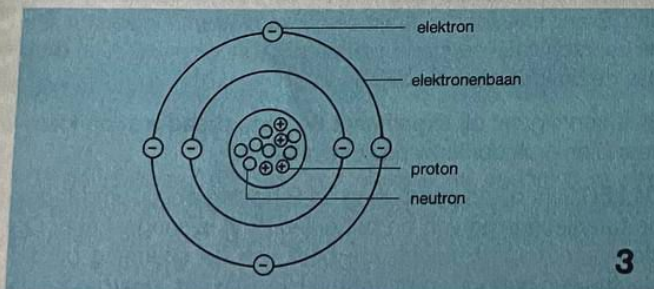
Alle atomen hebben een kern, waaromheen elektronen in vaste banen ronddraaien (afb. 1).



Het eenvoudigste atoom is dat van waterstof. De kern van een waterstofatoom bestaat uit één proton, de kleinste positieve elektrische lading. Om de proton draait het **elektron**. Het heeft de kleinste negatieve **elektrische lading**. (afb. 2)



Omdat in een atoom het totaal van de negatieve ladingen (elektronen) overeenkomt met de som van alle positieve ladingen (protonen) bestaat er een evenwichtssituatie en het atoom is naar buiten elektrisch neutraal. (afb. 3).

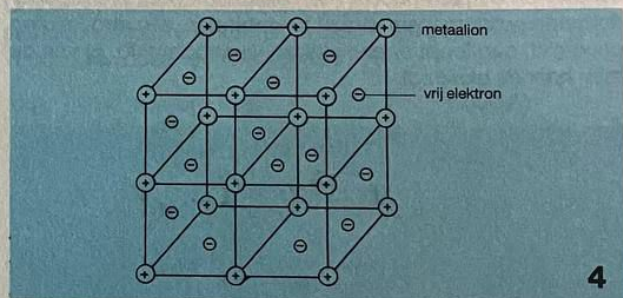


De elektronen worden beschouwd als dragers van de negatieve ladingen.

De protonen als dragers van de positieve ladingen. De volgende afkortingstekens worden gebruikt:

**Proton:** + drager van positieve lading  
**Elektron:** - drager van negatieve lading.

Opdat een elektrische stroom kan lopen, moeten voldoende bewegende elektronen aanwezig zijn om de lading te dragen. Alle metalen voldoen aan deze eis. Metalen hebben namelijk in de buitenste baan elektronen die bij binding atomen onderling doorschuiven van het ene naar het andere atoom. Metaal-atomen worden positieve metaal-ionen en vormen aldus een **metaalrooster** (afb. 4).



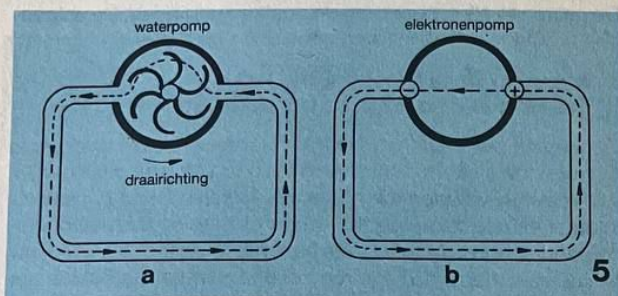
Tussen de vast verankerde metaal-ionen liggen gelijkmatig verdeeld de buitenelektronen, (valentie-elektronen, afb. 4). Binnen dit metaalrooster zijn ze niet meer gebonden aan atomen en daarom gemakkelijk beweegbaar. Door een zekere druk kunnen ze dan ook worden verschoven. Deze vrije elektronen vormen de elektronenwolk. Dit beschikbaar zijn van vrije elektronen is de basis voor de elektrische stroom. Elektrische stroom is de beweging van de elektronenwolk in een bepaalde richting. Om deze wolk te bewegen is een soort pomp nodig die aan de ene kant de elektronen aanduwt en aan de andere kant aanzuigt.

Deze aandrijving moet in ieder geval door energie van buitenaf plaats vinden (afb. 5). Een batterij b.v. kan door chemische veranderingen de benodigde energie leveren. Door verschillende elektronen-opeenhopingen aan de beide polen van de batterij ontstaat een toestand die als **spanning** wordt aangeduid.

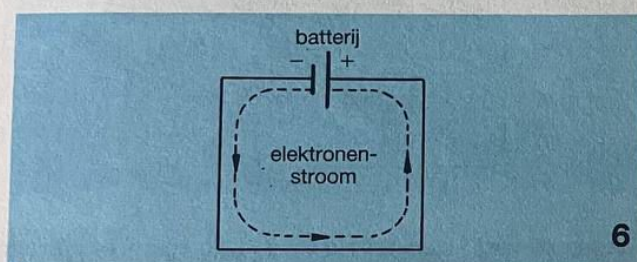
Daarbij ontstaat aan de min-pool (-) een elektronenover-



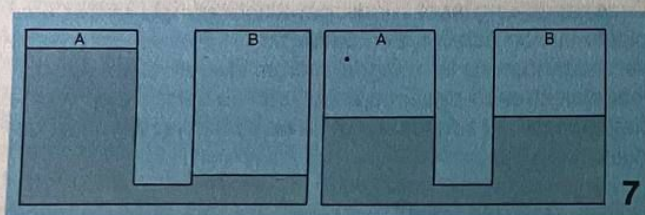
## Nu de elektronica



schot. Aan de plus-pool (+) een elektrisch veld. Wordt, door de beide polen met een draad te verbinden, een stroomkring gevormd, dan loopt er een elektronenstroom (afb. 6) van de min- naar de pluspool.



Dit vindt plaats omdat er een continue dwang naar evenwicht bestaat en de elektronen door het elektrische veld worden aangedreven. De spanning geeft het verschil in lading aan en veroorzaakt de elektrische stroom. De spanning wordt aangegeven met de letter **V**. De eenheid voor elektrische spanning is **Volt**, aangegeven met de letter **V**. Deze eenheid is genoemd naar de natuurkundige Alessandro Volta.



Met water kan het begrip elektrische spanning eenvoudig worden duidelijk gemaakt. Twee watervaten A en B worden zoals in afb. 7 met elkaar verbonden en vat A wordt met water gevuld. In vat A is dan een wateroverschot, dat zich door de verbindingsbuis naar vat B zal dringen. De druk die daarbij ontstaat, is vergelijkbaar met elektrische spanning. Deze druk ontstaat door de zwaartekracht, die het evenwicht in de vaten zal herstellen.

De elektrische spanningen kunnen zeer verschillend zijn. In de elektronica wordt met spanningen gewerkt die zowel veel groter maar ook veel kleiner kunnen zijn dan 1 volt (1 V).

Daarom worden bij hoge spanningen veelvouden van en bij lage spanningen gedeelten van de eenheid volt gebruikt:

1 MV	= 1 Megavolt	= 1.000.000 V
1 kV	= 1 kilovolt	= 1.000 V
1 mV	= 1 millivolt	= $\frac{1}{1.000}$ V
1 $\mu$ V	= 1 microvolt	= $\frac{1}{1.000.000}$ V

Met experimenten 63 en 64 kan worden onderzocht welke invloed verschillende spanningen op een stroomkring hebben. Breng bij experiment **63** een draadverbinding aan tussen de voorschakelweerstand van de LED en klemveer A en druk dan de druktoetsschakelaar in.

Sluit vervolgens bij experiment **64** deze draad aan op klemveer B en druk opnieuw de schakelaar in.

De LED licht bij de aansluiting op B helderder op, omdat dan de totaalspanning van de batterijen (9 V) is aangesloten. Op klemveer A staat slechts de helft van de spanning omdat slechts één batterij wordt gebruikt van 4,5 volt, daarom zal de LED minder oplichten. Daaruit valt op te maken dat de spanningen van beide batterijen worden opgeteld:

$$A_1 + A_2 = A_{\text{totaal}}$$



## Nu de elektronica

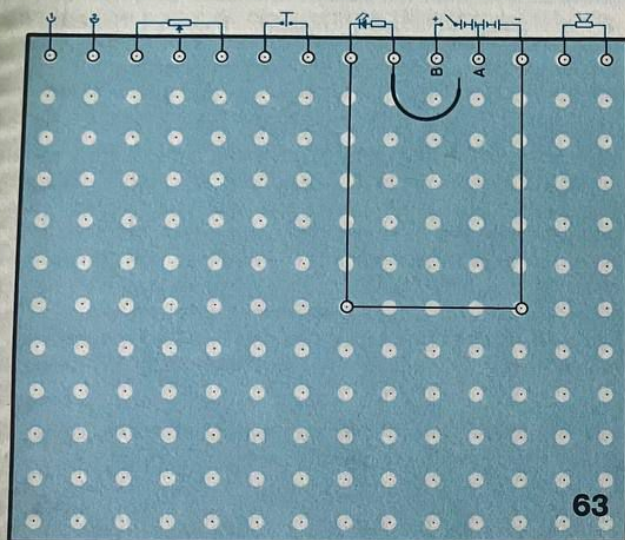
Als nu in één seconde 1 Coulomb door de geleiders loopt, betreft het de **stroomsterkte** van 1 **Ampère** (1 A). De formule voor aanwezige stroomsterkte is :

$$1 \text{ Ampère} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ seconde}} \quad 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

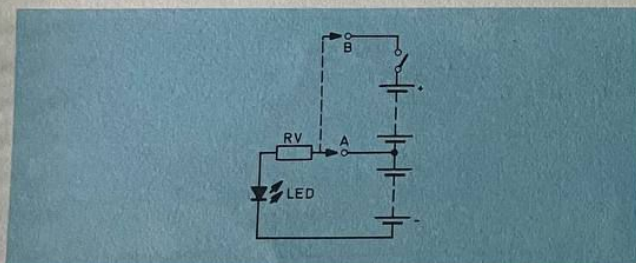
De aanduiding ampère is genoemd naar de Franse natuurkundige Ampère, die zich intensief heeft beziggehouden met het onderzoek naar de eigenschappen van elektrische stroom. Nadat nieuwe ontdekkingen werden gedaan, worden voor ampère ook andere definities gegeven.

Omdat in elektrische stroomkringen verschillende stroomsterkten kunnen voorkomen, worden ook gedeelten en veelvouden van deze eenheid gebruikt.

1 kA	= kilo-ampère	=	1.000 A
1 mA	= 1 milli-ampère	=	$\frac{1}{1.000} \text{ A}$
1 µA	= 1 micro-ampère	=	$\frac{1}{1.000.000} \text{ A}$
1 nA	= 1 nano-ampère	=	$\frac{1}{1.000.000.000} \text{ A}$



63 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel



Het beschikbaar zijn van een elektrische spanning is een vereiste om een elektronenstroom te verkrijgen bij elektrische schakelingen. Aan deze elektronenstroom nemen miljarden elektronen in de vorm van basisladingen deel. Het totaal van alle elektronenladingen vormt een zekere lading of elektriciteitshoeveelheid. De eenheid voor elektriciteits-eenheid is 1 **Coulomb** (1 C). Het geeft een onvoorstelbaar groot aantal elektronen (ladingen) aan, namelijk 6,25 trillioen ( $6,25 \times 10^{18}$ ).

## Weerstand

De beweging van elektronen op hun weg door de draad, wordt door voortdurend op elkaar duwen van de delen van het metaalrooster, afgeremd. De belemmering van de ladingdragers door de leiding wordt **elektrische weerstand** genoemd. Door gebruik van speciale grondstoffen, die afwijken voor wat betreft atoomdichtheid en aantal vrije elektronen, kunnen onderdelen gemaakt worden die de elektrische stroom afremmen. Deze onderdelen heten **weerstand**. Er bestaan vaste weerstanden, instelbare en variabele weerstanden.



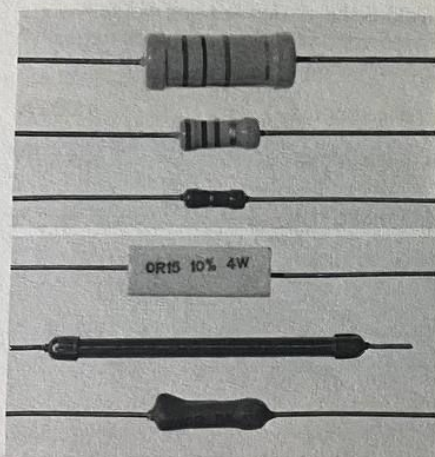
## Nu de elektronica

**Vaste weerstanden** hebben een vaste waarde die niet verandert.

Bij **instelbare weerstanden** kan de waarde mechanisch worden ingesteld.

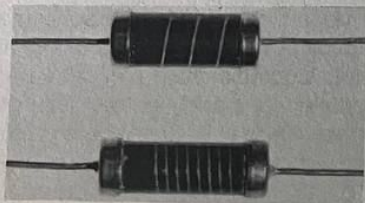
**Variabele weerstanden** veranderen van weerstand door invloeden van buiten, bij voorbeeld door verandering van lichtinval of door temperatuur.

Bij de vaste weerstanden onderscheidt men, afhankelijk van de fabricagemethode, koolfilm-, metaalfilm- of draadgewonden weerstanden (afb. 8).

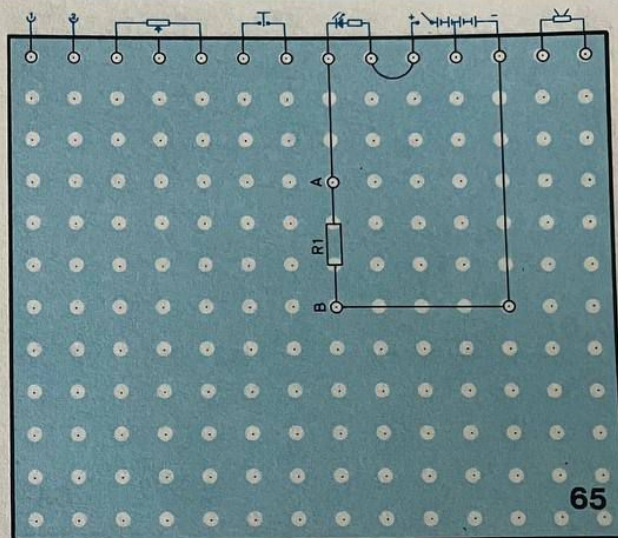


8

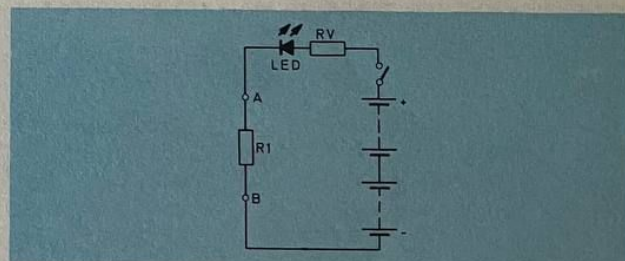
De zeer veel gebruikte koolweerstanden hebben als weerstandsmateriaal een dunne koolfilm die op een lichaam van keramiek (porselein) wordt opgebracht. De doorlopende koolfilm wordt door een laser, spiraalvormig onderbroken (afb. 9). De gedraaide lengte van de koolbaan bepaalt de waarde van de weerstand.



9



65 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
R1 = 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)



Met de experimenten 65, 66 en 67 kan de werking van een weerstand in de stroomkring worden onderzocht. Monteer achtereenvolgens tussen de klemmen A en B, weerstanden met de volgende waarde:

65  $R_1 = 1.000 \Omega$  (bruin, zwart, rood)

66  $R_1 = 4.700 \Omega$  (geel, paars, rood)

67  $R_1 = 47.000 \Omega$  (geel, paars, oranje)



## Nu de elektronica

en kijk hoe helder de diode oplicht. Bij kleine weerstandswaarden licht de diode helder op. Hoe groter de weerstandswaarden worden, hoe meer de lichtsterkte afneemt. Bij een vaste spanning zal een weerstand in een stroomkring de stroom op een maximum-waarde begrenzen.

Door de Duitse natuurkundige Georg Simon Ohm is de eenheid van elektrische weerstand 1 **Ohm** het teken  $\Omega$  aangegeven. Het teken  $\Omega$  is de griekse letter Omega. Als formule-teken voor elektrische weerstand gebruikt men de **R** (=resistance). De definitie van de eenheid 1  $\Omega$  is als volgt: 1 ohm (1 $\Omega$ ) is de weerstand waardoor bij een spanning van 1 volt (1V) een stroom met een sterkte van 1 ampere (1 A) loopt. Het komt overeen met de weerstand van een zilverdraad van 106,3 cm lang en een doorsnede van 1 mm<sup>2</sup> bij een temperatuur van 0°C.

Voor hoge weerstandswaarden gebruikt men veelvoud van de eenheid ohm ( $\Omega$ ), voor kleine weerstandswaarden gedeelten daarvan.

1 k $\Omega$	= 1 kilo-ohm	=	1.000 $\Omega$
1 M $\Omega$	= 1 mega-ohm	=	1.000.000 $\Omega$
1 m $\Omega$	= 1 milli-ohm	=	$\frac{1}{1.000}$ $\Omega$

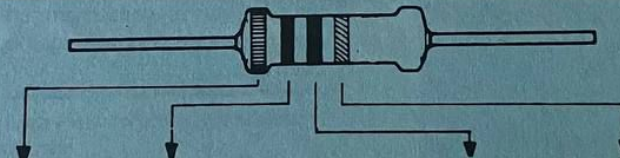
Voor een weerstand wordt het volgende symbool gebruikt:



Op het lichaam van de weerstand wordt de waarde volgens een internationaal gebruikte kleurcode aangegeven, over het algemeen in de vorm van kleurringen (afb. 10). Op standaardweerstanden staan vier kleurringen. Eén van deze ringen is zilver, goud of geel. Wanneer de kleurcode wordt afgelezen moet de zilveren of gouden ring zich aan de rechterkant bevinden. De kleur van de eerste ring (van links naar rechts) geeft het eerste cijfer aan, de kleur van de tweede ring, het tweede cijfer en de kleur van de derde ring het aantal nullen.

Een gouden ring geeft aan dat de weerstand een onnauwkeurigheid heeft van 5%. Een zilveren ring geeft een tolerantie aan van 10%. De meest voorkomende tolerantie is 5%. Hieruit wordt duidelijk dat weerstanden zulke merkwaardige waarden hebben, deze zijn 10, 12, 15, 18, 27, 33 enz. Een 10  $\Omega$  weerstand kan maximaal  $10 \Omega + 10\% = 11 \Omega$  zijn. Een 12  $\Omega$  weerstand kan ook 10% lager zijn:  $12 \Omega - 10\% = 10,8 \Omega$ .

Voorbeeld: Een weerstand heeft van links naar rechts bekeken, de volgende kleurringen (tolerantiering rechts).



Kleur	Eerste kleurring	Tweede kleurring	Derde kleurring	Tolerantie
Zwart	0	0	-	
Bruin	1	1	0	
Rood	2	2	00	
Oranje	3	3	000	
Geel	4	4	0 000	rood 2%
Groen	5	5	00 000	goud 5%
Blauw	6	6	000 000	zilver 10%
Lila	7	7		
Grijs	8	8		
Wit	9	9		
Goud			0,1	
Zilver			0,01	



10

1. kleurring: geel = 4  
 2. kleurring: paars = 7  
 3. kleurring: rood = 00

Uitkomst: 4700  $\Omega$  = 4.700

- of 1. kleurring: bruin = 1  
 2. kleurring: zwart = 0  
 3. kleurring: zwart = -

Uitkomst 10  $\Omega$  = 10



## Nu de elektronica

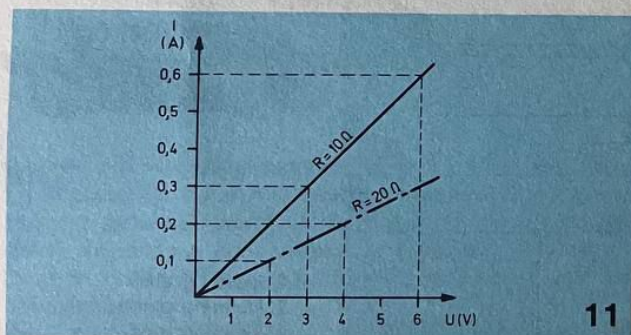
Bij toepassing van weerstanden in een stroomkring komt over de weerstand een spanning te staan. Deze is afhankelijk van de weerstandswaarde en de stroomsterkte. Men noemt deze over de weerstand staande spanning de **spanningsval**. Zo is het mogelijk om in een elektronische schakeling uit een batterijspanning van 9 volt, door het opnemen van verschillende weerstanden, elke gewenste lagere spanning te verkrijgen.

### De wet van Ohm

De samenhang van spanning, stroomsterkte en weerstand komt tot uiting in de Wet van Ohm. Tussen de drie genoemde grootheden bestaat de volgende overeenkomst:

Bij gelijkblijvende weerstand stijgt de stroomsterkte evenveel met de spanning en omgekeerd.

1. De grafiek (afb. 11) maakt deze samenhang van stroom en spanning bij een weerstand van 10  $\Omega$  en 20  $\Omega$  duidelijk.



11

2. Bij gelijkblijvende spanning wordt de stroomsterkte kleiner als de weerstand groter wordt en omgekeerd.

Met andere woorden:  $\text{stroomsterkte} = \frac{\text{spanning}}{\text{weerstand}}$

Bij berekeningen worden voor de elektrische grootheden formuletekens gebruikt. Deze zijn als volgt:

stroomsterkte	= I
spanning	= V
weerstand	= R

De formule wordt dus

$$I = \frac{V}{R} \text{ (A)}$$

Met deze formule kan ook de waarde van een over een weerstand staande spanning worden vastgesteld. Daartoe moet de vergelijking worden omgezet.

$$V = R \cdot I \text{ (V)}$$

Met een verdere omzetting van de formule kan uit spanning en stroomsterkte de weerstand worden vastgesteld:

$$R = \frac{V}{I} \text{ (}\Omega\text{)}$$

Met behulp van de Wet van Ohm kunnen dus de elektrische grootheden van een stroomkring worden berekend, indien er tenminste twee bekend zijn. Het is belangrijk erop te letten dat de eenheden volt, ampère en ohm worden gebruikt. Worden deze in verschillende maateenheden aangegeven dan moeten deze vooraf worden omgerekend. De volgende voorbeelden geven de toepassingsmogelijkheden van de Wet van Ohm aan.

1. Bij een spanning van 9 volt moet de stroomsterkte worden uitgerekend, als een weerstand van 47  $\Omega$  in de stroomkring wordt opgenomen.

$$I = \frac{V}{R} \text{ (A)} \quad I = \frac{9}{47} \quad I = 9 : 47 \approx 0,2 \text{ A}$$

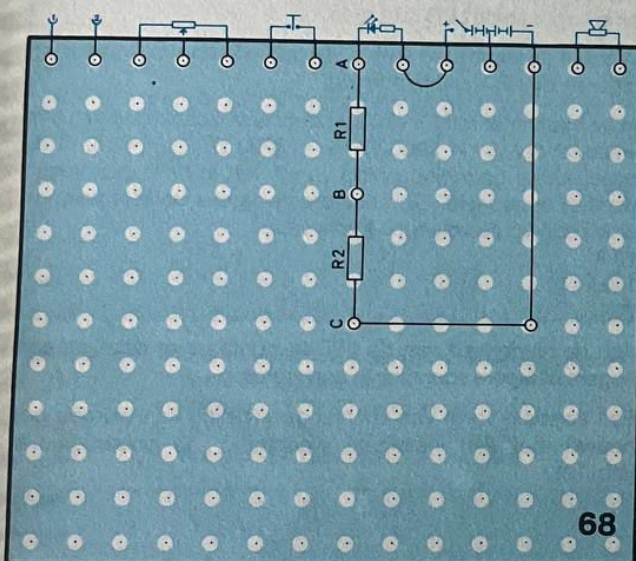
2. Welke weerstandswaarde moet gekozen worden, als in een stroomkring een stroom van 0,5 A moet lopen en een batterij van 4,5 V wordt aangesloten?

$$R = \frac{V}{I} \text{ }\Omega \quad R = \frac{4,5}{0,5} \quad R = \frac{45}{5} \quad R = 9 \text{ }\Omega$$



## Serieschakeling van weerstanden

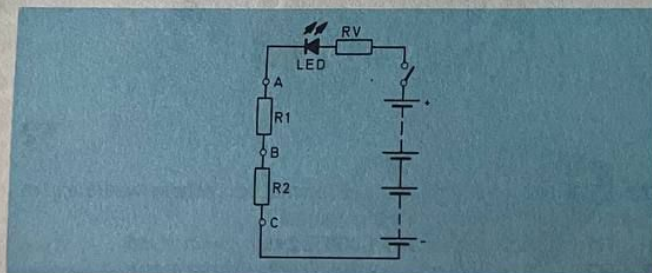
Monteer in de experimenten 68 tot 70 tussen de klemveren A, B en C twee weerstanden  $R_1 = 1000 \Omega$  (bruin, zwart, rood) en  $R_2 = 2200 \Omega$  (rood, rood, rood) en schakel de voedingsspanning in 68. De lichtgevende diode zal zwak oplichten.



68 LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

$R_1$  = weerstand  $1.000 \Omega$  (bruin, zwart, rood)

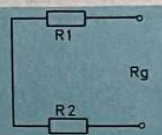
$R_2$  = weerstand  $2.200 \Omega$  (rood, rood, rood)



## Nu de elektronica

Wanneer nu achtereenvolgens eerst een weerstand met een draad wordt overbrugd 69 en daarna de andere 70 zal de lichtgevende diode steeds helderder oplichten, dan wanneer de beide weerstanden zijn ingeschakeld. Omdat de twee weerstanden achter elkaar in de stroomkring zijn opgenomen, wordt dit serieschakeling genoemd. Dat geldt voor alle onderdelen die op deze manier in een stroomkring worden opgenomen. Bij serieschakeling van weerstanden moeten de elektronen op hun weg van de min- naar de pluspool de twee weerstanden na elkaar passeren. In beide worden de elektronen afgeremd en de weerstandswerking wordt opgeteld. De gezamenlijke weerstand (vervangingsweerstand, afgekort  $R_v$ ) kan als volgt berekend worden:

$$R_v = R_1 + R_2$$



$$R_v = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



Gebruikt men zoals in experiment 68, weerstanden van  $1000 \Omega$  en  $2200 \Omega$  dan ziet de berekening er als volgt uit:

$$R_v = 1000 \Omega + 2200 \Omega$$

$$R_v = 3200 \Omega$$

De vervangingsweerstand is nu  $3200 \Omega$

In een serieschakeling loopt overal een stroom die gelijk is, dat betekent dat ook in alle weerstanden de stroomsterkte even groot is.

Uit de totaalweerstand van een serieschakeling met weerstanden van  $1000 \Omega + 2200 \Omega = 3200 \Omega$  en een spanning van 9 volt kan de stroom worden berekend.

$$I = \frac{V}{R} \text{ (A)} \quad I = \frac{9}{3200}$$

$$I = 0,0028 \text{ A}$$

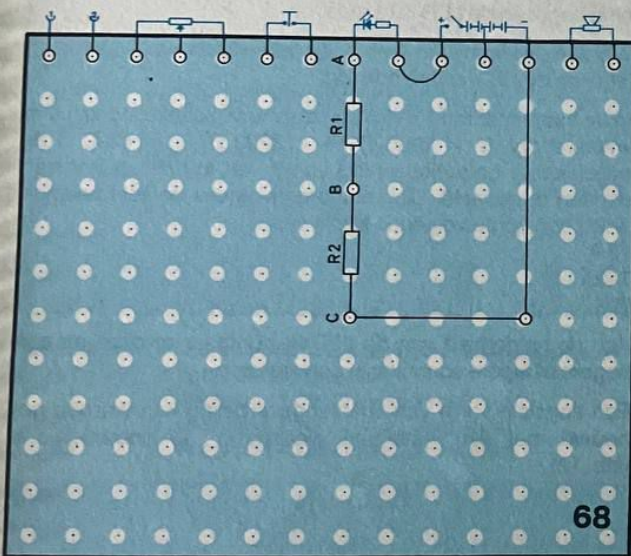
Bij zo'n kleine stroom, gebruikt men de kleinere maateenheid mA.  $0,0028 \text{ A} = 2,8 \text{ mA}$ .



## Nu de elektronica

### Serieschakeling van weerstanden

Monteer in de experimenten 68 tot 70 tussen de klemveren A, B en C twee weerstanden  $R_1 = 1000 \Omega$  (bruin, zwart, rood) en  $R_2 = 2200 \Omega$  (rood, rood, rood) en schakel de voedingsspanning in 68. De lichtgevende diode zal zwak oplichten.

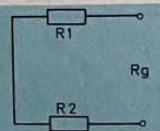


68 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

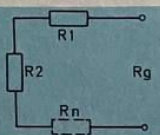
R1 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)  
R2 = weerstand 2.200  $\Omega$  (rood, rood, rood)

Wanneer nu achtereenvolgens eerst een weerstand met een draad wordt overbrugd 69 en daarna de andere 70 zal de lichtgevende diode steeds helderder oplichten, dan wanneer de beide weerstanden zijn ingeschakeld. Omdat de twee weerstanden achter elkaar in de stroomkring zijn opgenomen, wordt dit serieschakeling genoemd. Dat geldt voor alle onderdelen die op deze manier in een stroomkring worden opgenomen. Bij serieschakeling van weerstanden moeten de elektronen op hun weg van de min- naar de pluspool de twee weerstanden na elkaar passeren. In beide worden de elektronen afgeremd en de weerstandswerking wordt opgeteld. De gezamenlijke weerstand (vervangingsweerstand, afgekort  $R_v$ ) kan als volgt berekend worden:

$$R_v = R_1 + R_2$$



$$R_v = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



Gebruikt men zoals in experiment 68, weerstanden van 1000  $\Omega$  en 2200  $\Omega$  dan ziet de berekening er als volgt uit:

$$R_v = 1000 \Omega + 2200 \Omega$$

$$R_v = 3200 \Omega$$

De vervangingsweerstand is nu 3200  $\Omega$

In een serieschakeling loopt overal een stroom die gelijk is, dat betekent dat ook in alle weerstanden de stroomsterkte even groot is.

Uit de totaalweerstand van een serieschakeling met weerstanden van  $1000 \Omega + 2200 \Omega = 3200 \Omega$  en een spanning van 9 volt kan de stroom worden berekend.

$$I = \frac{V}{R} \text{ (A)} \quad I = \frac{9}{3200}$$

$$I = 0,0028 \text{ A}$$

Bij zo'n kleine stroom, gebruikt men de kleinere maateenheid mA.  $0,0028 \text{ A} = 2,8 \text{ mA}$ .



## Nu de elektronica

Deze stroom veroorzaakt over de in serie geschakelde weerstanden altijd een spanningsval die met de Wet van Ohm kan worden berekend:

voor  $R_1 = 1000 \Omega$  geldt:

$$V = R \cdot I \text{ (V)}$$

$$V = 1000 \times 0,0028$$

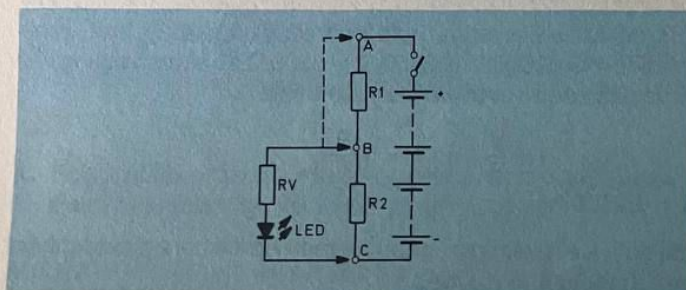
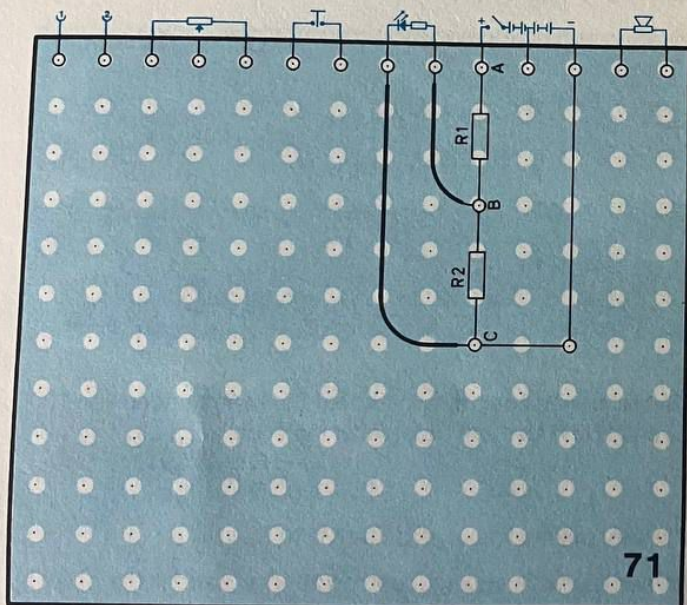
$$V \approx 2,8 \text{ V}$$

voor  $R_2 = 2200 \Omega$  geldt:

$$V = R \cdot I \text{ (V)}$$

$$V = 2200 \times 0,0028$$

$$V \approx 6,2 \text{ V}$$



## Spanningsdeling

De serieschakeling van weerstanden geeft een belangrijke schakeltechnische mogelijkheid, de zogenaamde spanningsdeling. Met de twee in serie geschakelde weerstanden  $R_1 + R_2$  in experiment 71 en 72, kan de aangesloten batterijspanning verdeeld worden in twee spanningen  $V_1$  en  $V_2$ . Dit wordt bevestigd door het verschillend oplichten van de LED. Worden de aansluitklemmen B en C, 71 gebruikt dan is de spanning hoger en de LED licht meer op.

Worden de klemmen A en B, 72 gebruikt dan is de spanning lager en de LED licht minder op.

In de experimenten 73 - 75 kan door serieschakeling van drie weerstanden  $R_1 = 1000 \Omega$ ,  $R_2 = 2200 \Omega$ ,  $R_3 = 4700 \Omega$  de beschikbare batterijspanning van 9 volt in drie spanningen worden opgedeeld. Sluit achtereenvolgens de lichtgevende diode aan op de volgende klemmen.

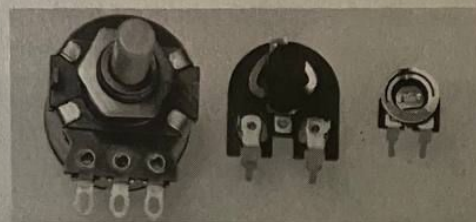
73 A

74 B

75 C

Aan de helderheid van de LED is zichtbaar of deze op een hogere of lagere spanning is aangesloten.

Een speciale vorm van spanningsverdeling kan worden gebouwd met een instelbare weerstand, de potentiometer (afb. 12).



71 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

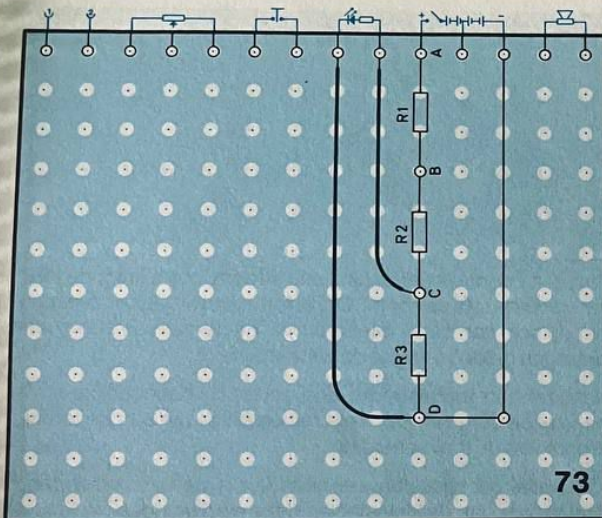
R1 = weerstand  $1.000 \Omega$  (bruin, zwart, rood)

R2 = weerstand  $2.200 \Omega$  (rood, rood, rood)



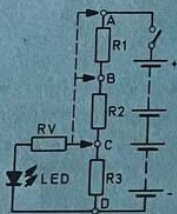
## Nu de elektronica

Bij deze potentiometer bestaat het weerstandsmateriaal uit een koolbaan. Aan de einden van deze koolbaan zijn de aansluitpunten gemonteerd. Het sleepcontact, en één der beide buitenaansluitingen vormen samen de aansluitpunten van de weerstandswaarde die van de totaalweerstand wordt afgetakt. Als symbool wordt het volgende teken gebruikt.



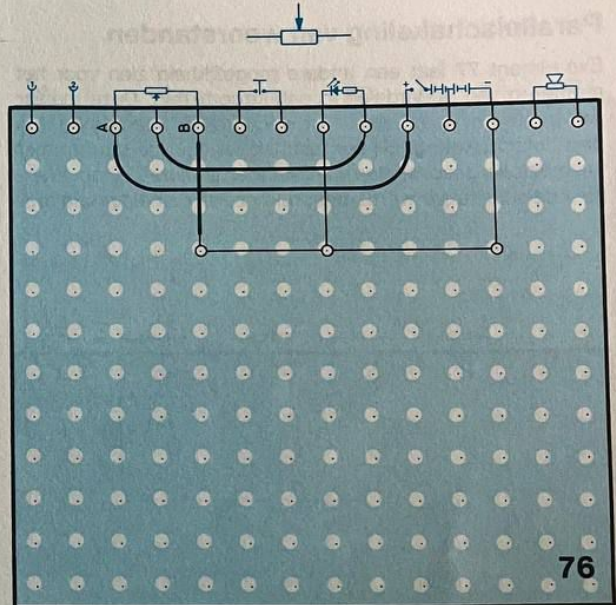
73 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

- R1 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)
- R2 = weerstand 2.200  $\Omega$  (rood, rood, rood)
- R3 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)

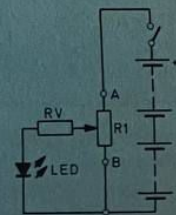


Paneel met voorschakelweerstand

13



76 R1 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$   
LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel



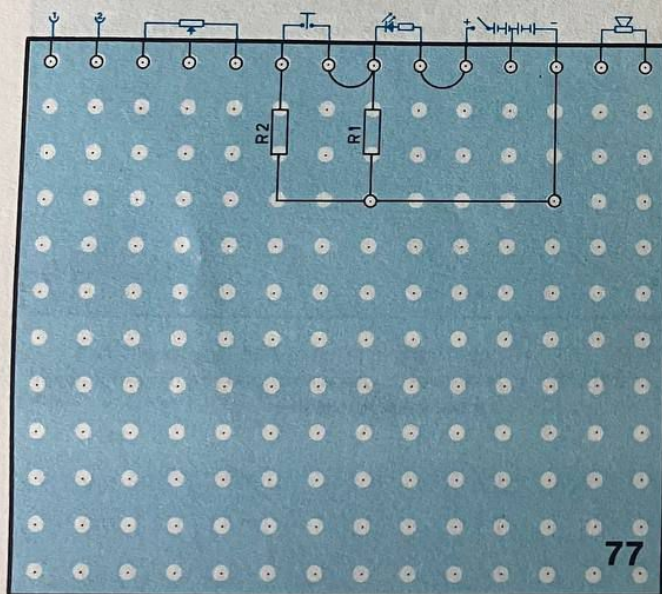


## Nu de elektronica

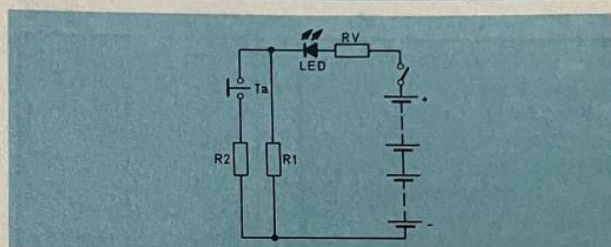
Monteer de potentiometer in experiment 76 tussen de klemmen A en B. Als aan de potentiometerknop wordt gedraaid, verandert de helderheid van de LED. Geheel linksom gedraaid zal de LED niet oplichten. Hoe verder de knop rechtsom wordt gedraaid, des te helderder zal de LED oplichten. Met de potentiometer is elke spanning tussen 0 en 9 volt in te stellen.

### Parallelschakeling van weerstanden

Experiment 77 laat een andere mogelijkheid zien voor het monteren van onderdelen in een stroomkring. Deze manier van opstellen, naast elkaar (of wel parallel), noemt men een **parallelschakeling**. Bij het inschakelen van de stroom met twee parallel geschakelde weerstanden licht de LED op. Wanneer de schakelaar wordt ingedrukt neemt de helderheid toe.



- 77** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 Ta = druktoets in het bedieningspaneel  
 R1 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)  
 R2 = weerstand 2.200  $\Omega$  (rood, rood, rood)



Omdat nu door elke aftakking een stroom loopt, krijgt de LED een grotere totaalstroom. Deze totaalstroom komt overeen met de som van beide deelstromen. Bij dergelijke stroomvertakkingen geldt de volgende wetmatigheid:

Wanneer een totaalstroom zich splitst in afzonderlijke stromen zal de som van de deelstromen gelijk zijn aan de totaalstroom van de toevoerleiding.

Bij parallel geschakelde weerstanden is de totaalweerstand altijd kleiner dan de kleinste van deze weerstanden.

In elektronische schakelingen is het onder meer noodzakelijk bepaalde onderdelen tegen een te hoge stroom te beveiligen. Dit kan worden gedaan door voor het betreffende onderdeel, een weerstand in serie te schakelen.

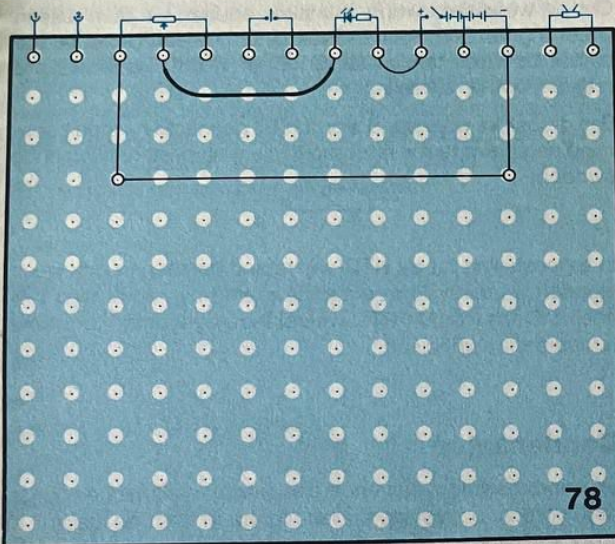
Zulke weerstanden worden **voorschakelweerstand** genoemd. Daarom is bij voorbeeld de LED in deze experimenteeldoos met een vaste voorschakelweerstand tegen te hoge stromen beveiligd.

Bij gebruik van een potentiometer als voorschakelweerstand, experiment 78, is het mogelijk de spanning op een bepaalde waarde in te stellen. Het is duidelijk dat de helderheid van de LED verandert overeenkomstig de instelling van de potentiometer. Rechtsom brandt de LED het helderst, de weerstand van de potentiometer is dan het laagst.

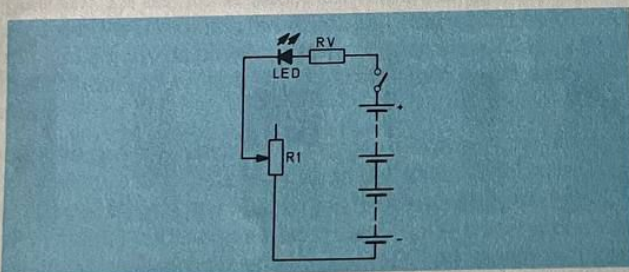


## Nu de elektronica

Als de LDR in experiment 79 met een sterke zaklantaarn of gloeilamp belicht wordt, zal de lichtgevende diode oplichten. Bij verschillende belichting verandert de weerstandswaarde van de LDR en afhankelijk daarvan wijzigt de helderheid van de lichtgevende diode.

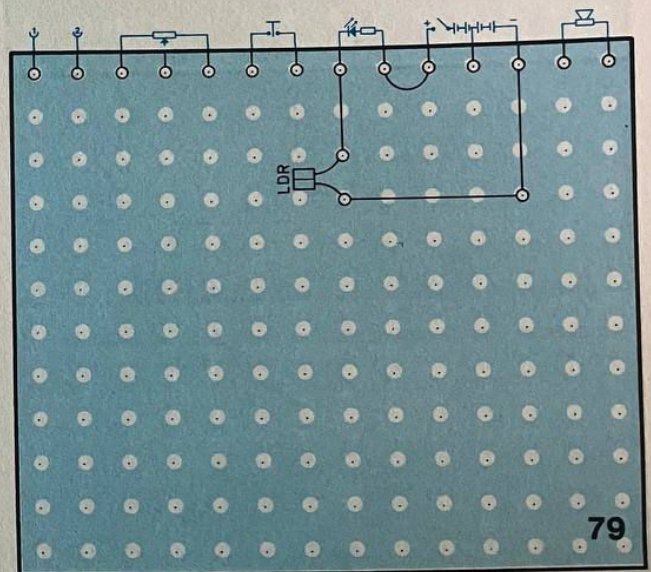


78 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
R1 = potentiometer in het bedieningspaneel, 10 k $\Omega$

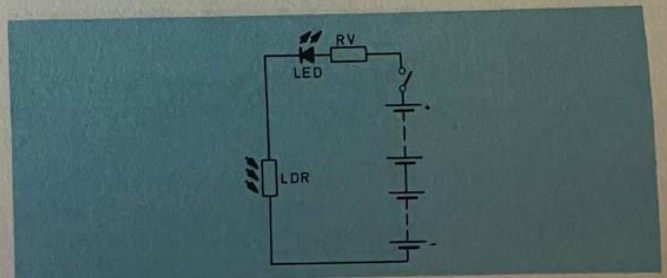


### Variabele weerstanden

Behalve vaste weerstanden en instelbare weerstanden (potentiometers) zijn er ook weerstanden waarvan de weerstandswaarden door invloeden van buitenaf veranderen. Hiertoe behoort o.a. de **lichtafhankelijke weerstand**, die afgekort **LDR** wordt genoemd. (light dependent resistor).



79 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
LDR = lichtafhankelijke weerstand



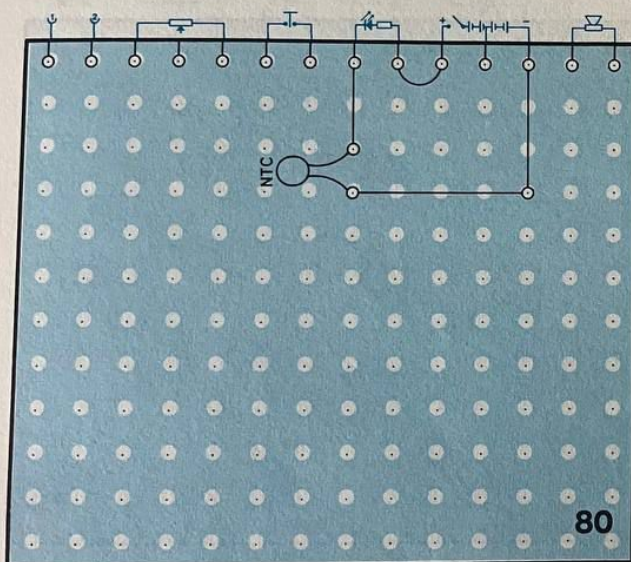


## Nu de elektronica

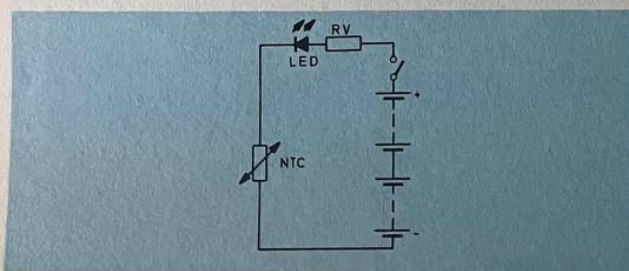
Voor de LDR wordt het volgende symbool gebruikt.



In experiment 80 wordt een weerstand gebruikt waarvan de waarde afhankelijk van de temperatuur verandert. De waarde zal dalen bij een hoger wordende temperatuur. Bij het inschakelen van het apparaat licht de diode slechts zwak op.



- 80 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
NTC = temperatuurafhankelijke weerstand



Om de weerstand warm te maken houden we hem tussen twee vingers. De helderheid van de LED neemt zichtbaar toe omdat de weerstandswaarde kleiner wordt. De weerstand reageert ook op afkoeling.

Een dergelijke weerstand wordt **NTC** genoemd naar de benaming negatieve temperatuurcoëfficiënt en heeft het volgende symbool.



In tegenstelling tot de NTC-weerstand bestaan er ook weerstanden waarvan de weerstandswaarde bij verwarming toeneemt. Deze worden **PTC** weerstanden genoemd (positieve temperatuurcoëfficiënt).

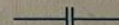
## Condensator

De **condensator** is een onderdeel waarin elektrische energie kan worden opgeslagen. Aan de hand van de gebruikte grondstof worden deze onderscheiden in keramische condensatoren, foliecondensatoren en elektrolytische condensatoren. Elk type heeft een apart toepassingsgebied. Deze condensatoren worden het meest gebruikt (afb. 14).



Verder worden ook variabele condensatoren toegepast. Condensatoren worden met de volgende symbolen aangegeven.

keramische en foliecondensator:



elektrolytische condensator:

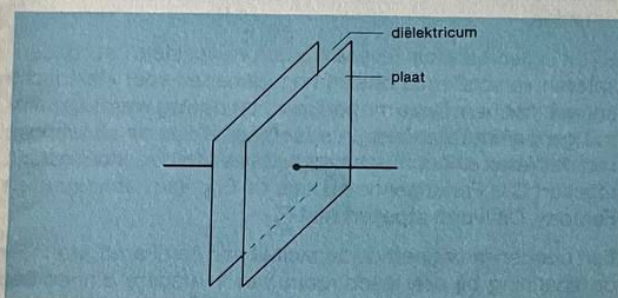


variabele condensator:





Condensatoren bestaan in principe uit twee metalen platen of metaalfolie dat ten opzichte van elkaar is geïsoleerd. Als isolatie kan lucht dienen. Meestal worden de materialen keramiek of kunststof gebruikt. De isolatielaag, het **diëlektricum**, verhindert dat elektronen van de ene naar de andere metaalplaat kunnen gaan. Door een condensator kan dus praktisch geen stroom (afb. 15) lopen. Toch hebben condensatoren in elektrische schakelingen een belangrijke functie.



Als een condensator op een gelijkspanningsbron wordt aangesloten, zal een korte laadstroom lopen. Er gaan elektronen naar een van de platen terwijl van de andere plaat elektronen afgaan. Zijn beide platen op deze wijze geladen, dan loopt er geen stroom meer, terwijl de spanning toch nog is aangesloten.

In de volgende experimenten worden elektrolytische condensatoren gebruikt. Deze worden op die plaatsen gebruikt waar een grote opslagcapaciteit en een kleine afmeting nodig is. Ze zijn meestal voorzien van een + en een - pool en daarom alleen bij gelijkstroom te gebruiken. Bij het monteren in de schakeling moet goed op de polariteit worden gelet omdat de condensator anders defect kan raken.

Met experimenten 81 - 83 kan de laadstroom worden aangetoond. Monteer achtereenvolgens de condensatoren:

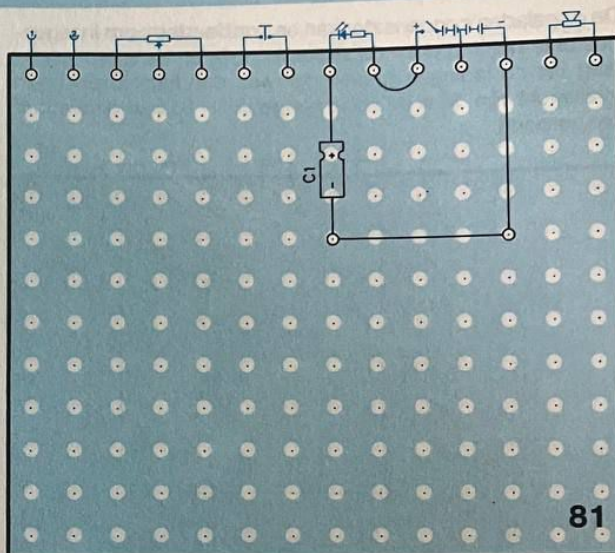
**81**  $C_1 = 10 \mu F$

**82**  $C_1 = 100 \mu F$  en

**83**  $C_1 = 220 \mu F$

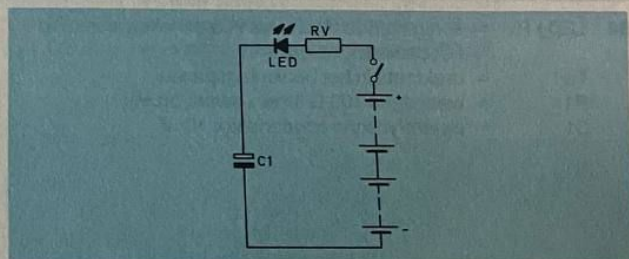
en schakel de voedingsspanning in.

## Nu de elektronica



**81** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

C1 =  $10 \mu F$  elektrolytische condensator  $10 \mu F$



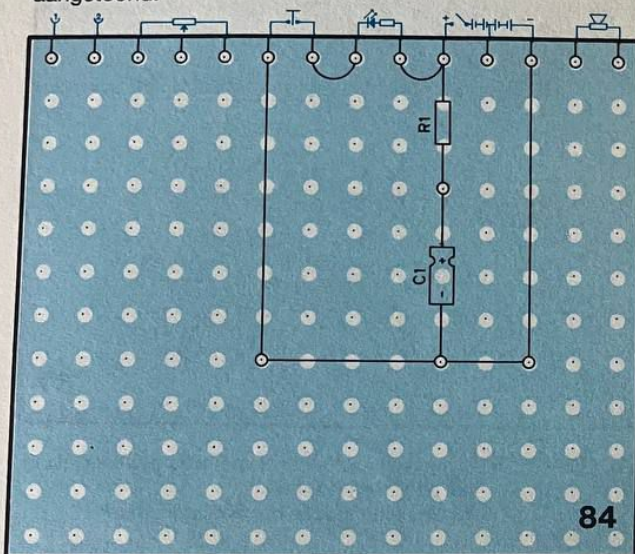
Bij de condensator van  $10 \mu F$  licht de LED kort op, bij  $100 \mu F$  is er een gemiddelde oplichtingstijd terwijl met  $220 \mu F$  de tijd nog langer is.

Is de condensator geladen, dan zal de LED bij het schakelen niet meer oplichten. Pas wanneer de condensator door overbruggen met een stukje draad is ontladen kan het experiment worden herhaald.

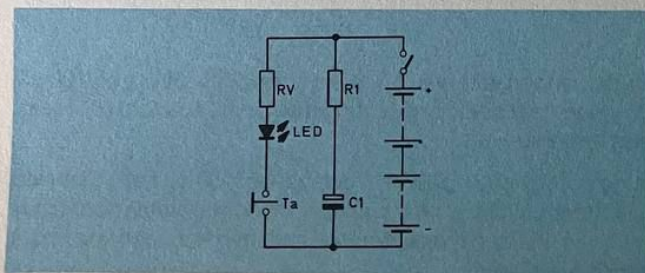


## Nu de elektronica

De opgeladen condensator kan een **ontlaadstroom** in tegengestelde richting door de stroomkring laten lopen en wel zo lang tot de ladingen tussen de twee condensatorplaten in evenwicht zijn. Met de schakelingen 84 - 86 kan dit worden aangetoond.



- 84** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 Ta = druktoets in het bedieningspaneel  
 R1 = weerstand 100  $\Omega$  (bruin, zwart, bruin)  
 C1 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$



Monteer achtereenvolgens de condensatoren

**84**  $C_1 = 10\mu\text{F}$

**85**  $C_1 = 100\mu\text{F}$  en

**86**  $C_1 = 220\mu\text{F}$

Schakel de stroom in. De LED zal nog niet oplichten. Wanneer de stroom door het openen van de schakelaar wordt uitgeschakeld, blijft het ladingsverschil tussen de beide platen van de condensator bestaan. Wordt de druktoetsschakelaar nu ingedrukt, dan zal de LED afhankelijk van de gemonteerde condensator korter of langer oplichten tot de condensator is ontladen.

Bij dit experiment kan tevens worden vastgesteld dat condensatoren verschillende opslagmogelijkheden voor elektrische energie hebben. Deze mogelijkheid tot opslag wordt **capaciteit** genoemd. Deze hangt onder meer af van de afmetingen van de platen en het diëlektricum. De eenheid voor capaciteit, afgekort **C** is Farad genoemd naar de Engelse natuurkundige Faraday. Dit wordt afgekort met **F**.

Een condensator heeft de capaciteit van één Farad, wanneer de spanning bij een laadstroom van 1 Ampère binnen één seconde stijgt tot 1 Volt.

$$1 \text{ F} = 1 \frac{\text{As}}{\text{V}}$$

Omdat de eenheid Farad erg groot is en de in de praktijk gebruikte condensatoren over het algemeen belangrijk lagere waarden hebben, worden voor het aangeven van de waarden onderverdelingen in decimalen gebruikt.

1 Millifarad	1 mF = 0,001 F
1 Microfarad	1 $\mu\text{F}$ = 0,000 001 F
1 Nanofarad	1 nF = 0,000 000 001 F
1 Picofarad	1 pF = 0,000 000 000 001 F

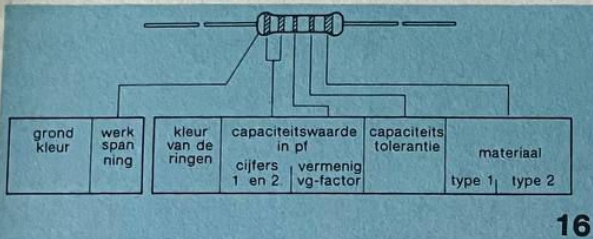
Voor het vaststellen van de waarde van condensatoren geldt in principe dezelfde tabel als voor weerstanden (blz. 61).

Om de condensatoren van weerstanden te onderscheiden is er een zeer opvallend kenmerk: weerstanden hebben 4 kleuringen, condensatoren 5. Om de waarde vast te stellen moet de condensator zo worden vastgehouden dat de ring die het dichtste bij de aansluitdraad ligt, links ligt. Alleen de eerste



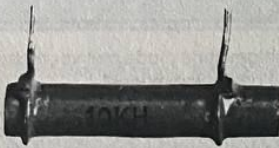
## Nu de elektronica

drie ringen van linksaf zijn van betekenis. De waarde kan nu net als bij weerstanden worden afgelezen (afb. 16).



16

Niet alle condensatoren zijn van kleurringen voorzien. Op een aantal is de waarde met cijfers aangegeven (afb. 17). Staat het getal zonder verdere toevoegingen, dan is de waarde in pF aangegeven.

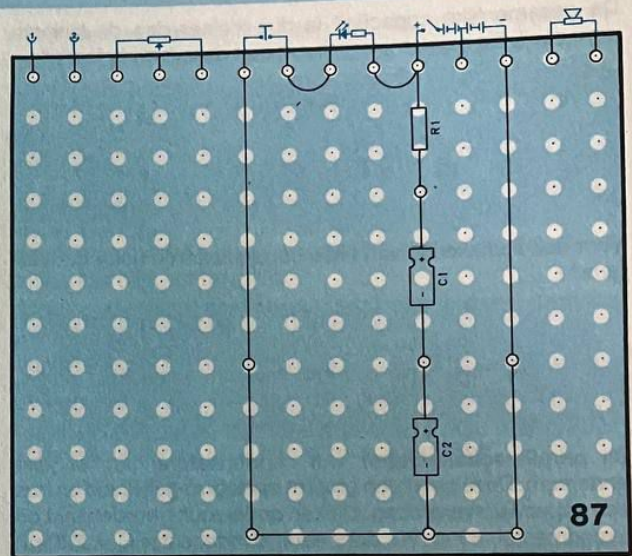


Op elektrolytische condensatoren is de waarde in  $\mu\text{F}$  gedrukt. Het is ook mogelijk dat er twee getallen, gescheiden door een streep, zijn aangegeven, dit heeft dan de volgende betekenis:

100/10  
 $\mu\text{F}/\text{volt}$

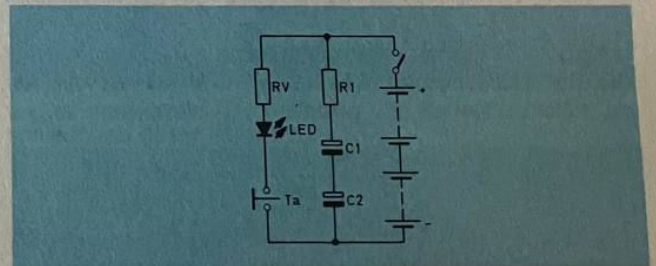
Net als weerstanden kunnen condensatoren ook in serie en parallel geschakeld worden.

Een serieschakeling van condensatoren komt overeen met het vergroten van de afstand van de platen, de capaciteit wordt hierdoor kleiner. Met de experimenten 87 en 88 kan dit worden aangetoond, door condensator  $C_2 = 220 \mu\text{F}$  met een draad te overbruggen 87 en de schakelaar even op 1 te zetten en daarna weer op 0. Bij het indrukken van de druktoetsschakelaar licht de LED kort op omdat de condensator zich bij het indrukken ontlaaft. Verwijder nu de overbruggingsdraad van de condensator  $C_2$  88, schakel weer in en uit en druk dan opnieuw op de druktoetsschakelaar, de LED licht nu korter op.



87

- 87 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 Ta = druktoets in het bedieningspaneel  
 R1 = weerstand  $100 \Omega$  (bruin, zwart, bruin)  
 C1 = elektrolytische condensator  $100 \mu\text{F}$   
 C2 = elektrolytische condensator  $220 \mu\text{F}$



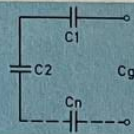
Dit houdt in dat minder elektriciteit werd opgeslagen en dus minder ontladen kon worden.



## Nu de elektronica

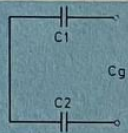
De gezamenlijke capaciteit is dus kleiner dan de kleinste capaciteit. De berekening gebeurt met de volgende formule.

$$\frac{1}{C_v} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



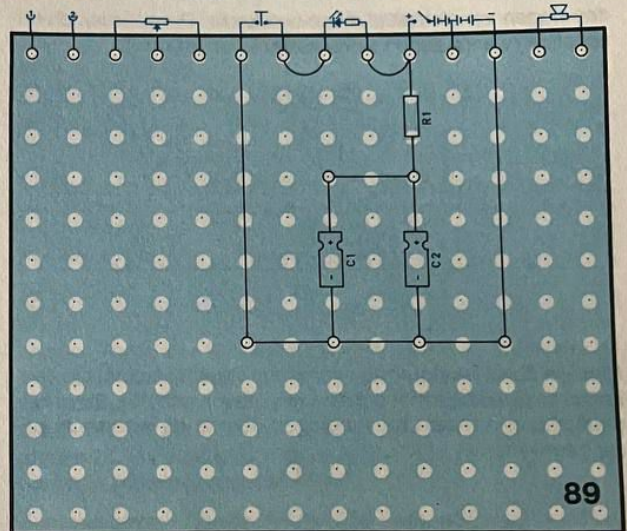
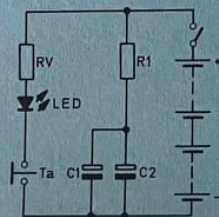
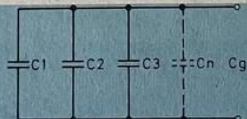
Voor serieschakeling van twee condensatoren geldt het volgende:

$$C_v = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$



Bij **parallelschakelingen** van condensatoren is het juist andersom. Deze geeft een grotere opslagmogelijkheid en dus een capaciteitsvergroting. Dit kan onderzocht worden met de experimenten 89 en 90, door eerst condensator  $C_2 = 220 \mu F$  **89** te monteren en de schakelaar in te drukken, daarna  $C_1 = 100 \mu F$  **90** erbij monteren en de schakelaar weer indrukken. De LED zal bij gebruik van twee parallel gemonteerde condensatoren wat langer oplichten. Dit wijst op een grotere capaciteit (opslagmogelijkheid). Voor parallel geschakelde condensatoren geldt: De totaalcapaciteit is gelijk aan het totaal van de afzonderlijke condensatoren.

$$C_g = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots + C_n$$



- 89** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
Ta = druktoets in het bedieningspaneel  
R1 = weerstand  $100 \Omega$  (bruin, zwart, bruin)  
C1 = elektrolytische condensator  $100 \mu F$   
C2 = elektrolytische condensator  $220 \mu F$

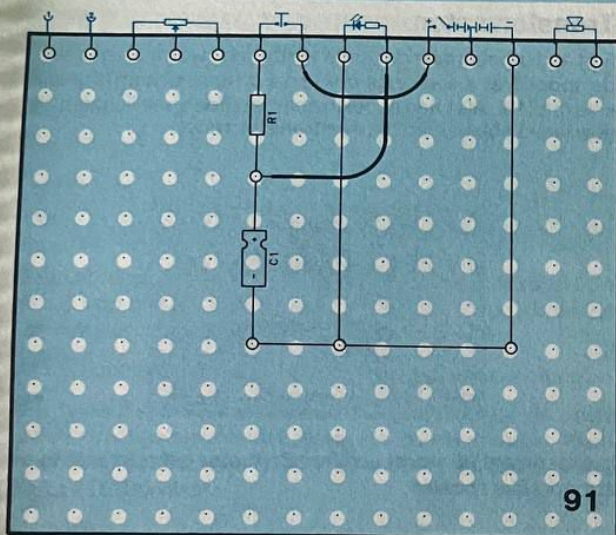
Met de experimenten 91 - 94 kan de speciale werking onderzocht worden van een combinatie van een in serie geschakelde weerstand.

Voor  $R_1$  wordt een weerstand van  $220 \Omega$  en voor  $C_1$  een condensator van  $220 \mu F$  gemonteerd **91**.

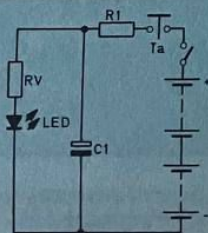
Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt zal de LED in eerste instantie niet oplichten. De condensator laadt zich op en de spanning stijgt. Gelijktijdig zal de helderheid van de LED toenemen. Is de condensator opgeladen dan licht de LED op z'n sterkst op. Wanneer de druktoetsschakelaar weer open wordt gedaan zal de LED door de ontladstroom nog even blijven oplichten en daarna langzaam uitgaan.



## Nu de elektronica



- 91** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
Ta = druktoets in het bedieningspaneel  
R1 = weerstand 220  $\Omega$  (rood, rood, bruin)  
C1 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$
- 92** R1 = weerstand 220  $\Omega$  (rood, rood, bruin)  
C1 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$
- 93** R1 = weerstand 220  $\Omega$  (rood, rood, bruin)  
C1 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- 94** R1 = weerstand 1000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)  
C1 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$



Wordt de condensator door één van 100  $\mu\text{F}$  **92** vervangen, dan is de tijd, die nodig is om de LED op volle sterkte te laten oplichten wat kleiner. De condensator van 10  $\mu\text{F}$  **93** heeft de kleinste capaciteit en daarom ook de kortste oplaad- respectievelijk ontladtijd.

Als de weerstand  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  en de condensator van 220  $\mu\text{F}$  wordt gebruikt **94** kan de oplaadtijd worden verlengd. De ontladtijd blijft echter gelijk.

Uit deze experimenten kan worden opgemaakt dat bij het inschakelen de spanning over de condensator geleidelijk oploopt, en bij het uitschakelen snel afvalt. Dit bijzondere spanningsverloop wordt in de elektronica „**integratie**” genoemd.

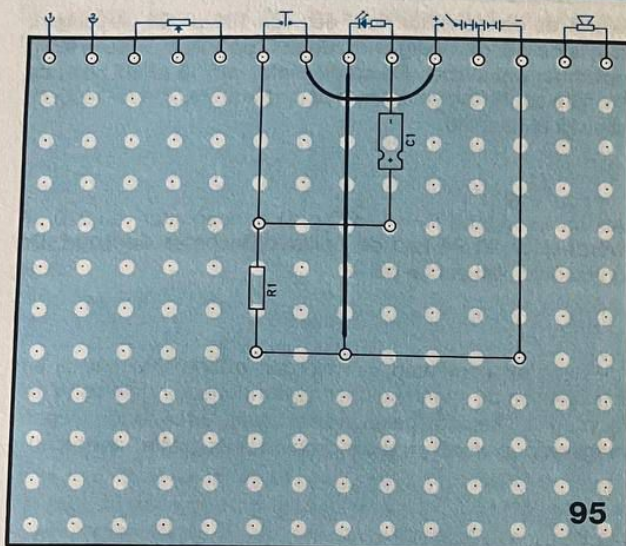
Een andere combinatie van de condensator en weerstand is te vinden in de experimenten 95 - 97. Bij een vaststaande weerstandswaarde  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  wordt vervolgens de condensator  $C_1 = 10 \mu\text{F}$  **95** gemonteerd. Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt zal de LED kort oplichten tot de condensator is opgeladen. In gelijke mate zal de helderheid van de LED afnemen. Na het opladen loopt er geen stroom meer en de LED is donker ondanks het feit dat de stroombron nog is aangesloten.

Na het openen van de druktoetsschakelaar kan de condensator zich niet over de LED ontladen, omdat de LED in sperrichting is geschakeld. De ontlading van de condensator geschiedt over de weerstand  $R_2$ .

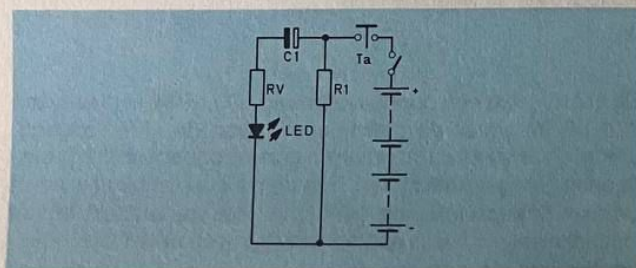
Bij gebruik van een condensator van 100  $\mu\text{F}$  **96** in plaats van 220  $\mu\text{F}$  **97** wordt de oplichtingstijd van de LED verlengd, omdat deze condensator met z'n grotere capaciteit een grotere opslagmogelijkheid heeft. Een dergelijke combinatie wordt **differentiatieschakeling** genoemd. Het veroorzaakt bij het inschakelen een snelle spanningsstijging en bij het uitschakelen een langzame afval.



## Nu de elektronica

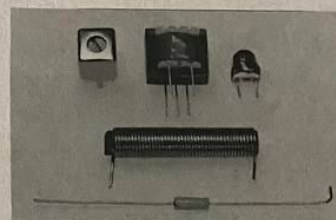


- 95 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 Ta = druktoets in het bedieningspaneel  
 R1 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
 C1 = elektrolytische condensator 10  $\mu$ F
- 96 C1 = elektrolytische condensator 100  $\mu$ F
- 97 C1 = elektrolytische condensator 200  $\mu$ F



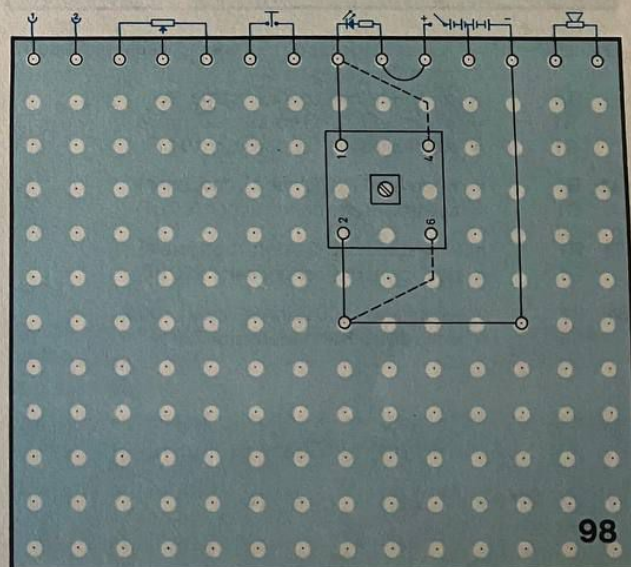
## Transformator

Een ander onderdeel dat in de elektronica wordt toegepast is de **spoel**. Het is een lange draad die op een lichaam is gewikkeld (afb.18). Als twee spoelen op eenzelfde spoellichaam zijn gewikkeld noemt men het een **transformator**.



18

In experiment 98 wordt een transformator gebruikt met twee afzonderlijke spoelen.

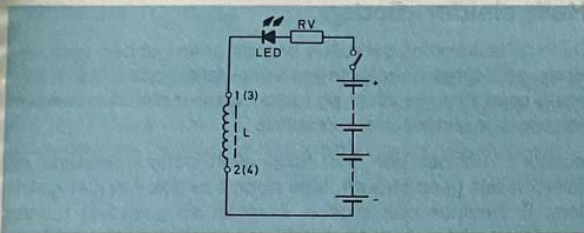


98

- 98 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 L = spoel, rood



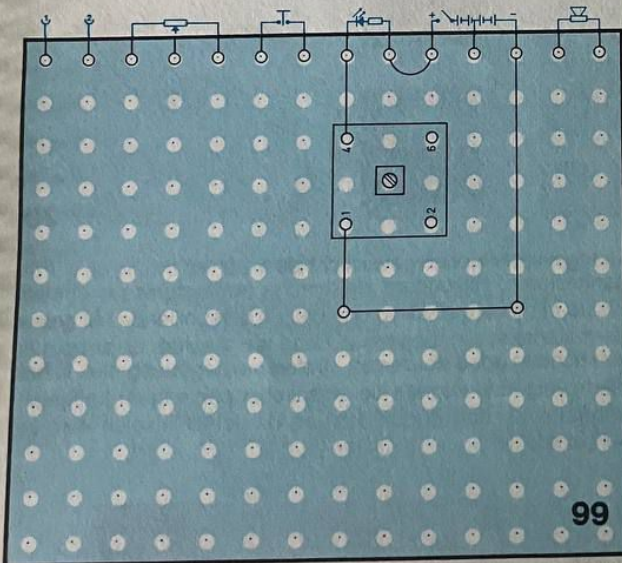
## Nu de elektronica



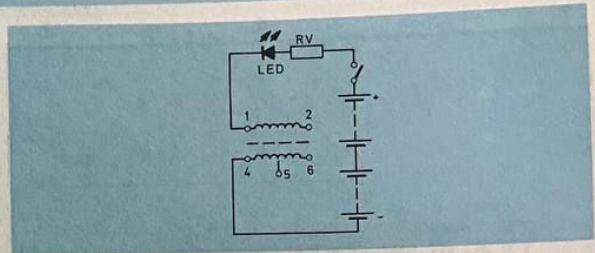
Gebruik eerst de aansluitingen 1+2. Bij het inschakelen licht de LED op omdat de stroom door de spoel loopt. Hetzelfde kan worden vastgesteld bij de aansluitingen 4+6.

De LED geeft aan dat door beide spoelen een stroom loopt.

Met experiment 99 kan worden aangetoond, dat de beide spoelen niet geleidend met elkaar zijn doorverbonden. Wanneer namelijk de aansluitingen 1+4 en 2+6 worden gebruikt, blijft de LED donker.



99 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
L = spoel, rood



### Luidspreker

Bij experiment 100 wordt de luidspreker gebruikt. Bij het inschakelen van de voedingsspanning klinkt een lichte tik uit de luidspreker en de LED licht op.

Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt, loopt de stroom door de weerstand  $R_1 = 47\Omega$ . Het tikgeluid uit de luidspreker is merkbaar harder.

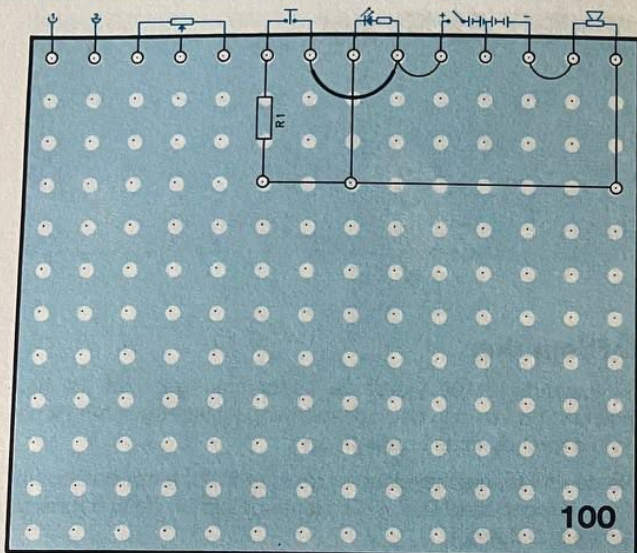
In het luidsprekerframe zit een conus (membraan). Door middel van een spoel binnen in de luidspreker wordt, als er stroom door de luidspreker loopt, een magnetisch veld opgewekt. Het brengt de conus aan het trillen en de conus brengt de luchtdeeltjes in de nabijheid in beweging. Deze beweging van luchtdeeltjes wordt als geluid waargenomen - in experiment 100 als een tik.

Omgekeerd kan de luidspreker ook als microfoon worden gebruikt. Geluidsgolven die de conus raken, wekken stroomveranderingen in de spoel op. Deze stroombewegingen kunnen, na elektronisch te zijn versterkt, met een luidspreker hoorbaar worden gemaakt.

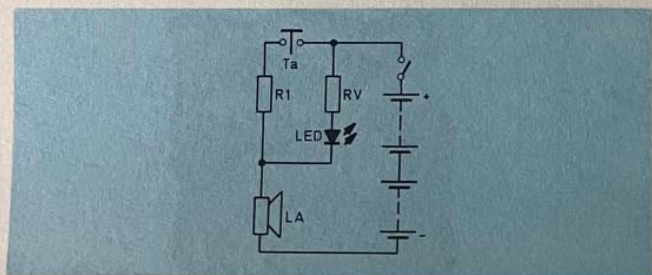




## Nu de elektronica



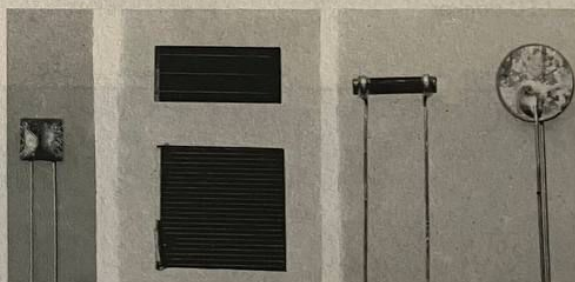
- 100 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 Ta = druktoets in het bedieningspaneel  
 La = luidspreker in het bedieningspaneel  
 R1 = weerstand 47  $\Omega$  (geel, paars, zwart)



## Halfgeleider-dioden

De in de elektronica gebruikte grondstoffen hebben verschillende geleidingsmogelijkheden voor elektrische stroom. De beste geleiders zijn zilver en koper, deze materialen hebben een erg lage elektrische weerstand.

Isolatoren hebben een zeer hoge elektrische weerstand en geleiden dus geen stroom. Men noemt ze ook wel niet-geleiders. Er bestaan ook stoffen waarvan de geleiding tussen geleider en niet-geleider in ligt. Men noemt dit **halfgeleiders**. De geleidingsmogelijkheid is niet het belangrijkste kenmerk van halfgeleiders. Het belangrijkste is dat de geleiding door invloeden van buitenaf kan worden veranderd. Fotoweerstanden bij voorbeeld, veranderen van weerstand door lichtinvall. Zonnecellen leveren stroom als er licht opvalt. Andere halfgeleider-elementen veranderen in waarde door een aangesloten spanning (VDR) of zijn van de temperatuur afhankelijk (NTC, PTC).




Lichtgevende dioden geven licht als er een spanning op wordt aangesloten. Bijzondere elektrische gebeurtenissen vinden plaats in de halfgeleiderdiode waarin verschillende halfgeleidermaterialen zijn toegepast. Deze laat daarom de stroom in één richting goed doorlopen, andersom nagenoeg niet. In het hiernavolgende kunnen de eigenschappen van de halfgeleiderdiode worden onderzocht en de verschijnselen worden verklaard.

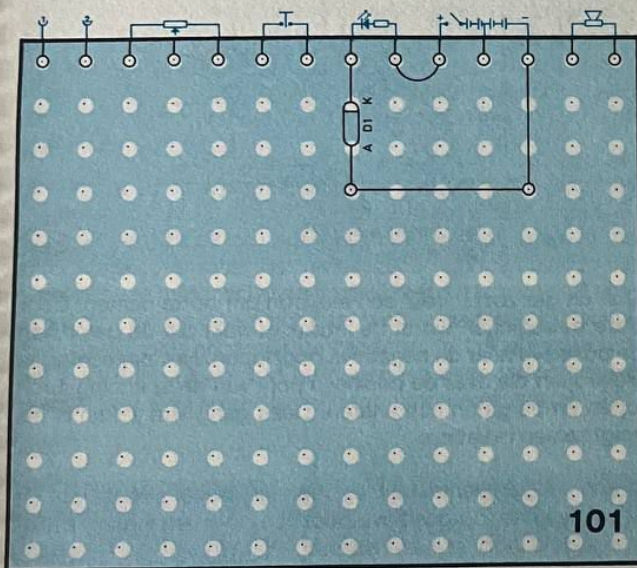




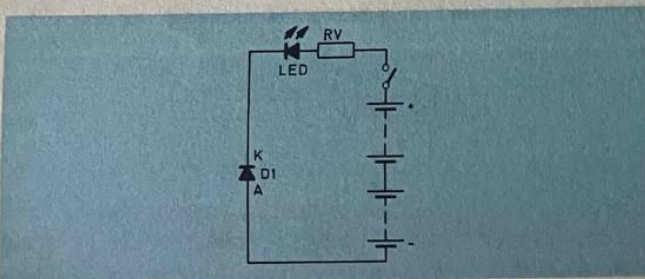
## Nu de elektronica

Symbol van de diode: 

Als in experiment **101** een diode zo in een stroomkring wordt opgenomen dat de ring van de diode naar de pluspool van de batterij wijst, zal de LED niet oplichten. Door de diode loopt geen stroom. De diode is dan in sperrichting geschakeld.



**101** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
D1 = diode



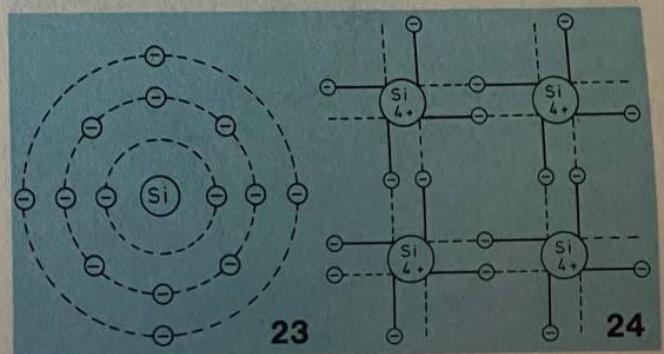
**22**

Ter verduidelijking: Als een kleine rivier in zee uitkomt, wordt in de monding weleens een valdeur gezet die, als er bij voorbeeld een stormvloed komt, door het opkomende water vanzelf wordt dicht gedrukt zodat er geen water terug kan stromen (afb. 31).

Deze tekening kan de functie van de diode in sperrichting verduidelijken.

Om deze werking te verklaren, moet de opbouw van de atomen in een halfgeleiderdiode nader worden bekeken. Als grondstof voor de fabricage wordt in het algemeen silicium, of (nog maar zelden) germanium gebruikt. Dit materiaal dient erg zuiver te zijn.

Van het halfgeleidermateriaal silicium bestaat één atoom uit een atoomkern en 14 elektronen. Van de 14 elektronen zijn echter alléén de 4 buitenste (valentie-elektronen) belangrijk (afb. 23). Deze vier elektronen vormen samen met de valentie-elektronen van de vier naburige atomen, elektronenparen (afb. 24).

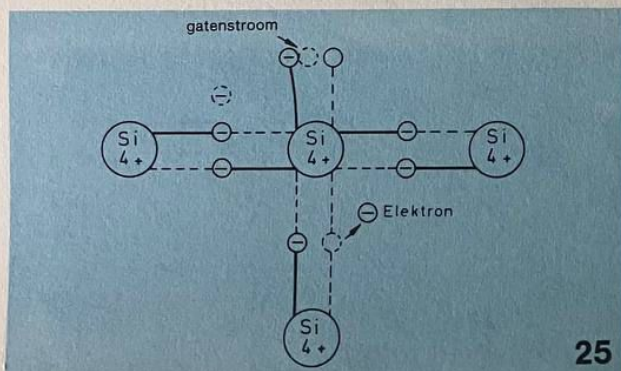




## Nu de elektronica

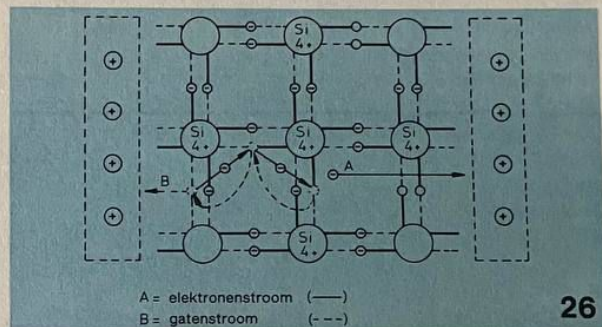
In een zuiver siliciumkristal zijn bij het absolute nulpunt ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) alle elektronen zo vast aan het atoom gebonden, dat geen vrije ladingdragers voor de elektrische stroom beschikbaar zijn. De weerstand is dan oneindig groot. Silicium is in deze extreme toestand een isolator. Bij normale temperatuur raken de atomen en ook de elektronen in een soort warmtebeweging, zodat enkele elektronen zich vrij kunnen maken uit het atoomverband en dan vrije ladingdragers worden zoals in metalen. Als de temperatuur hoger wordt, zal het aantal vrije elektronen groter worden en neemt de geleidingsmogelijkheid toe. Verhit men de halfgeleider tot een te hoge temperatuur, dan gaat het kristal kapot. Op dit punt gedragen geleiders zich anders. Bij het absolute nulpunt zijn metalen, ideale geleiders. Men spreekt dan van **supergeleiding**. Bij stijgende temperatuur worden de warmte-bewegingen van de elektronen groter. Deze kunnen zo groot worden dat de elektronen elkaar tegengesteld hinderen. Het geleidingsvermogen neemt dan af.

Heeft een elektron zijn plaats in het siliciumkristal verlaten dan ontstaat er een leemte. Deze leemte wordt een elektronengat genoemd. Het atoom waaraan een elektron mankeert, is door gebrek aan negatieve lading zelf positief geladen. Een gat zorgt dus voor een positieve ladingdrager. Andersom kan een ander vrij elektron in zo'n gat „springen” en daardoor het verband weer herstellen. De beweging wordt de **gatenstroom** genoemd (afb. 25).



25

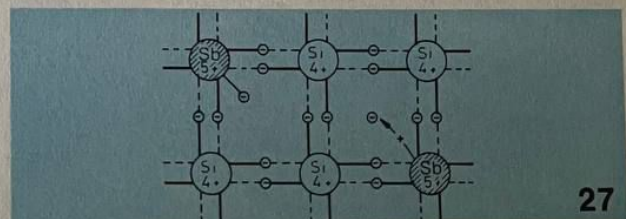
Wordt nu op zo'n siliciumkristal, bij normale temperatuur, een spanning aangesloten, dan zal een kleine elektrische stroom gaan lopen. De elektronen bewegen zich van de negatieve pool naar de positieve pool van de spanningsbron. Een vrij elektron kan weer in een gat worden opgenomen, waarbij het zelf op de vorige plaats een gat achterlaat (afb. 26).



Ook dit gat zoekt weer een elektron om op te nemen. Door deze bewegingen wordt de indruk gewekt dat de gaten van de positieve naar de negatieve pool lopen. Het zijn echter de elektronen die naar de positieve pool van de spanningsbron lopen en de gaten achterlaten. Deze gang van zaken is als volgt samen te vatten:

In een halfgeleiderkristal loopt een elektronenstroom van de negatieve naar de positieve pool van de spanningsbron. Tegengesteld loopt de gatenstroom.

Door het toevoegen van vreemde atomen, bij voorbeeld antimonium (chemische formule  $\text{Sb}$ ) verandert het aantal van de vrije elektronen. Het antimonium bevat 5 valentie-elektronen, waarvan er vier in het kristalraam kunnen worden opgenomen. Het vijfde elektron is daarom vrij beweegbaar (afb. 27).



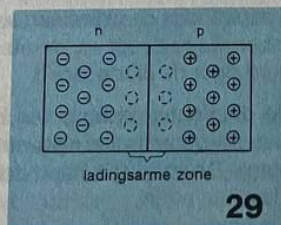
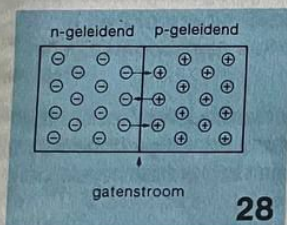


## Nu de elektronica

Het aantal van de vrije elektronen is nu groter dan voor de kristalopbouw nodig is. Het kristal heeft dan ook een overschot aan elektronen, er wordt dan ook gesproken over een negatief geleidend kristal of te wel een n-geleidend materiaal. Het silicium kan ook met vreemde atomen samengaan, die maar 3 valentie-elektronen hebben.

Zo'n chemisch element is bij voorbeeld indium (chemisch symbool In). In het kristalrooster, dat met indium is verontreinigd, kan een elektron van een siliciumatoom geen elektronenpaar vormen. Het probeert nu elektronen aan andere naburige atomen te onttrekken zodat daar een gat ontstaat. Door de toevoeging van driewaardige vreemde atomen zijn er voor de bouw van het kristal te weinig elektronen beschikbaar. Dit halfgeleidermateriaal wordt positief geleidend genoemd ofwel p-geleidend.

Het gedrag van een halfgeleiderdiode wordt duidelijk omdat p-geleidend en n-geleidend materiaal tegen elkaar stoten. Bij normale temperatuur zijn de elektronen steeds in beweging en bewegen zich naar het grensvlak en dringen zich in het p-geleidende materiaal en gaan daar met gaten samen. Tegelijkertijd bewegen gaten zich naar het n-geleidende materiaal, daar speelt zich ongeveer hetzelfde af. In het grensgebied, een zeer dunne laag, zijn nu nagenoeg geen ladingdragers beschikbaar. Er is nu een ladingsarme zone ontstaan (afb. 29).



Dit gebied wordt de grenslaag genoemd.

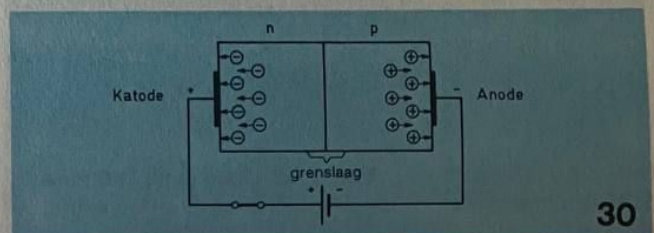
Door het samengaan van gaten en elektronen in de grenslaag wordt voorkomen dat deze laag breder dan enkele  $\mu\text{m}$  wordt. Lopen de elektronen in de p-grenslaag, dan blijven atomen

achter, die positief geladen zijn. Er ontstaat dus in de n-grenslaag een dunne zone die zwak positief is geladen. In de p-laag ontstaat, als de elektronen zich verplaatsen, een negatieve zone. Tussen deze beide zones wordt een spanning opgebouwd, de z.g. **antidiffusiespanning**. Deze voorkomt dat de elektronen en gaten gelijkmatig over het hele kristal worden verdeeld. Dit wordt diffusie genoemd en verhindert dus het volledig evenwicht tussen de beide lagen.

Deze antidiffusie-spanning is afhankelijk van het materiaal waaruit de halfgeleider is samengesteld. Voor silicium is dit ongeveer 0,7 volt, voor germanium ongeveer 0,3 volt. Deze spanning is met eenvoudige middelen helaas niet vast te stellen.

De benamingen voor de beide aansluitpunten van de halfgeleiderdiode is afgeleid van die van de bekende elektronenbuis. Aan de p-laag ligt de **anode**, aan de n-laag de **katode**. De katode is op het lichaam van de diode met een brede kleurring aangegeven.

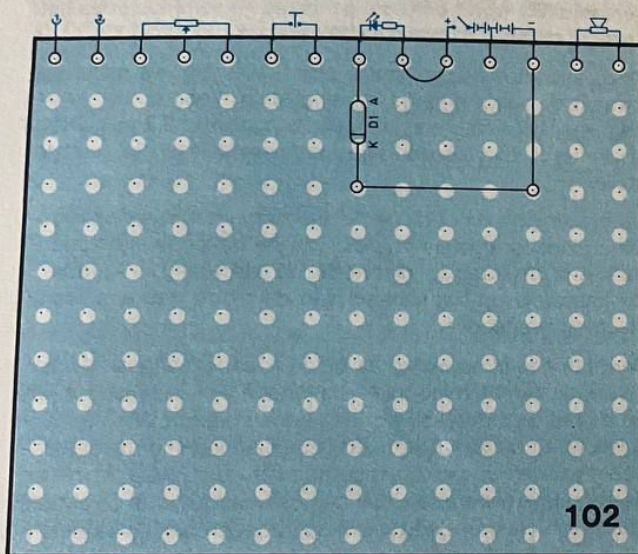
Wordt in een stroomkring de diode zodanig aangesloten dat de anode aan de minpool en de katode aan de pluspool van de batterij ligt, dan kan er geen stroom lopen. Door de verschillende ladingen tussen de halfgeleiderlagen en de batterijpolen worden de positieve gaten naar de negatieve pool en de negatieve elektronen naar de positieve pool van de batterij getrokken. De grenslaag wordt daardoor breder, en de elektrische weerstand wordt zo groot dat er geen stroom kan lopen. De diode spert dus de elektrische stroom. Men zegt dan: „De diode is in sperrichting geschakeld” (afb.30).



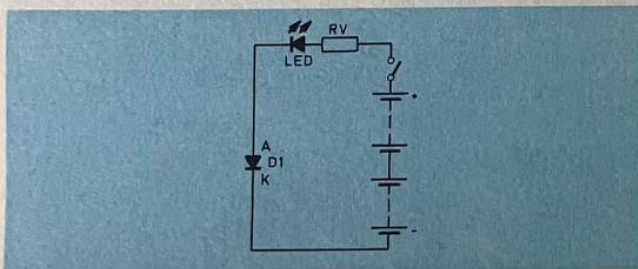


## Nu de elektronica

Hoe een diode zich, bij omgekeerde polariteit, in een stroomkring gedraagt kan met experiment 102 worden onderzocht. De katode is met de minpool en de anode is via de LED met de pluspool van de batterij verbonden. Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt zal de LED oplichten.

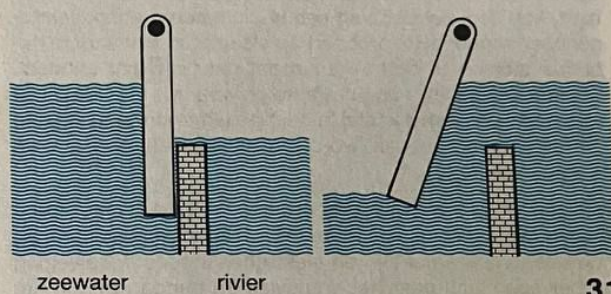


**102** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
D1 = diode



Door de diode loopt een stroom. De diode is nu in doorlaatrichting aangesloten. Haar weerstand in de stroomkring is klein.

Het model van de kanteldeur in de rivier maakt ook dit gedrag anschouwelijk: Is er voor de deur in zee laagwater dan wordt de deur door het rivierwater open gedrukt en kan het water ongehinderd passeren (afb. 31).



Als een diode in doorlaatrichting is geschakeld dan worden elektronen uit de n-laag en gaten uit de p-laag in de grenslaag gedrukt. Deze wordt dan rijk aan ladingdragers zodat de sperweerstand in de grenslaag aanmerkelijk lager wordt en afzakt tot een lage doorlaatweerstand. Nu kan een stroom ongehinderd door de diode lopen.

De doorlaatweerstand van halfgeleiderdioden is, afhankelijk van de constructie, van enkele ohms tot enige honderden ohms. De sperweerstand daarentegen kan enkele honderden Megohm's zijn.

Door een diode kan pas een stroom lopen als een bepaalde spanning aanwezig is. Deze spanning noemt men de doorlaatspanning. Deze heft de antidiffusiespanning op en is afhankelijk van het halfgeleidermateriaal. Dit is voor silicium 0,7 volt en voor germanium 0,3 volt.

De doorlaatstroom in een diode kan niet onbeperkt oplopen, omdat de diode dan al snel beschadigd kan worden. Door een grotere stroom zal een hogere warmte-ontwikkeling



## Nu de elektronica

plaatsvinden, waardoor de eigen beweging van de ladingdragers vergroot wordt en daarmee hun aantal groter wordt. Meer ladingdragers veroorzaken een nóg grotere stroom, die de halfgeleider nog warmer maakt.

Op deze manier ontstaat een steeds hogere stroom die ten slotte de halfgeleider defect maakt. Daarom mag een diode in een stroomkring nooit zonder een stroombegrenzende weerstand worden gebruikt. Een stroombegrenzer kan ook een gloeilamp zijn.

Bij het gebruik van een diode in elektronische schakelingen moet ook altijd op de temperatuur worden gelet, waaronder ze gebruikt worden. Germaniumdioden kunnen slechts een temperatuur tot ca. 75 °C verdragen. Siliciumdioden ca. 150 °C.

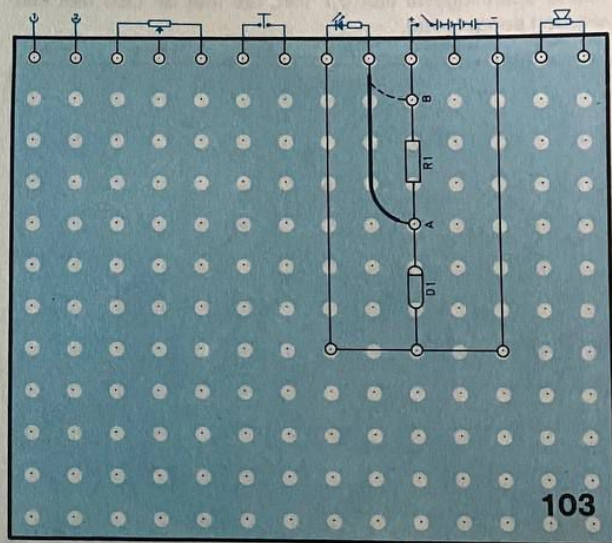
De letters die voor de type-aanduiding van dioden worden gebruikt, geven enige informatie over het halfgeleiderelement. Is de eerste letter een B, dan betreft het een siliciumdiode. Een A geeft aan dat germanium als halfgeleidermateriaal is toegepast. De tweede letter geeft het toepassingsgebied aan. Een A betekent, voor algemene toepassingen, een B is een capaciteitsdiode en een Z is een zenerdiode.

De verhouding van de spanning over een diode in sperrichting en in doorlaatrichting wordt met de volgende experimenten duidelijk.

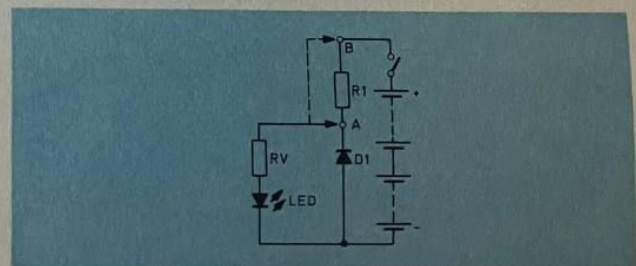
In experiment 103 is de diode in sperrichting geschakeld, er loopt dus geen stroom door de diode. Sluit de draad afkomstig van de voorschakelweerstand van de LED aan op punt B, de LED is dan op de pluspool van de batterij aangesloten. De LED licht op, omdat de volle voedingsspanning beschikbaar is.

Sluit vervolgens de draad aan op klemveer A 104, de LED zal nu nog zwak oplichten. Daaruit kan worden opgemaakt dat met de diode in sperrichting geschakeld de totale werkspanning wegvalt. Met andere woorden, over een in sperrichting geschakelde diode komt de spanningsval overeen met de

tussen katode en anode aangelegde spanning. Over het minder oplichten van de LED kan het volgende worden gezegd: omdat over de diode een volledige spanningsval is, zal er niets veranderen. Dat dit toch gebeurt komt omdat aan punt A de weerstand R<sub>1</sub> met de voorschakelweerstand van de LED in serie is geschakeld en daardoor de stroom extra vermindert.



**103** LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
D1 = diode  
R1 = weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)

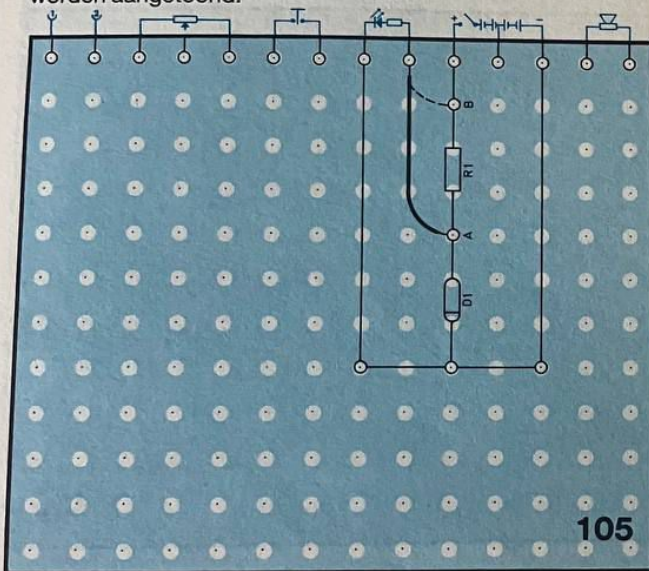




## Nu de elektronica

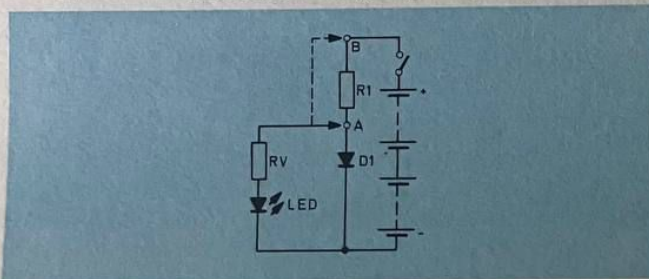
In experiment 105 en 106 is de diode in doorlaatrichting gemonteerd, parallel daaraan ligt de LED met de voorschakelweerstand  $R_v$ .

Wordt het vrije contact aan klemveer B **105** gemonteerd, dan licht de LED met normale helderheid op. Deze krijgt dan de gehele spanning. Wordt de aansluiting met klemveer A **106** gemaakt, dan zal de LED niet meer oplichten. Omdat de diode  $D_1$  in doorlaatrichting is gemonteerd, is er slechts een erg kleine spanningsval van 0,7 volt, die met de LED niet kan worden aangetoond.



**105** LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

$D_1$  = diode  
 $R_1$  = weerstand 470  $\Omega$  (geel, paars, bruin)



Alle schakelingen uit deze experimenteerdoos worden met batterijen, die **gelijkspanning** leveren, uitgevoerd. Gelijkspanning heeft als kenmerk dat de spanning altijd even groot is en de polen, plus en min, niet veranderen.

Het gewone stopcontact levert geen gelijk- maar **wisselspanning**. Wisselspanning verandert regelmatig, en meestal erg snel van richting (polariteit) en is het ene moment positief en dan weer negatief enz.

Voor elektronische apparaten wordt meestal gelijkspanning gebruikt. Dit houdt in dat de wisselspanning uit het stopcontact altijd in gelijkspanning moet worden omgezet. Dit is een van de belangrijkste taken van de diode. Deze laat immers de stroom altijd maar in één richting door, want andersom spert de diode. Neemt men een diode op in een wisselstroomkring, dan word of de ene of de andere helft van de stroom „afgesneden”.

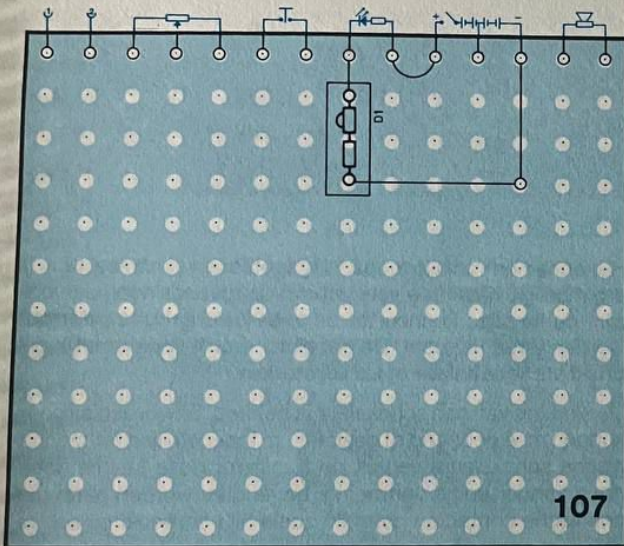
Deze omzetting van wisselstroom in gelijkstroom wordt „**gelijkrichten**” genoemd.

Zoals elke diode heeft ook de LED een minimum spanning. De minimum spanning voor de LED bedraagt 1,6 V. Deze diode is niet van germanium of silicium gemaakt, maar van gallium-arsenide-fosfaat. Vakmensen gebruiken voor de lichtgevende diode een afkorting die uit het Engels afkomstig is. De Engelse naam voor deze diode is „light-emitting diode”. De eerste letters L, E en D worden gebruikt. Een lichtgevende diode wordt dus met **LED** aangegeven. Een speciale lichtdiode is de **infrarood-lichtdiode**. Deze straalt, in doorlaatrichting, licht af. Dit licht kan met het menselijk oog niet worden waargenomen.



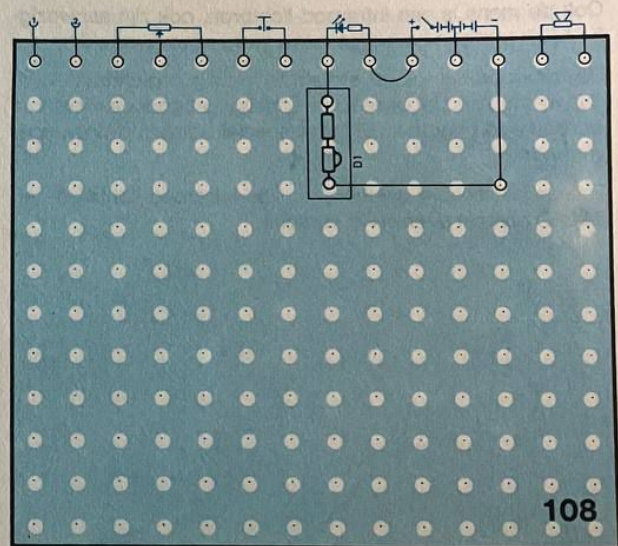
## Nu de elektronica

Of door de infrarood-lichtdiode een stroom loopt of niet, zal met experiment **107** worden aangetoond. Ze is in doorlaat-richting geschakeld. Omdat de infrarood-lichtdiode in sper-richting is opgenomen, kan ook de LED niet oplichten.

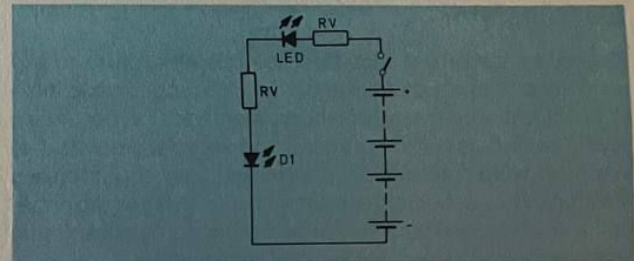
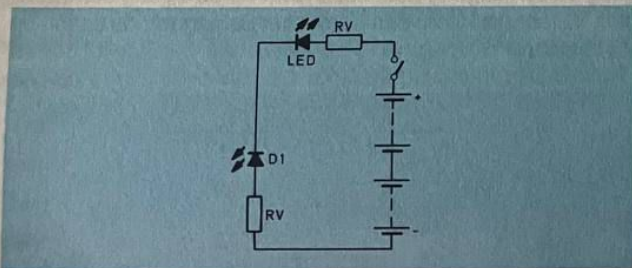


**107** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
D1 = infrarood-lichtdiode met voorschakelweerstand

Wanneer de infrarood-diode wordt omgepooled, zodat deze in doorlaatrichting is opgenomen (zie experiment **108**), dan zal de LED oplichten. De infrarood-lichtdiode geeft zichtbaar licht ondanks het feit dat er wel stroom doorloopt.



**108** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
D1 = infrarood-lichtgevende diode met voorschakelweerstand





## Nu de elektronica

In onze omgeving zijn veel meer dingen die ook infraroodstralen afgeven en niet te herkennen zijn. Elke kachel, centrale verwarmingsradiator of wel iedere warmtebron is een infraroodstraler. Het is niet de gewoonte deze warmtebronnen infraroodstralers te noemen omdat het hier warmtestraling wordt genoemd. Natuurkundigen maken hierin geen onderscheid. Infrarood is eenvoudig zonder hulpmiddel te herkennen, als tegelijk zichtbaar licht ontstaat, zoals bij voorbeeld bij de zon of bij een open vuur.

Ook de mens is een infrarood-lichtbron, ook zijn aanwezigheid kan met een gevoelige meter worden vastgesteld.

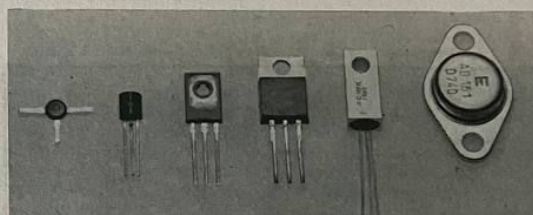
De infrarood-lichtdiode straalt zo weinig onzichtbaar licht, dus warmte uit, dat deze lichte straling niet door de mens kan worden waargenomen. Er is een speciale infrarood-ontvanger voor nodig.

Tussen het schakelsymbool van de infrarood-lichtdiode en de LED bestaat geen enkel verschil.

## De transistor

Nagenoeg geen enkel onderdeel heeft de elektronica zo blijvend veranderd als de transistor. De vroeger gebruikte elektronenbuizen waren veel groter dan een transistor, bovendien gebruikte de buis veel meer energie die voor het grootste deel in warmte werd omgezet. Bovendien is de levensduur van een elektronenbuis beperkt, die van transistors is nagenoeg onbeperkt. Wanneer een oude radio met een moderne pocketradio wordt vergeleken wordt het verschil snel duidelijk.

In 1948 werd bij het experimenteren met meerdere lagen halfgeleidermateriaal ontdekt, dat als de weerstand zich in één grenslaag verandert, deze ook in de andere grenslaag anders wordt. De Amerikaanse onderzoekers die deze ontdekking deden spraken van „transfer resistor”. Dit betekent ongeveer: „overdragen van weerstandsveranderingen”. Hieruit ontstond het woord transistor (afb. 32).

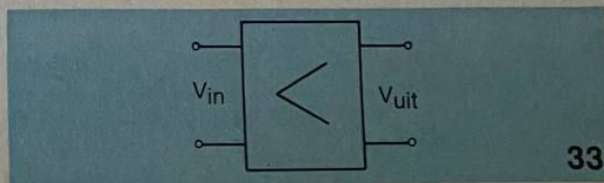


32

Het opnemen van alle toepassingsgebieden van transistors is erg moeilijk. Maar hoe verschillend de toepassingen dan ook zijn, de functies kunnen tot de twee belangrijkste principes worden teruggebracht. De transistor wordt voornamelijk gebruikt als **schakelaar** of als **versterker**.

De werking van een schakelaar is bekend. Er worden stroomkringen mee geopend of gesloten. In tegenstelling tot mechanische schakelaars vervult de transistor deze functie nagenoeg zonder enige vertraging, bovendien worden geen mechanische contacten gebruikt zoals bij voorbeeld bij een relais.

Vervolgens wordt de versterkerfunctie van de transistor verklaard zonder verder in te gaan op de opbouw. Iedere versterker, dat weten we van platenspelerversterkers, heeft een ingang en een uitgang (afb. 33). Wordt op de ingang een spanning  $V_{in}$  aangesloten, dan komt over de uitgang de spanning  $V_{uit}$  te staan.



33



## Nu de elektronica

### Schakelaar - Versterker

Als de uitgangsspanning hoger is dan de ingangsspanning dan noemt men dit een **spanningsversterker**. De versterkingsfactor kan als volgt worden berekend:

$$V_U = \frac{V_{UIT}}{V_{IN}}$$

Is de uitgangsspanning viermaal zo groot als de ingangsspanning dan is de versterkingsfactor:  $V_U = 4$

Loopt er na het aansluiten van een ingangsspanning een ingangsstroom  $I_{IN}$  dan wordt aan de uitgang een uitgangsstroom  $I_{UIT}$  gemeten. Als de uitgangsstroom groter is dan de ingangsstroom dan noemt men dit een **stroomversterker**.

De stroomversterkingsfactor wordt op dezelfde manier berekend als de spanningsversterkingsfactor:

$$B = \frac{I_{IN}}{I_{UIT}}$$

Met het produkt van de ingangsspanning  $V_{in}$  en de ingangsstroom  $I_{in}$  wordt vervolgens met de volgende formule het ingangsvermogen berekend:

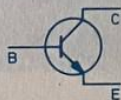
$$P = V \cdot I$$

Op dezelfde manier wordt het vermogen aan de uitgang  $P_{UIT}$  berekend. Als het vermogen aan de uitgang groter is dan het vermogen aan de ingang dan wordt het een vermogensversterker genoemd. De versterkingsfactor wordt als volgt berekend:

$$V_P = \frac{P_{UIT}}{P_{IN}}$$

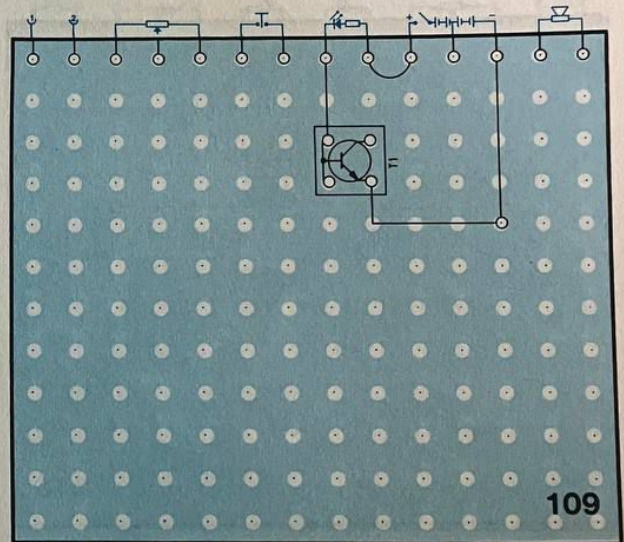
In de volgende experimenten wordt onderzocht hoe transistors schakel- en versterkingsfuncties verrichten. De transistor die op een montageplaatje is gesoldeerd wordt hiervoor gebruikt. Deze kan het opschrift BC 540 hebben of ook een andere tekst. De drie aansluitdraden zijn geleidend verbonden met de printsporen van het montageplaatje en de aansluitpunten zijn op de bovenzijde aangegeven. **B = basis**, **C = collector**, **E = emitter**

In het schema en het bedradingsschema is de transistor als volgt aangegeven:

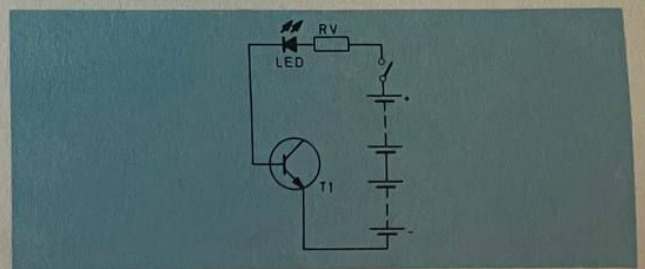


Met de volgende experimenten wordt het gedrag van de transistor onderzocht. De lichtgevende diode dient als indicator en de voorschakelweerstand  $R_v$  als stroombegrenzer. Deze beschermt de transistor tegen defect raken door een te grote stroom.

Vervolgens wordt onderzocht wat er gebeurt als de basis en de emitter in de stroomkring worden geschakeld. Bij experiment 109, de basis van de transistor ligt aan de plus, de emitter aan de minpool van de batterij, licht de LED op.



109 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
T1 = transistor (wit)

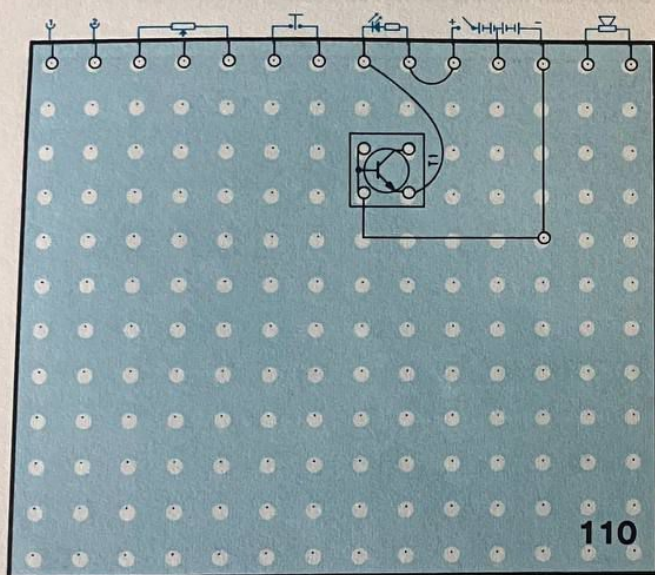




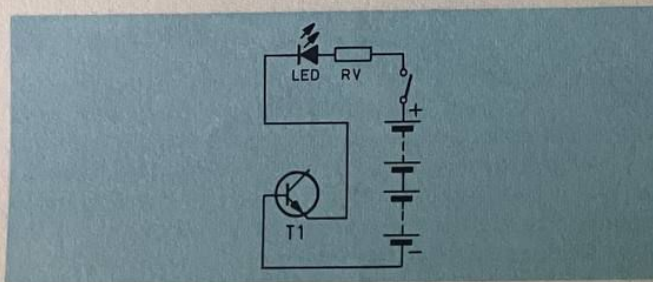
## Nu de elektronica

Bij het ompolen van de batterij-aansluiting, experiment **110**, dus de minpool aan de basis, de pluspool aan de emitter licht de LED niet op.

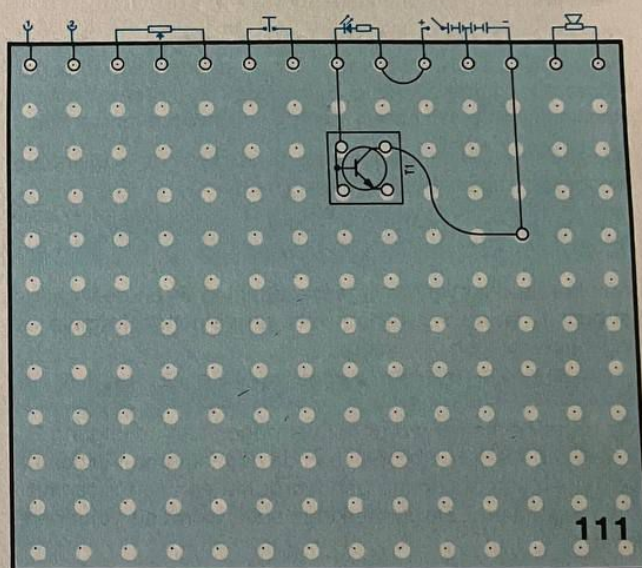
Bij deze twee schakelingen gedragen de transistoraansluitingen B en E zich als een diode: de stroom kan in één richting passeren, andersom niet.



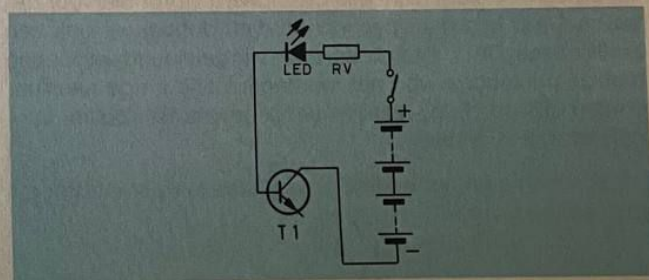
**110** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
T1 = transistor (wit)



In de experimenten 111 en 112 wordt onderzocht hoe de aansluitingen B en C van de transistor zich in de stroomkring gedragen. Bij experiment **111** ligt de basis weer aan de pluspool, de collector aan de minpool



**111** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
T1 = transistor (wit)

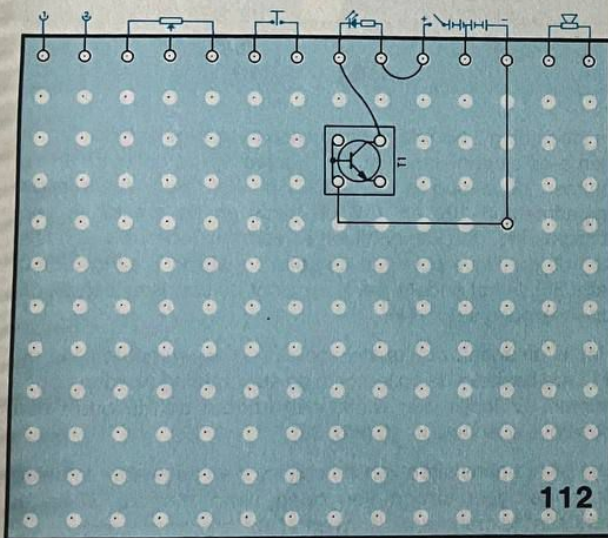




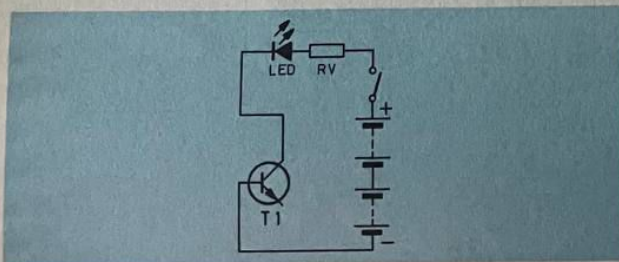
## Nu de elektronica

Als de basis aan de pluspool van de batterij ligt, loopt er een stroom door de transistor en de LED licht op. Bij omgekeerde aansluiting van de batterij, experiment 112, is de transistor gesperd en licht de LED niet op.

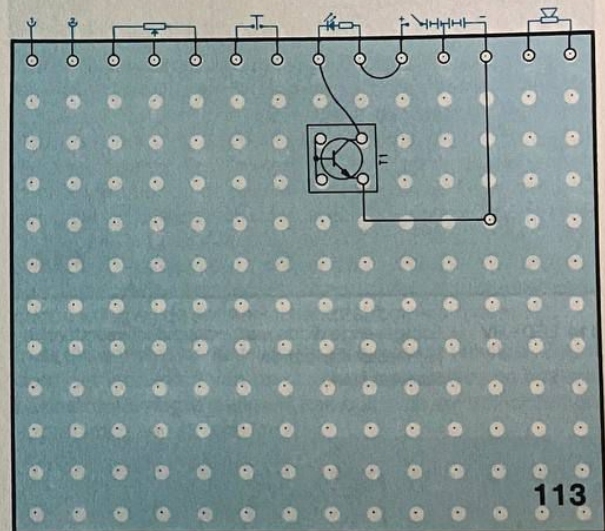
Ook de twee aansluitingen, de basis en de emitter van de transistor gedragen zich in de stroomkring als een diode in doorlaat- of sperrichting.



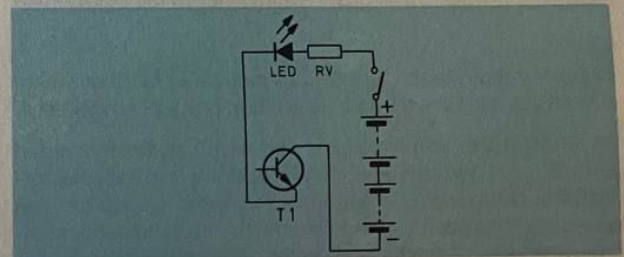
112 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
T1 = transistor (wit)



Tenslotte wordt nu het gedrag van de transistor onderzocht als de punten C en E zijn aangesloten. In experiment 113 is de pluspool van de batterij met de emitter en de minpool met de collector verbonden. Daarna worden de aansluitingen in experiment 114 verwisseld.

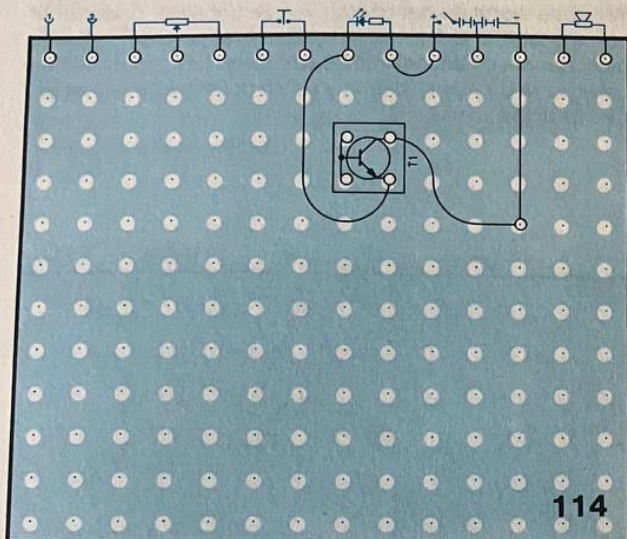


113 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
T1 = transistor (wit)

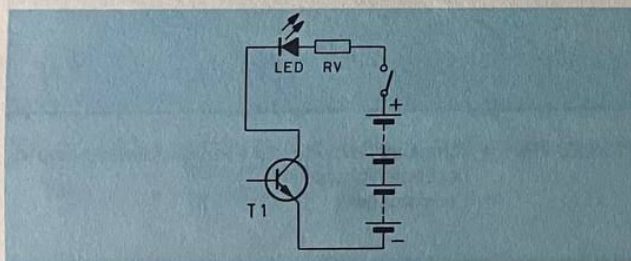




## Nu de elektronica

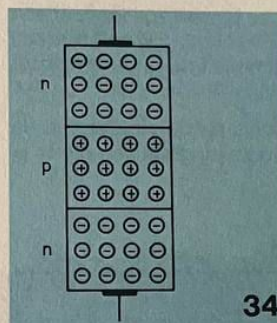


**114** LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
T1 = transistor (wit)

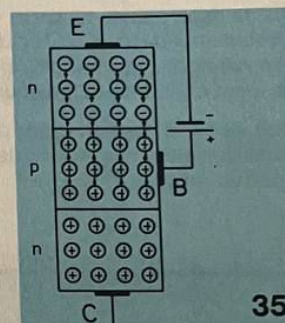


Bij beide schakelingen licht de LED niet op. Er loopt dus geen stroom van de collector naar de emitter, ook niet omgekeerd.

De werking van een transistor kan alleen duidelijk worden gemaakt, als men zich weer met de opbouw van halfgeleiderkristallen bezighoudt. In tegenstelling tot de diode die een overgangslaag heeft van n-geleidend naar p-geleidend materiaal, heeft een transistor twee van zulke overgangen.



**34**

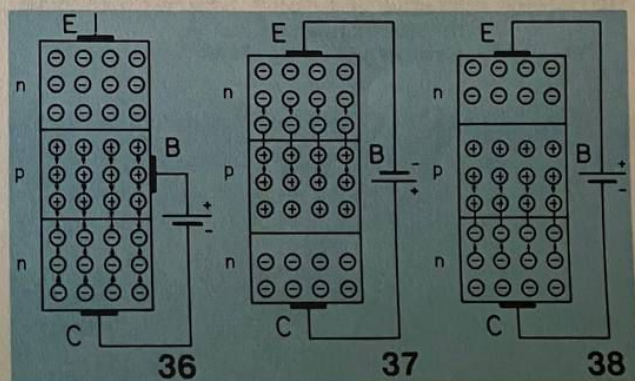


**35**

In afbeelding 34 is te zien dat tussen twee n-geleidende lagen een p-geleidende laag ligt. De n-lagen zijn de collector en de emitter, de p-laag is de basis. Schakelt men, zoals in de experimenten 109 en 110 de basis en de emitter in een stroomkring, dan kan er alleen een stroom lopen als de basis aan de positieve pool van de spanningsbron is aangesloten (afb. 35). In het andere geval vergroot de sperlaag zich en de pn-overgang spert dan.

Hetzelfde speelt zich af als, zoals in de experimenten 111 en 112, de basis en de collector in de stroomkring worden opgenomen. Er loopt dan alleen een stroom als de basis een positieve spanning heeft (afb. 36).

Dat bij het aansluiten van de collector en de emitter in beide richtingen geen stroom kan lopen, wordt met afb. 37 en 38 verklaard (experimenten 113 en 114).



**36**

**37**

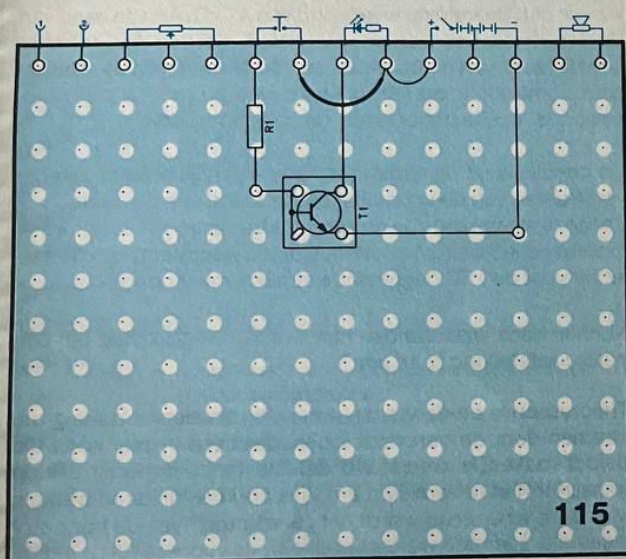
**38**



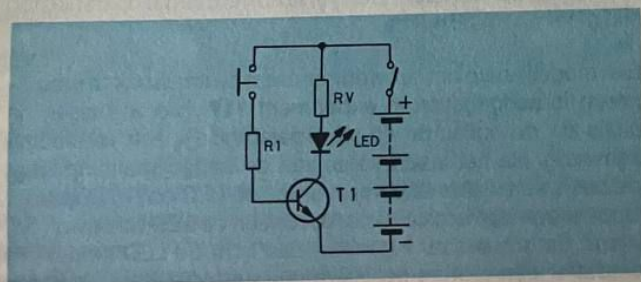
## Nu de elektronica

Afhankelijk van de poling van de batterij-aansluitingen spert of de bovenste of de onderste grenslaag, zodat er geen stroom kan lopen. Men zegt dan dat de transistor zich als twee tegengestelde geschakelde dioden gedraagt.

De functie van de transistor wordt pas duidelijk, als alle drie de aansluitingen met een spanningsbron zijn verbonden. In experiment 115 is te zien dat de basis en de collector aan de



- 115** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
Ta = druktoets in het bedieningspaneel  
T1 = transistor (wit)  
R1 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)

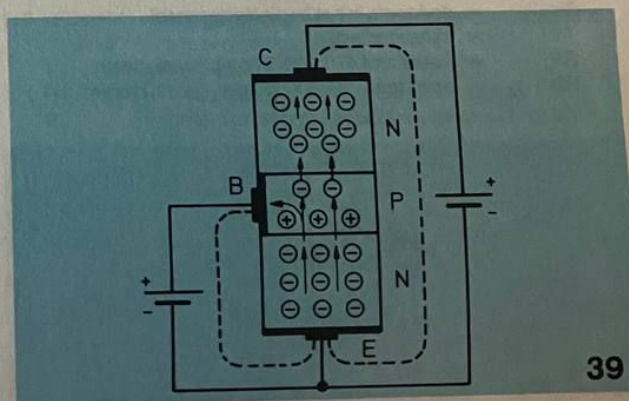


positieve pool en de emitter aan de negatieve pool van de spanningsbron ligt. Voor de basis is een weerstand als stroombegrenzer opgenomen.

Als de batterij is aangesloten zal de LED niet oplichten. Dat is ook, gezien de eerdere onderzoeken niet te verwachten. Pas wanneer de schakelaar wordt ingedrukt en er een stroom door de basis loopt, licht de LED op. Er moet dan dus ook een stroom door de collector lopen. Bij deze schakeling gebeuren tegelijkertijd verschillende dingen, die achtereenvolgens zullen worden nagegaan.

Wordt de schakelaar in de basisleiding gesloten, dan loopt er een elektronenstroom van de minpool door de emitter naar de basislaag. De positieve gaten in de basislaag combineren zich opnieuw met de elektronen. Omdat de basis slechts enkele duizendste millimeters dik is, dringen de elektronen door tot en met de basis collector-grenslaag. Daar werkt de positieve collectorspanning al, zodat de elektronen zich door de collectorlaag naar de positieve pool van de spanningsbron bewegen. Bij het op deze manier aansluiten van de transistor zijn twee stroomkringen te herkennen. De emitter-basisstroomkring en de emitter-collectorstroomkring (afb. 39).

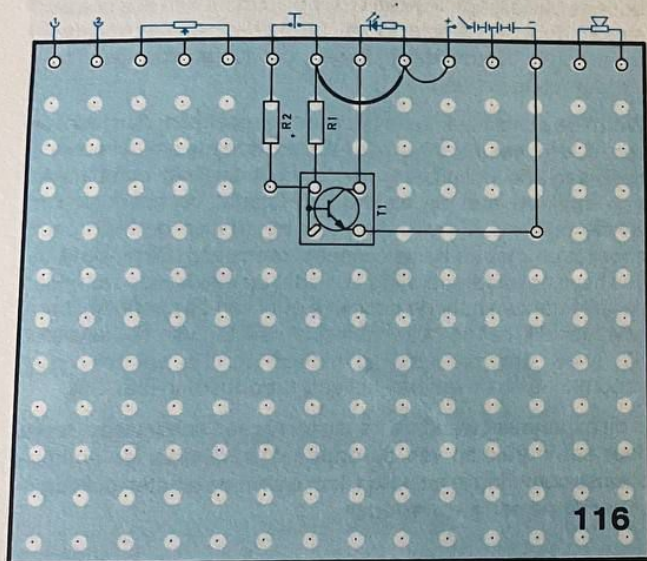
In dit experiment werkt de transistor als een schakelaar. Zodra door het indrukken van de druktoetsschakelaar de emitter-basisstroomkring is gesloten, kan ook in de emitter-collectorstroomkring een stroom lopen.





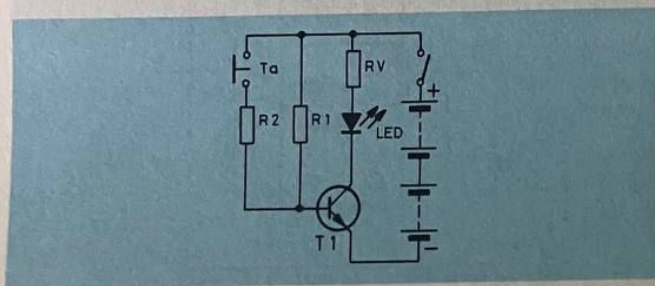
## Nu de elektronica

Een transistor wordt niet alleen als schakelaar gebruikt. Naast nog vele andere toepassingen heeft de transistor nog een zeer belangrijke functie, namelijk versterken. Dit wordt duidelijk met experiment 116



116 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

- Ta = druktoets in het bedieningspaneel
- T1 = transistor (wit)
- R1 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, geel)
- R2 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)



Na het inschakelen van de batterijspanning licht de LED zwak op. Dat is ook niet verwonderlijk want door de weerstand  $R_1$  loopt maar een kleine basisstroom. Daarom stelt ook de emitter-collector-stroomkring zich in op een kleine stroom. Zodra de druktoetsschakelaar is ingedrukt, licht de LED helder op. De basis van de transistor krijgt dan een grotere stroom, die door de beide parallel geschakelde weerstanden  $R_1$  en  $R_2$  loopt. Bij deze manier van schakelen is de totaalweerstand kleiner dan de kleinste weerstand van 47 k $\Omega$ . Aan de hand van dit experiment kan worden vastgesteld, dat een kleine stroom aan de basis van de transistor een grote stroom in de emitter-collectorstroomkring veroorzaakt. Hoe hoger dus de basisstroom is, des te hoger is ook de collectorstroom.

De conclusie uit dit experiment zou eigenlijk moeten zijn het verwijderen van de voorschakelweerstand van de basis. Zonder deze weerstand zou een grotere basisstroom dus ook een grotere collectorstroom lopen. Ook de weerstand aan de collector voor de LED begrenst de stroom, maar onnodig.

Kunnen deze weerstanden niet worden weggehaald om een betere versterking te krijgen?

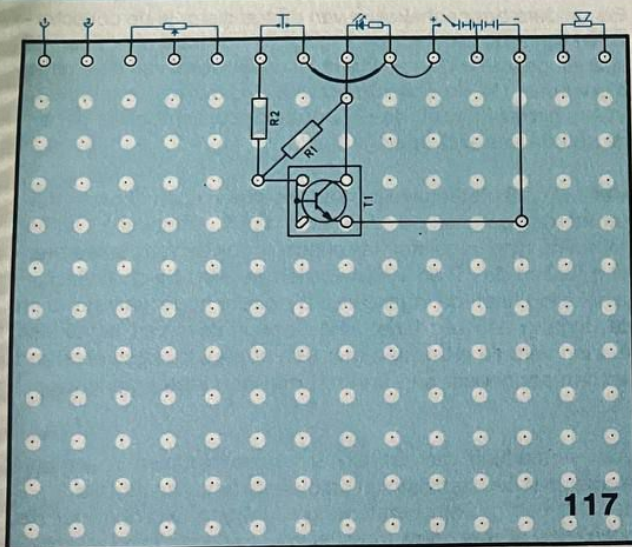
Theoretisch is dit denkbaar, maar dan zouden er zulke grote stromen door de transistor lopen, dat deze in zeer korte tijd defect raakt. De weerstand aan de basis is nodig om de transistor niet te vernielen en deze optimaal te laten werken. Met deze weerstand wordt het „**werkpunt**” van de transistor ingesteld. Hiermee worden bedoeld, de voorwaarden waarop de transistor het gunstigste zijn werk doet.

In veel gevallen is de juiste keuze van weerstand alleen niet voldoende. Als de transistor langdurig werkt zal de transistor zichzelf opwarmen. Daardoor loopt er een grotere stroom door en zal het werkpunt zich verschuiven, zodat de transistor niet meer optimaal werkt.

Een mogelijkheid om het werkpunt van de transistor te **stabiliseren** is aangegeven in experiment 117. Hier is tussen de basis en de collector via de weerstand  $R_1$  een verbinding aanwezig. Na het inschakelen van de batterijspanning krijgt de basis een kleine stroom door  $R_2$ , de LED en  $R_1$ . Daardoor loopt er een kleinere collectorstroom en de LED licht zwak op. Wordt de schakelaar ingedrukt dan licht de LED helder op, omdat er een grotere basisstroom loopt, die zorgt voor een



## Nu de elektronica



117

117 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

Ta = druktoets in het bedieningspaneel

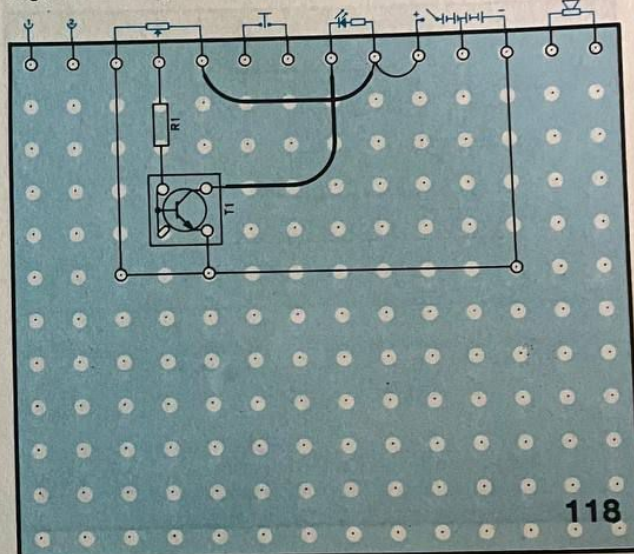
T1 = transistor (wit)

R1 = weerstand 220.000  $\Omega$  (rood, rood, geel)

R2 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)

Deze spanningsval vermindert ook de basisstroom door  $R_1$ , zodat de basis minder wordt aangestuurd en de collectorstroom daalt. Op deze manier wordt de transistor steeds weer op het gunstigste werkpunt gehouden. De manier van stabiliseren noemt men **tegenkoppeling**.

Alle transistorschakelingen kunnen worden teruggevoerd naar drie basisschakelingen. Eén daarvan, de emitterschakeling, wordt in experiment 118 uiteengezet. Kenmerkend voor



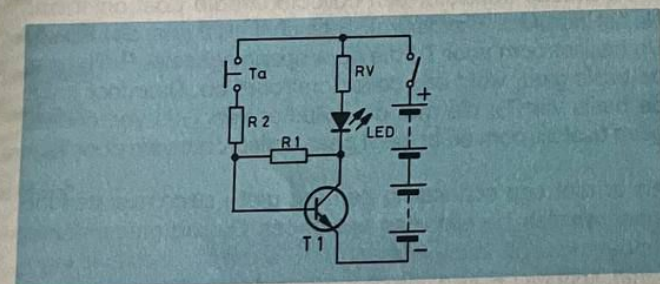
118

118 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

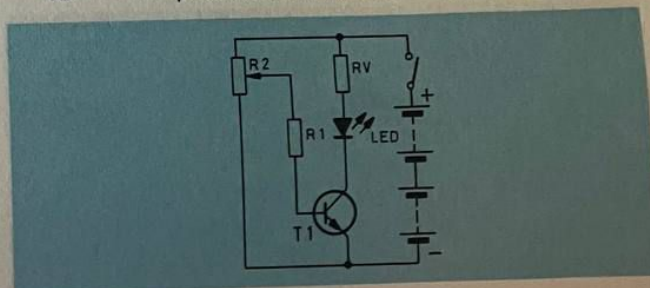
T1 = transistor (wit)

R1 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)

R2 = potentiometer in het bedieningspaneel, 10 k $\Omega$



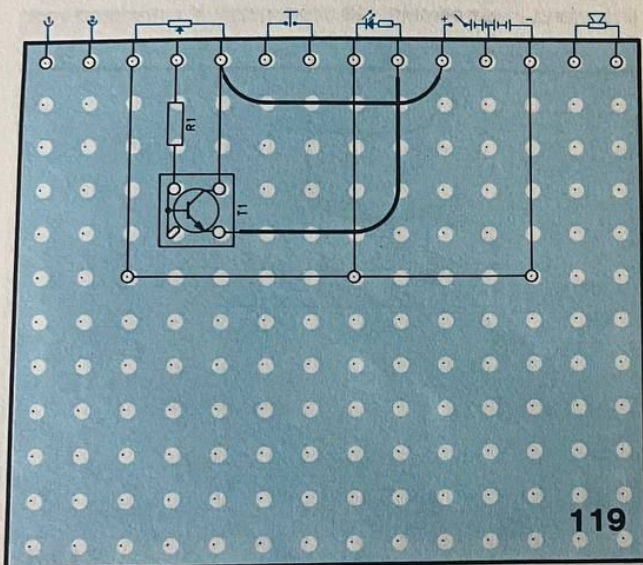
grotere collectorstroom. In beide gevallen werkt ook de stabilisatie. Als de collectorstroom door verwarming van de transistor oploopt, zakt de collectorspanning, omdat over  $R_v$  en de LED een hogere spanning afvalt.





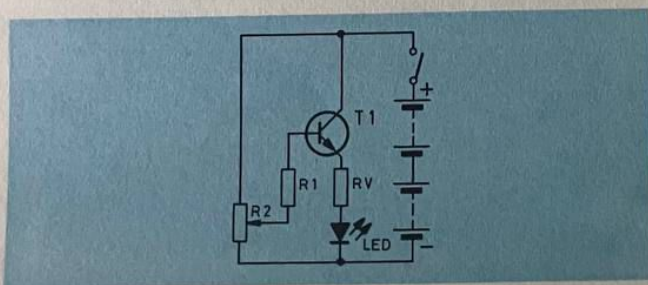
## Nu de elektronica

deze schakeling is, dat de emitter als gezamenlijk referentiepunt voor de ingangsspanning en de uitgangsspanning wordt gekozen. Om de maximale helderheid van de LED te vinden, hoeft de potentiometer maar weinig naar links of rechts te worden gedraaid. Door een kleine spanningsverandering aan de ingang (basis) wordt een grotere spanningsverandering aan de uitgang bereikt.



**119** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

- T1 = transistor, (wit)
- R1 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)
- R2 = potentiometer in het bedieningspaneel, 10 k $\Omega$



Een andere basisschakeling van de transistor is de collectorschakeling. Bij deze schakeling ligt de collector direct aan de spanningsbron en het versterkte signaal wordt van de emitter afgenomen. In de collectorschakeling, die met experiment 119 is gemaakt geeft de LED de hoogste lichtopbrengst als de potentiometer is open gedraaid.

Met een collectorschakeling kan alleen een spanningsversterker worden gemaakt, die kleiner is dan 1. Afhankelijk van het gebruikte type transistor kan er echter ook een stroomversterking tussen de 10 en 1000 worden bereikt. Bij de collectorschakeling heeft de ingang een bijzonder hoge weerstand en de uitgang een erg lage. Met deze manier van schakelen kunnen versterkertrappen met een hoge uitgangswaerstand worden aangepast aan trappen met een lage ingangswaerstand.

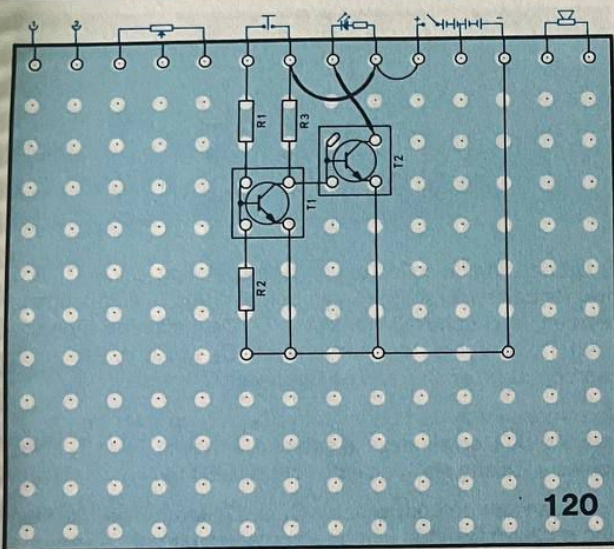
Voor versterking van spraak- en muzieksignalen is een versterker met één transistor in de meeste gevallen niet voldoende. Om een grotere versterking te krijgen, worden meestal twee, drie of meerdere transistorversterkingstrappen achter elkaar gezet. Het versterkte signaal wordt van de 1<sup>e</sup> naar de 2<sup>e</sup> transistor gebracht waar het nog eens wordt versterkt, enz.

Met experiment 120 wordt een tweetrapsversterker gebouwd. Na het inschakelen van de batterijspanning licht de LED op, omdat allereerst een basisstroom door  $R_3$  loopt, die in de tweede transistor een collectorstroom doet ontstaan. Na het indrukken van de druktoetsschakelaar gaat de LED uit. De basisstroom voor  $T_1$ , die door spanningsdeler  $R_1/R_2$  naar de basis gaat, wekt een collectorstroom op. Daardoor krijgt de basis van  $T_2$ , die met de collector van  $T_1$  is verbonden, geen basisstroom en er loopt geen collectorstroom door  $T_2$ .

Als er met een schakeling een erg grote stroomversterking moet worden bereikt, dan wordt een Darlington-versterker toegepast zoals in experiment 121. Als de schakelaar is ingedrukt, licht de LED op. Via de spanningsdeler  $R_1/R_2$ , met hoge weerstandswaarden, krijgt de basis van transistor  $T_1$  een kleine stroom. De emitterstroom is tegelijkertijd de basisstroom van transistor  $T_2$ . Deze stuurt dan de collectorstroom van  $T_2$ . In dit voorbeeld wordt de Darlington-schakeling met twee gescheiden transistors opgebouwd. Er bestaan echter ook speciale Darlingtontransistors met twee transistors en één behuizing.

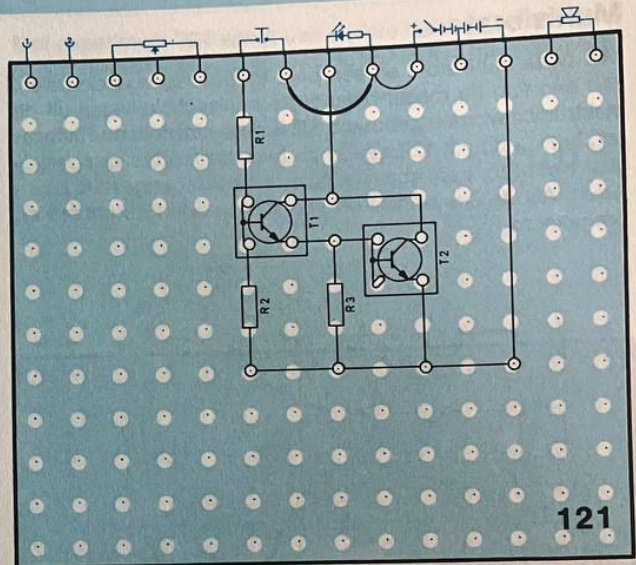


## Nu de elektronica



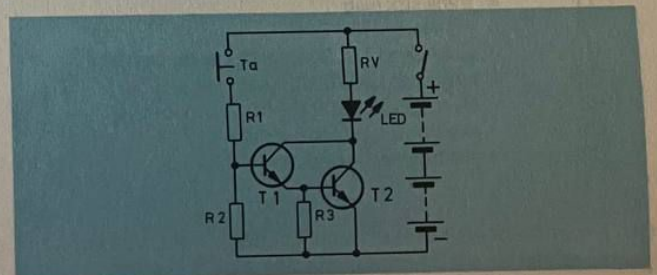
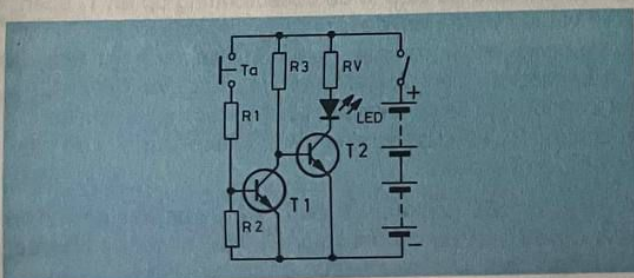
**120** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

- Ta = druktoets in het bedieningspaneel
- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- R1 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, geel)
- R2 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)
- R3 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)



**121** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

- Ta = druktoets in het bedieningspaneel
- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- R1 = weerstand 470.000  $\Omega$  (geel, paars, geel)
- R2 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)
- R3 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)

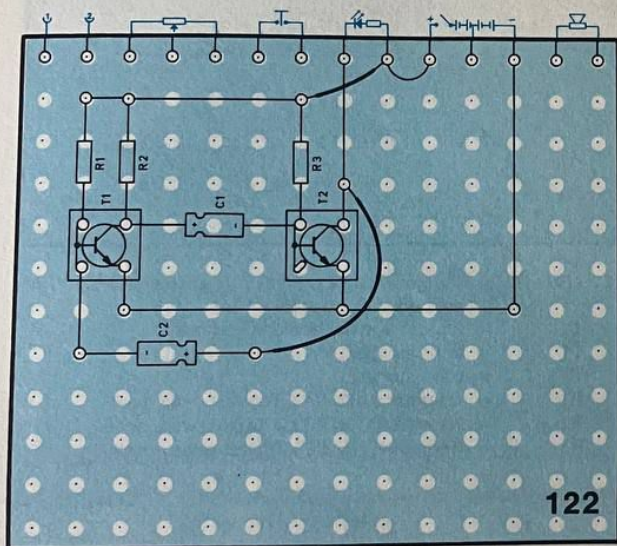




## Nu de elektronica

### Multivibrators

Met twee transistors en een paar toegevoegde onderdelen, kan één van de meest belangrijke basisschakelingen uit de elektronica worden gebouwd. Dit is de **a-stabiele multivibrator**. In experiment 122 werken de twee transistors als schakelaar. Het bijzondere eraan is dat ze steeds tegengesteld schakelen. Als de ene transistor geleidt, dan spert de andere en omgekeerd.

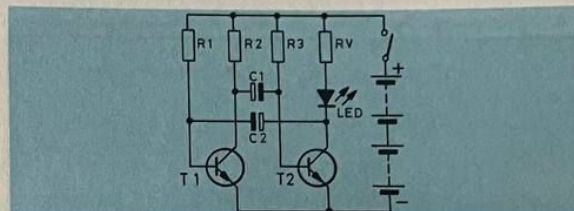


122

122 LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

- T1 = transistor (wit)
- T2 = transistor (wit)
- R1 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)
- R2 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)
- R3 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)
- C1 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- C2 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$

Om experiment 122 te kunnen begrijpen, moet worden aangenomen dat bij het inschakelen transistor T<sub>1</sub> geleidt.



Er ligt dan aan de collector een lage spanning, zodat C<sub>1</sub> zich over de basisweerstand R<sub>3</sub> kan opladen. Als C<sub>1</sub> voldoende is geladen, dan schakelt transistor T<sub>2</sub>. Op hetzelfde moment spert T<sub>1</sub>, omdat nu de condensator C<sub>2</sub> wordt ontladen en daardoor de spanning aan de basis van T<sub>1</sub> te ver afzakt.

Vervolgens laadt de condensator C<sub>2</sub> zich op over de basisweerstand R<sub>1</sub> en als deze is geladen, schakelt T<sub>1</sub> en T<sub>2</sub> spert opnieuw. Zolang als T<sub>2</sub> geleidt, licht de LED op.

Het laden van de condensator C<sub>1</sub> en C<sub>2</sub> kost enige tijd. Hoe lang dit duurt hangt af van de grootte van de condensatoren en de weerstanden R<sub>1</sub> en R<sub>3</sub>, die de laadstroom begrenzen. Hoe kleiner de waarde van de condensatoren en de weerstanden is, des te sneller gebeurt het laden en het schakelen van de LED.

Een andere belangrijke elektronische basisschakeling is de **monostabiele multivibrator**. Het speciale hiervan is dat b.v. een LED door het indrukken van de schakelaar kan worden gedoofd, terwijl deze na een bepaalde tijd vanzelf opnieuw oplicht.

Met experiment 123 kan zo'n monostabiele multivibrator worden gebouwd.

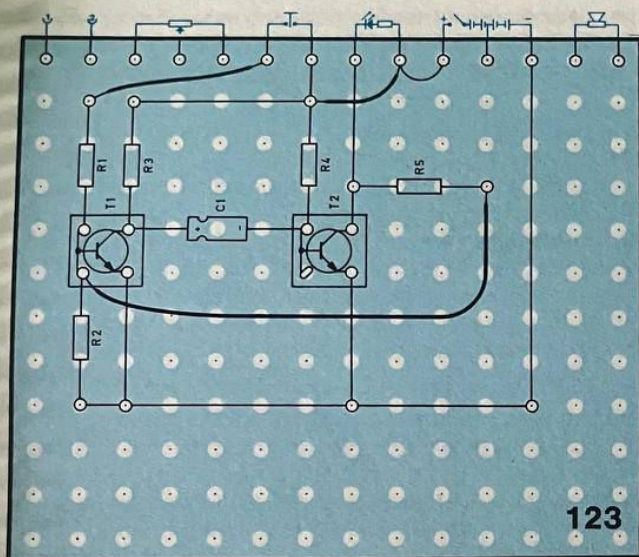
Na het bouwen van dit experiment geleidt allereerst transistor T<sub>2</sub>, daarom licht de LED in de collectorkring op en T<sub>1</sub> spert. Door het indrukken van de druktoetsschakelaar krijgt T<sub>1</sub> een basisstroom en de transistor geleidt. Daardoor ontladt de condensator C<sub>1</sub> zich plotseling en de transistor T<sub>2</sub> spert. Na het loslaten van de schakelaar, laadt C<sub>1</sub> zich weer op over de weerstand R<sub>4</sub>. Als deze voldoende is geladen, geleidt de transistor T<sub>2</sub> en T<sub>1</sub> spert.

Hoe lang de LED donker blijft, hangt af van de waarde van de weerstand R<sub>4</sub> en de condensator C<sub>1</sub>. Hoe hoger de waarde, hoe langer de LED donker blijft.



## Nu de elektronica

Met experiment 124 wordt een andere belangrijke elektronische basisschakeling gebouwd, de **bistabiele multivibrator**.



123

**123 LED+RV** = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

Ta = druktoets in het bedieningspaneel

T1 = transistor (wit)

T2 = transistor (wit)

R1 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)

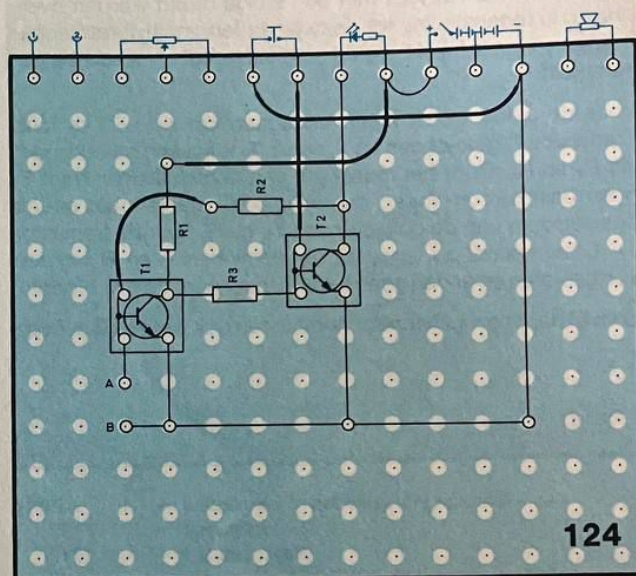
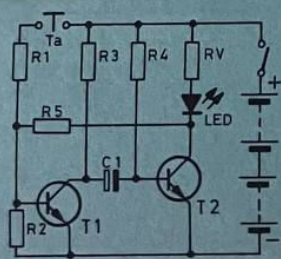
R2 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)

R3 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)

R4 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)

R5 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)

C1 = elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$



124

**124 LED+RV** = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

Ta = druktoets in het bedieningspaneel

T1 = transistor (wit)

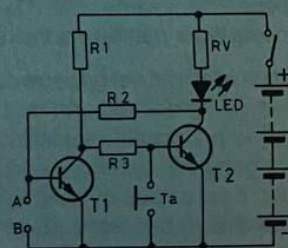
T2 = transistor (wit)

R1 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)

R2 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)

R3 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)

A-B = zie tekst





## Nu de elektronica

Het is niet te voorspellen of de LED na het bouwen zal oplichten of niet. Als de LED oplicht kan ze met de druktoetsschakelaar worden uitgedaan. Als de LED niet oplicht, moeten de klemveren A en B, kort met een stukje draad worden overbrugd. In tegenstelling tot de twee andere multivibratorschakelingen wordt bij dit experiment niets automatisch omgeschakeld.

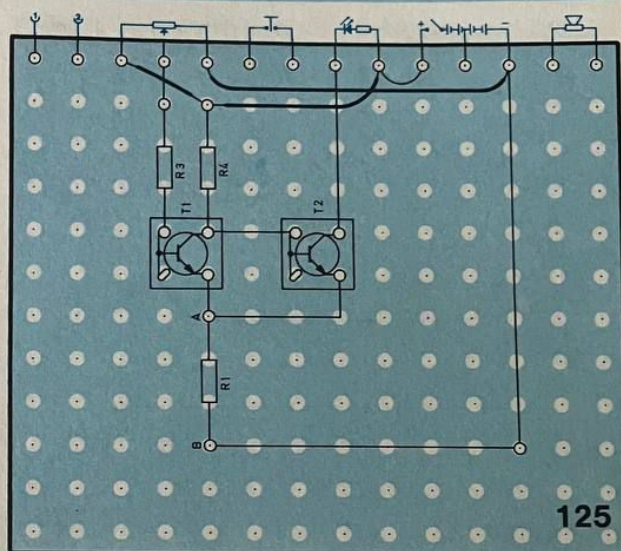
Voor de uitleg wordt ervan uitgegaan dat de LED oplicht. Transistor  $T_2$  geleidt dan en  $T_1$  spert.  $T_2$  krijgt een basisstroom via  $R_1$  en  $R_3$ . Door het indrukken van de schakelaar krijgt  $T_2$  geen basisstroom meer, daarvoor in de plaats loopt er een basisstroom van de collector van  $T_2$  via  $R_2$  naar de transistor  $T_1$ . Deze geleidt zo lang, tot de klemveren A en B worden kortgesloten en er dan geen stroom meer naar de basis loopt.

Zo'n bistabiele multivibrator noemt men ook wel een **flip-flop**.

## Schmitt-trigger

Met experiment 125 kan een schakelaar worden gebouwd die men in vaktaal een **Schmitt-trigger** noemt. Het bijzondere aan deze schakelaar is het zeer snel omschakelen van geleiden naar sperren en omgekeerd. Indien een gelijkmatig stijgende spanning op de ingang van de schakeling een bepaalde waarde bereikt, schakelt de Schmitt-trigger om. De uitgangspositie wordt weer hersteld zodra de ingangsspanning weer onder een bepaalde waarde zakt. De uitschakelspanning is echter altijd iets lager dan de inschakelspanning.

Wanneer de potentiometer van het gebouwde apparaat wordt verdraaid, verandert de helderheid van de LED in eerste instantie niet. Pas bij een bepaalde instelling wordt de LED uitgeschakeld. Deze gang van zaken gebeurt ook omgekeerd. Als de LED niet oplicht zal ze pas bij een bepaalde stand van de potentiometer plotseling oplichten. Deze bepaalde spanning noemt men de inschakelspanning.



**125 LED+RV** = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

$T_1$  = transistor (wit)

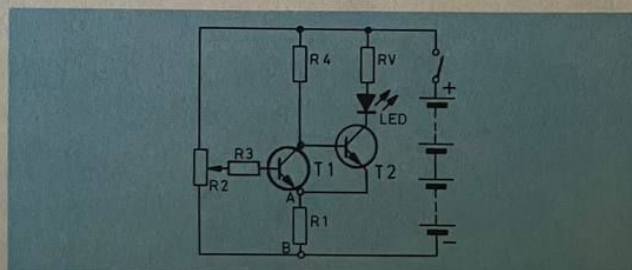
$T_2$  = transistor (wit)

$R_1$  = weerstand 220  $\Omega$  (rood, rood, bruin)

$R_2$  = potentiometer in het bedieningspaneel, 10 k $\Omega$

$R_3$  = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)

$R_4$  = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)





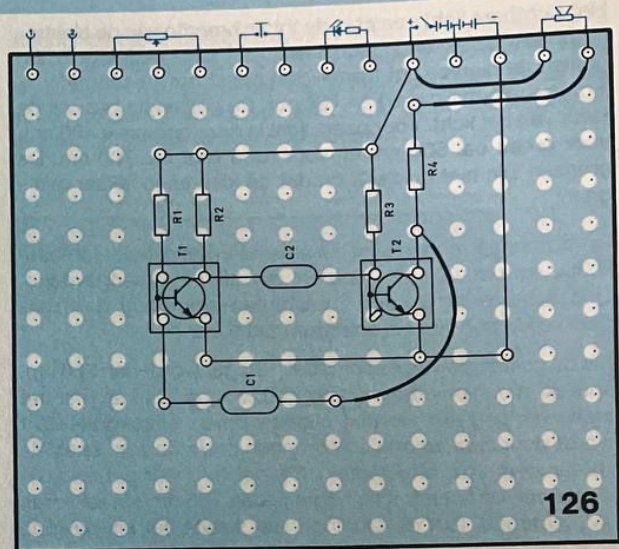
## Nu de elektronica

Als transistor  $T_1$  via de potentiometer een kleine voorspanning krijgt is deze gesperd. Op de collector staat dan een hoge spanning. Deze spanning staat ook op de basis van transistor  $T_2$ ;  $T_2$  geleidt en de LED licht op.

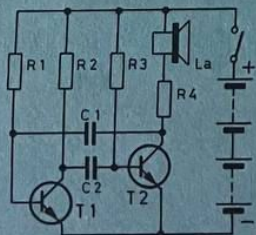
Wordt door het draaien aan de potentiometer de basisspanning van transistor  $T_1$  met de antidiffusiespanning van 0,7 volt over de aan de emitter aanwezige gemiddelde spanning verhoogd, dan wordt  $T_1$  geleidend. Daardoor valt de collectorspanning van  $T_1$  op een waarde terug, die niet voldoende is om  $T_2$  in geleidende toestand te houden.  $T_2$  spert dan en de LED gaat uit. Als de potentiometer wordt teruggedraaid, tot de LED weer oplicht, dan kan worden vastgesteld, dat het in- en uitschakelpunt iets uit elkaar liggen. Dit verschil noemt men **hysteresis**.

Met experiment 126 kan een toongenerator worden samengesteld. Deze schakeling is een astabiele multivibrator, die geheel zelfstandig, voortdurend van geleidende naar sper-toestand omschakelt. Bij een toongenerator zijn de weerstanden en de condensatoren  $R_1/C_1$  en  $R_2/C_2$  zo bemeaten, dat de omschakelsnelheid erg hoog ligt en er op deze manier tonen ontstaan.

Na het aansluiten van de werkspanning klinkt een toon uit de luidspreker. De toonhoogte kan veranderd worden door de condensator  $C_2$  te verwisselen met een condensator van  $0,047 \mu\text{F}$ . Het laden en ontladen van de condensatoren gebeurt nu sneller en een merkbaar hogere toon wordt hoorbaar.



- 126** La = luidspreker in het bedieningspaneel  
 T1 = transistor (wit)  
 T2 = transistor (wit)  
 R1 = weerstand  $47.000 \Omega$  (geel, paars, oranje)  
 R2 = weerstand  $4.700 \Omega$  (geel, paars, rood)  
 R3 = weerstand  $22.000 \Omega$  (rood, rood, oranje)  
 R4 = weerstand  $220 \Omega$  (rood, rood, bruin)  
 C1 = foliecondensator  $0,22 \mu\text{F}$   
 C2 = foliecondensator  $0,1 \mu\text{F}$



### Infrarood-dioden

Alvorens dieper in te gaan op de infrarood-dioden, enige aanwijzingen over de kenmerken van infrarood-straling.



## Nu de elektronica

Het zichtbare licht neemt in de totale breedte van de elektromagnetische straling slechts een zeer smal gedeelte in. De golflengte hiervan ligt tussen 380 nm (1 nm - nanometer = 1 miljoenste millimeter) en 780 nm. De golflengte bepaalt de kleur van het licht. Voor paars licht is deze ongeveer 400 nm, voor groen ca. 500 nm en voor rood licht ca. 700 nm. De grenzen zijn niet duidelijk omdat de kleuren in elkaar overgaan.

Lichtbronnen zenden over het algemeen het gehele zichtbare lichtspectrum uit, alle kleuren zijn hierin samengevoegd. Door lichtbreking worden, zoals bij een regenboog, de afzonderlijke kleuren van het spectrum zichtbaar.

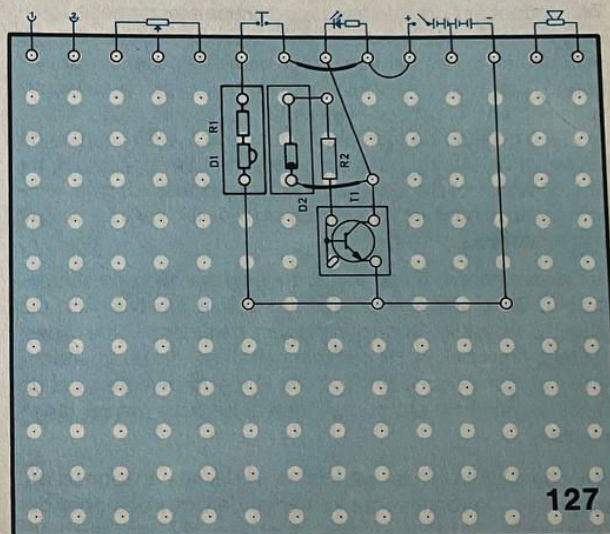
Als de golflengte van de lichtstraling lager wordt dan 380 nm, spreekt men van ultra-violet licht (UV licht). Dit kan met het menselijk oog niet worden waargenomen. Ultra-violet licht wordt door zeer warme lichtbronnen zoals de zon, speciale UV-lampen, enz. uitgestraald. Op het moment dat de golflengte van de lichtstraling hoger is dan 700 nm spreekt men van infrarood licht (IR straling). Het straalt net als gewoon licht naar alle kanten en is alleen als warmte waar te nemen (infrarood-bestralingsslampen). Infrarood kan ook worden gebruikt, net als radio-golven, om signalen over te brengen. Daar zijn een zender, de infrarood-stralingsbron en een ontvanger, de lichtopvanger ofwel sensor voor nodig.

Met de infrarood-lichtdiode is al kennis gemaakt als onderdeel dat infrarood-straling uitzendt (zie exp. 107 en 108). De tegenpool is de **infraroodontvangdiode**, die ook **fotodiode** wordt genoemd. Deze ontvangt licht, maar ook infrarode straling en de geleiding van deze diode verandert afhankelijk van de stralingsintensiteit.

Met experiment 127 kan een eenvoudige infrarood-ontvanger worden gebouwd. Er is een infrarood-zenderdioden bij gemonteerd voor testdoeleinden. Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt, straalt de zenderdioden infrarood licht uit.

Dit is weliswaar niet waar te nemen maar wel merkbaar omdat de lichtgevende diode aan de collector van de transistor door oplichten aangeeft dat er een stroom loopt. De straling van de infrarood-zenderdioden treft de fotodiode waardoor deze in een meer geleidende toestand komt. Hierdoor loopt door  $R_2$  een basisstroom. De transistor schakelt en de LED licht op.

Bij de opbouw van deze schakeling moet erop gelet worden dat de infrarood-zenderdioden niet te ver van de fotodiode verwijderd is. Een afstand van 1,5 tot 3 cm geeft de beste resultaten.



**127 LED + RV** = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

Ta = druktoets in het bedieningspaneel

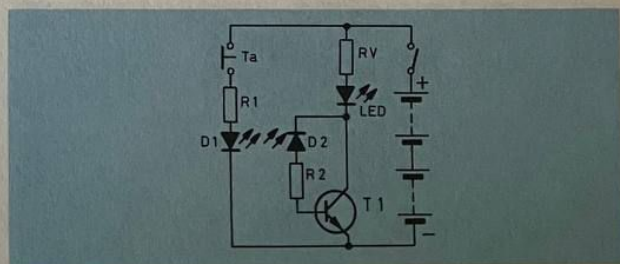
D1 = infrarood-lichtgevende diode met voorschakelweerstand

D2 = infrarood-fotodiode

T1 = transistor (wit)

R1 = weerstand 100  $\Omega$  (bruin, zwart, bruin)

R2 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)





## Nu de elektronica

### Geïntegreerde schakeling

Inmiddels zijn enkele basisschakelingen met dioden en transistors besproken. Om bepaalde effecten te bereiken, worden deze basiscircuits dikwijls, om zeer ingewikkelde schakelingen te realiseren, met elkaar samengevoegd. Gezien de vele toepassingen zijn er een aantal schakelingen die in de elektronische toepassingen steeds weer terugkomen.

Omdat deze schakelingen dikwijls worden gebruikt zijn ze in verband met de moderne techniek samengevoegd tot complete onderdelen. De verfijnde fabricagemethoden uit de halfgeleider techniek hebben deze ontwikkeling bevorderd. Deze onderdelen zijn thans zo geminiaturiseerd, dat in een vrij kleine behuizing vaak enige duizenden transistors zijn opgenomen. Deze geminiaturiseerde onderdelen noemt men **geïntegreerde schakelingen**, afgekort **IC** (in het Engels integrated circuit).

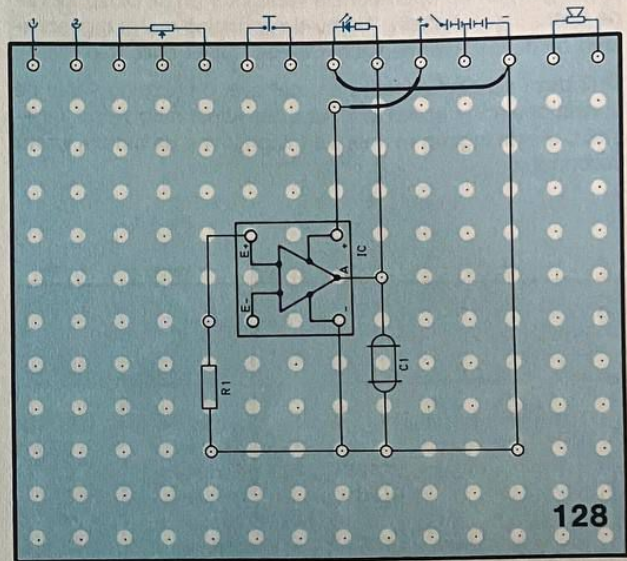
In het IC TBA 820 M bevindt zich een compleet gebouwde laagfrequentversterker, die dezelfde werking heeft als een operationele versterker.

Dit IC is van huis uit bestemd voor rekenmachines. Omdat men in de wiskunde bepaalde berekeningen ook „operaties” noemt, heten de versterkers in IC-vorm **operationele versterkers**. Er kunnen niet alleen elektronische rekenschakelingen mee worden gedaan maar ook vele andere functies.

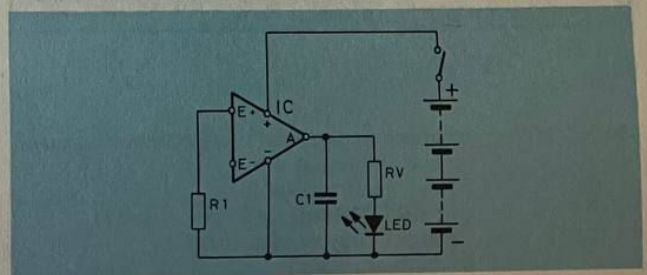
Een operationele versterker heeft twee ingangen die met I en I+ worden aangeduid en één uitgang U. Deze aansluitingen mogen beslist niet worden verwisseld met de aansluitingen + en -. Op deze punten wordt de werkspanning aangesloten. Enige experimenten zullen het elektrisch gedrag van de operationele versterker duidelijk maken.

Met experiment **128** kan worden onderzocht hoe de uitgang van een operationele versterker zich gedraagt als de ingang I+ wordt gebruikt. De LED licht middelmatig op. Om het verschil tussen dit en de lichtopbrengst bij volle bedrijfsspanning te kennen, wordt de LED van de uitgang losgekoppeld en verbonden met de plus-aansluiting van de batterij. De LED licht veel helderder op. Het verschillend oplichten van de LED komt, omdat de uitgang van de operationele versterker

slechts de halve bedrijfsspanning krijgt, als de ingang I+ is verbonden met de minpool van de batterij. Deze verbinding wordt over het algemeen niet direct gemaakt, maar als stroombegrenzer wordt een weerstand tussen de ingang en de minpool van de batterij opgenomen.



- 128** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 IC = geïntegreerde schakeling  
 R1 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
 C1 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)



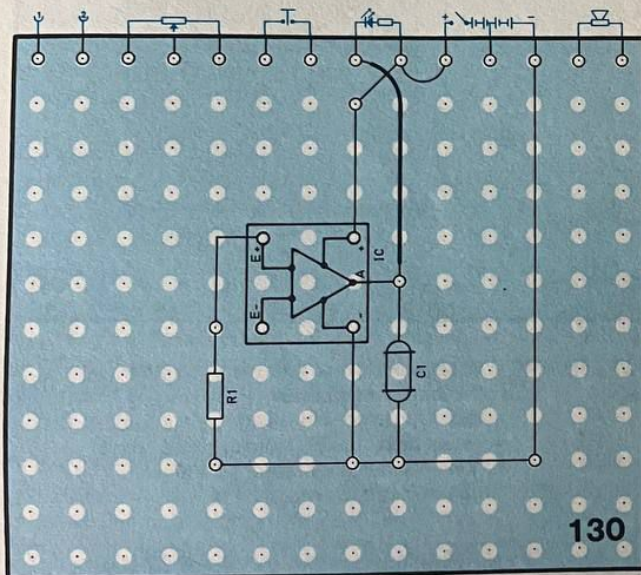


## Nu de elektronica

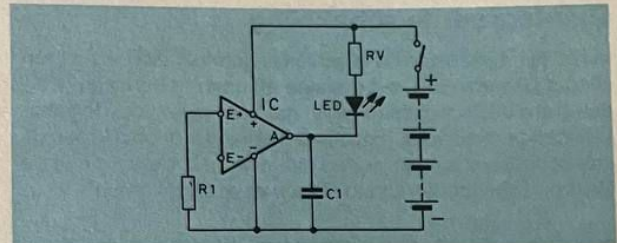
Bij het experiment **129** wordt de weerstand  $R_1$  van klemveer  $I+$  losgemaakt. De LED licht nu helder op, omdat de niet aangesloten ingang  $I+$  een verschuiving van het werkpunt veroorzaakt.

In het experiment **130** wordt de lichtgevende diode tussen de uitgang A van de operationele versterker en de pluspool van de batterij geschakeld. Als nu de spanning wordt ingeschakeld zal de LED met een gemiddelde sterkte oplichten.

Ook deze schakeling laat zien, dat over de uitgang A van de operationele versterker de halve werkspanning wordt ingesteld, als de ingang  $I+$  met de minpool van de batterij wordt verbonden.



- 130** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 IC = geïntegreerde schakeling  
 R1 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
 C1 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)



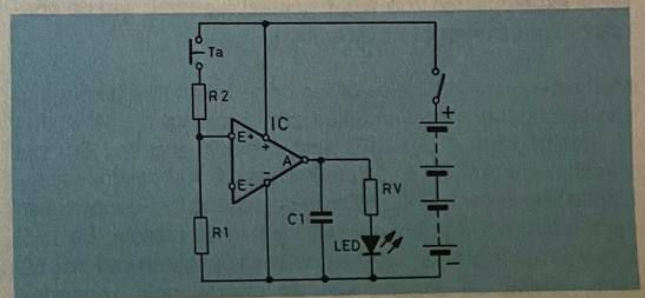
Als de verbinding van  $I+$  naar de minpool wordt los gemaakt, gaat de lamp uit. Als er geen spanning aan de ingang is, dus niet is aangesloten, kan er geen spanning aan de uitgang aanwezig zijn.

Met experiment **131** wordt een schakeling gebouwd, waarmee duidelijk wordt, waarom een ingang van de operationele versterker met  $I+$  wordt aangeduid.

Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt licht de LED helder op. Blijkbaar krijgt de LED de volle werkspanning.

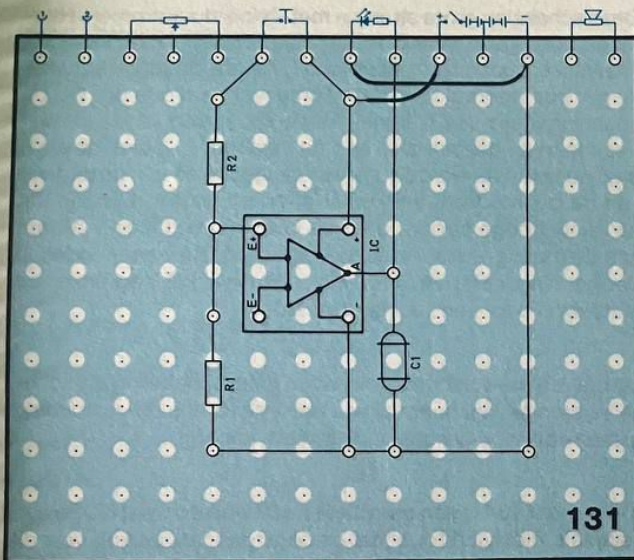
Door de druktoetsschakelaar wordt de werkspanning gezet op de spanningsdeler  $R_1/R_2$ . Aan de ingang  $I+$  bevindt zich dan een deel van de werkspanning die positief is. Deze zorgt ervoor, dat de uitgang een positieve spanning heeft en dat de LED helder oplicht.

Positieve spanning aan de ingang  $I+$  veroorzaakt positieve spanning aan de uitgang. De ingang  $I+$  van een operationele versterker wordt dan ook een niet-inverterende (niet omkeerbare) ingang genoemd.



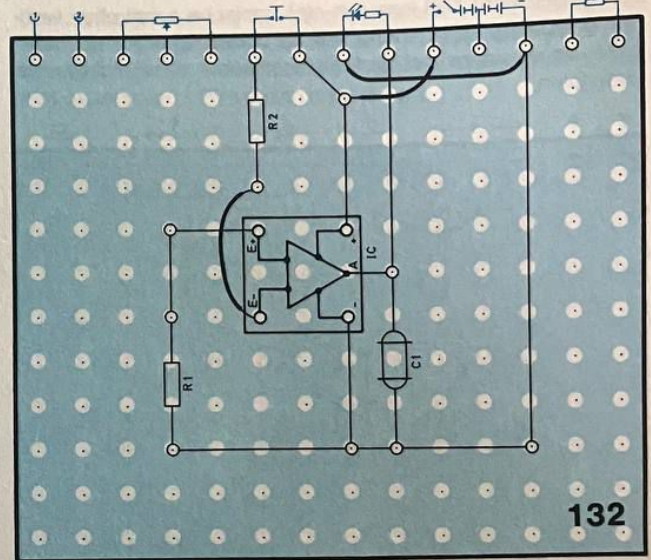


## Nu de elektronica



**131** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

- Ta = druktoets in het bedieningspaneel
- IC = geïntegreerde schakeling
- R1 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- C1 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)



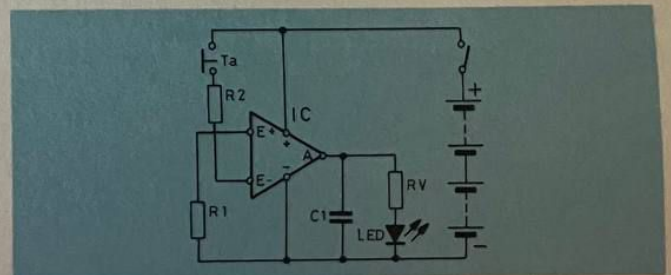
**132** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

- Ta = druktoets in het bedieningspaneel
- IC = geïntegreerde schakeling
- R1 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- C1 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)

Met experiment **132** kan onderzocht worden hoe een operationele versterker zich gedraagt als de ingang I- wordt aangesloten. Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt gaat de LED uit. De LED licht met een gemiddelde helderheid op als de schakelaar open is.

Via de druktoetsschakelaar en de weerstand R<sub>2</sub>, die de ingangsstroom begrenst, krijgt de ingang I- positieve spanning. Omdat dan aan de uitgang geen spanning aanwezig is, blijft de LED donker.

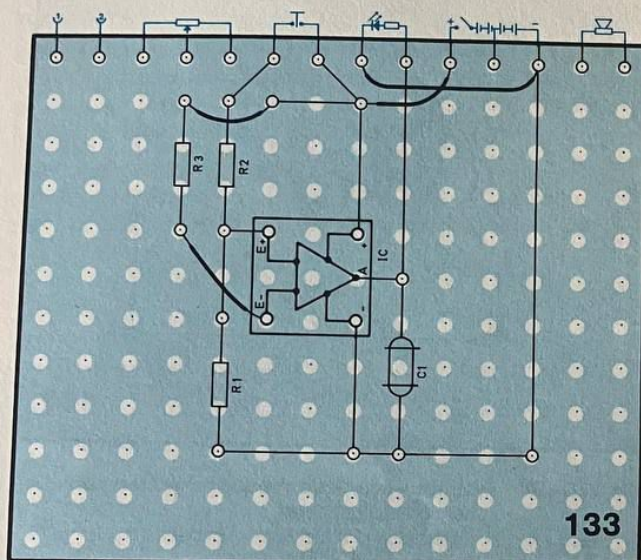
Positieve spanning aan de ingang I- van een Op-Amp. veroorzaakt, dat er op de uitgang geen spanning aanwezig is. De ingang I- wordt daarom de inverterende ingang genoemd (= omkerende ingang).





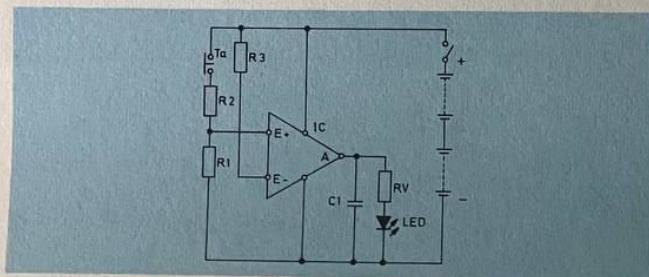
## Nu de elektronica

Met experiment 133 kan een elektronische schakelaar worden gebouwd. Ten opzichte van de oorspronkelijke mechanische schakelaars hebben elektronische schakelaars vele voordelen.



**133 LED+RV** = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

- Ta = druktoets in het bedieningspaneel
- IC = geïntegreerde schakeling
- R1 = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel)
- R2 = weerstand 47.000  $\Omega$  (geel, paars, oranje)
- R3 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- C1 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)



Deze schakelen grote stromen met kleine stuurstromen. Hierbij kan dus geen vonkoverslag plaatsvinden, waardoor mechanische contacten „inbranden”. Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt, licht de lichtgevende diode op. Op de spanningsdeler  $R_1/R_2$  komt de werkspanning te staan, een deel daarvan bevindt zich aan de ingang E+. Indien de stromen nu bekeken worden, die aan de ingang en aan de uitgang van de operationele versterker stromen, wordt duidelijk dat de relatief hoge stroom door de LED met een kleine stroom aan de ingang wordt ingeschakeld. De grote weerstanden in de spanningsdeler,  $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$  en  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ , begrenzen de stuurstroom tot een zeer lage waarde.

De operationele versterker werkt in deze schakeling als schakelversterker. Het hangt af van het type IC hoe de verhouding tussen stuur- en geschakelde stroom kan zijn.

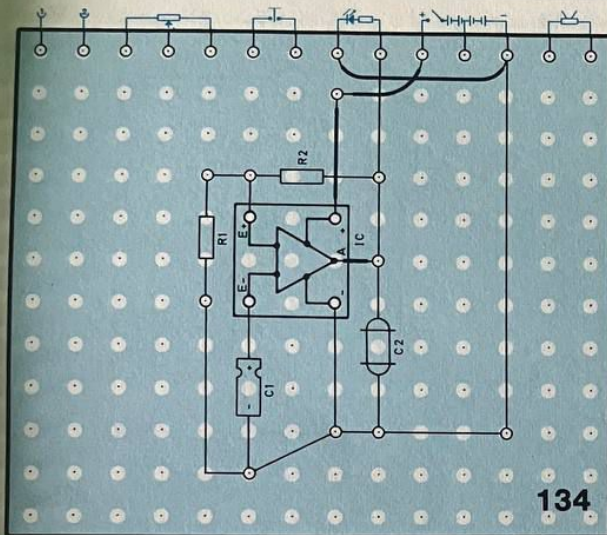
Experiment 134 is een **astabiele multivibrator** met IC. Bij een astabiele multivibrator schakelt de uitgangsspanning vanzelf tussen de hoogste en de laagste waarde op en neer. Dit komt omdat de uitgangssituatie op de ingang van de schakeling kan terugkoppelen.

Het beste inzicht in de werking van de schakeling wordt bereikt als er vanuit wordt gegaan dat bij het inschakelen de condensator  $C_1$  ontladen is. Op de ingang I- van de operationele versterker is dan geen spanning aanwezig. Omdat I- echter de inverteerbare ingang is, geeft de LED aan, dat op de uitgang positieve spanning aanwezig is. Een deel van deze spanning wordt via de weerstanden  $R_1/R_2$  naar ingang I+ teruggevoerd. Zo'n schakeling noemt men **meekoppeling**.

In de TBA 820 M zijn weerstanden gebouwd, die inwendig een deel van de uitgangsspanning naar de ingang I- terugvoeren. Over deze weerstanden wordt  $C_1$  opgeladen. De oplopende spanning aan I- wordt tenslotte groter dan de spanning aan I+. De uitgangsspanning valt dan op nul en de LED gaat uit. De spanning over de condensator is van nu af een bepaalde waarde hoger dan de uitgangsspanning en de condensator ontladend zich over de interne weerstanden. Als de spanning aan I- lager wordt dan die aan I+ dan zal de uitgangsspanning snel stijgen. De LED licht weer op.

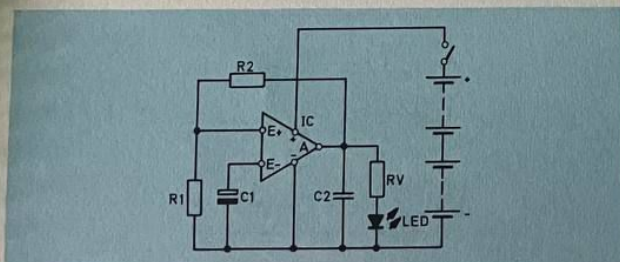


## Nu de elektronica



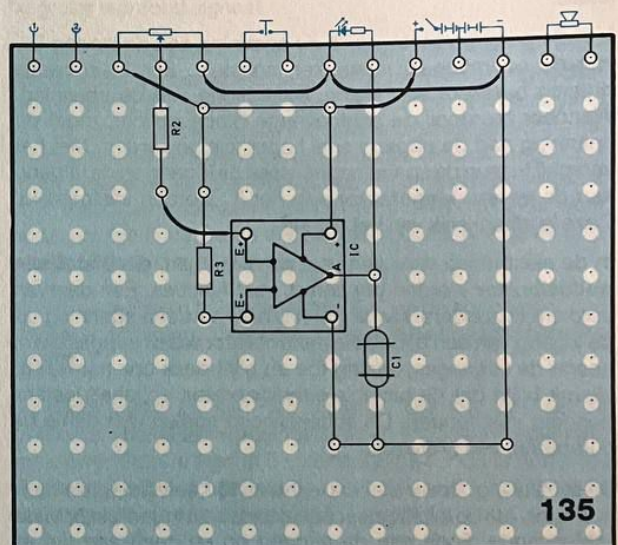
134

- 134 LED+RV** = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel
- IC = geïntegreerde schakeling
  - R1 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
  - R2 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)
  - C1 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$  of elektrolytische condensator 100  $\mu\text{F}$  of elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$
  - C2 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)



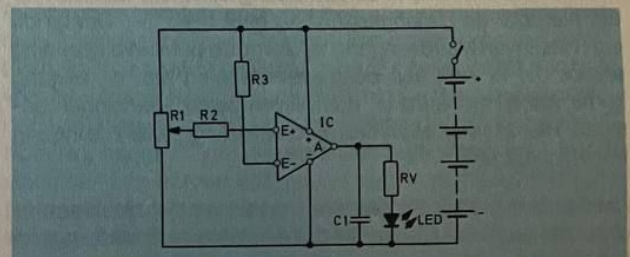
De gang van zaken begint nu weer opnieuw. De snelheid van het aan- en uitschakelen hangt af van de waarde van condensator  $C_1$ .

Een werkelijke functie van de operationele versterker ligt besloten in de eigenschap kleine spanningsveranderingen om te zetten in grote. Deze manier van spanningsversterking kan met experiment 135 worden onderzocht.



135

- 135 LED+RV** = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel
- IC = geïntegreerde schakeling
  - R1 = potentiometer in het bedieningspaneel, 10 k $\Omega$
  - R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
  - R3 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)
  - C1 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)





## Nu de elektronica

Bij het naar links en rechts draaien van de potentiometer  $R_1$  is een bepaalde stand te vinden waarin de LED begint op te lichten. De lichtgevende diode licht hier in een zeer klein bereik snel helder op of wordt snel weer donker en omgekeerd.

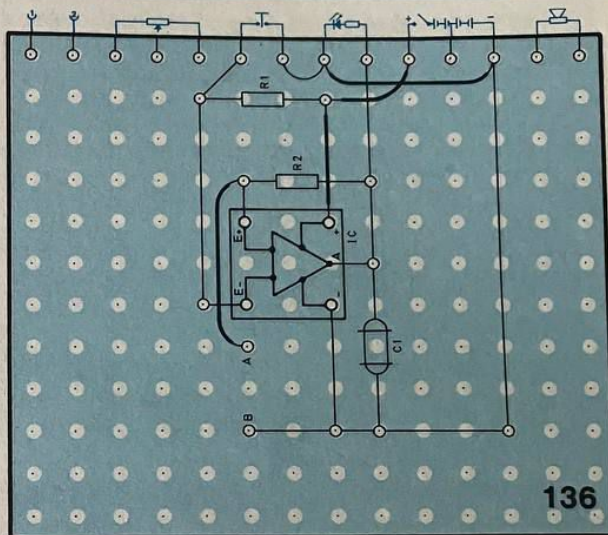
Met de potentiometer wordt de spanning aan de ingang  $E+$  van de operationele versterker ingesteld. Een klein beetje draaien betekent een kleine verandering van de spanning. Wanneer hierdoor de lichtgevende diode oplicht, moet de spanning aan de uitgang snel hoger zijn geworden. Met het verschil tussen de spanningen tussen de ingang en de uitgang kan de **versterkingsfactor** van het IC worden vastgesteld. Deze is afhankelijk van het type IC.

In de elektronica vervullen veel schakelingen, die **bistabiele multivibrator** worden genoemd, veel functies. Een daarvan verdient bijzondere aandacht. Als heel kort een spanning op de ingang van een bistabiele multivibrator wordt aangesloten, neemt de uitgangsspanning toe en blijft deze ook aanwezig. Hieruit blijkt dat de bistabiele multivibrator, schakeltoestanden kan vasthouden. De schakelingen spelen met name bij computers een grote rol.

De schakeling: Bouw met experiment 136 een bistabiele multivibrator. Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt licht de lichtgevende diode aan de uitgang op en geeft aan dat er spanning is. Via de druktoetsschakelaar krijgt de ingang van de operationele versterker de voorspanning 0 volt. Omdat het hier gaat om een inverterende ingang, komt aan de uitgang een positieve spanning te staan, die nagenoeg gelijk is aan de werkspanning.

Als opnieuw de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt, geeft de LED wederom spanning aan. De lichtgevende diode gaat niet uit als de schakelaar wordt losgelaten. Wordt de functie van de weerstand  $R_2$  in de schakeling bekeken, dan zien we dat hierdoor de uitgangsspanning gaat naar  $E+$ . Omdat dit een niet-inverterende ingang is, zorgt de positieve spanning ervoor dat er ook een positieve spanning aan de uitgang komt. Als dit gebeurt is, dan blijven beide spanningen bestaan. Hier is sprake van een meekoppeling tussen de ingang  $E+$  en de uitgang.

Als de klemveren A en B met een draad worden doorverbonden, dan gaat de LED uit. Omdat de niet inverterende ingang  $E+$ , 0 volt heeft gekregen is ook de uitgang 0 volt.



**136 LED+RV** = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

Ta = druktoets in het bedieningspaneel

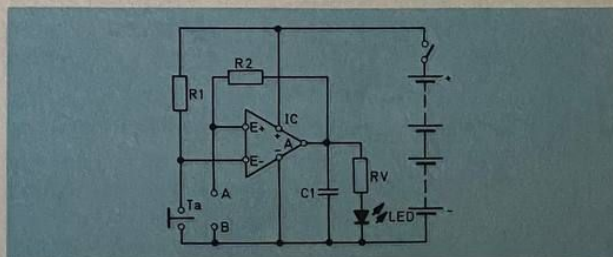
IC = geïntegreerde schakeling

A-B = zie tekst

R1 = weerstand 4.700  $\Omega$  (geel, paars, rood)

R2 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)

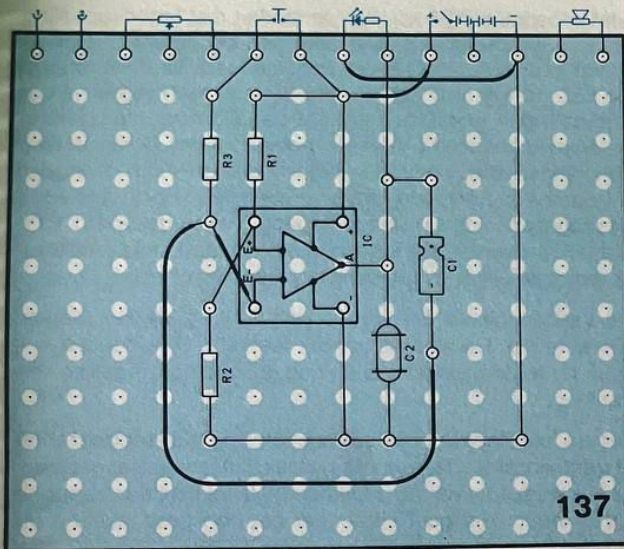
C1 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)



Nadat het stukje draad weer is weggehaald kan de druktoetsschakelaar opnieuw worden ingedrukt en zodoende een signaal worden opgeslagen.

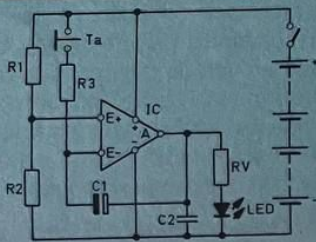


## Nu de elektronica



**137** LED+RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel

- Ta = druktoetsschakelaar in het bedieningspaneel
- IC = geïntegreerde schakeling
- R1 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)
- R3 = weerstand 2.200  $\Omega$  (rood, rood, rood)  
of 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)  
of 470  $\Omega$  (geel, paars, bruin)
- C1 = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$
- C2 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)



In de wiskunde noemt men de techniek waarbij veel kleine veranderingen tot een totaal worden samengevoegd, integreren. In de elektronica wordt onder integreren verstaan, het uit afzonderlijke spanningsimpulsen ontstaan van een regelmatig groter wordend signaal.

Met experiment 137 wordt een schakeling gebouwd die **integrator** wordt genoemd. Als de batterijstroom wordt ingeschakeld, licht de LED op en geeft daarmee aan dat aan de uitgang van de operationele versterker een spanning aanwezig is. Druk nu enkele seconden de druktoetsschakelaar in. De LED wordt steeds donkerder. Wordt dan de druktoetsschakelaar weer ingedrukt dan neemt de helderheid van de LED weer langzaam toe en laat zien dat hiermee het spanningsverloop aan de uitgang overeenkomt.

Bij het inschakelen krijgt de ingang E+ via de spanningsdeler positieve spanning. Daardoor is ook de uitgangsspanning positief.

De condensator C<sub>1</sub> kan niet opladen. Dat kan pas als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt en er positieve spanning op de inverterende ingang E- komt. Als de condensatorspanning tenslotte boven de waarde komt die aan E+ ligt, daalt de spanning aan de uitgang en de LED wordt donker.

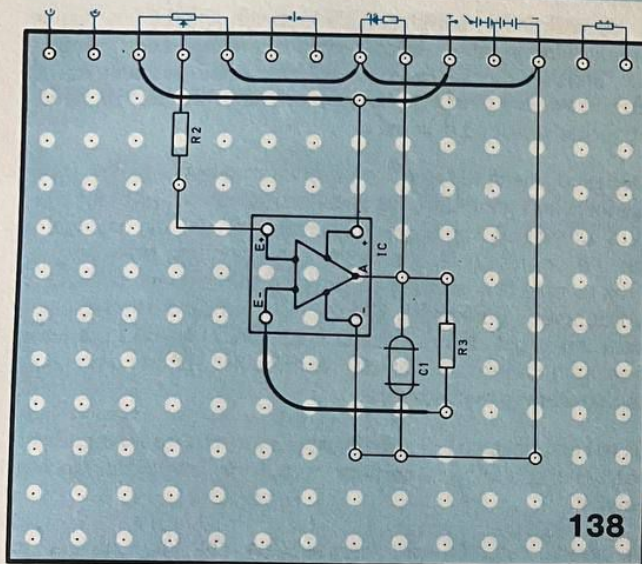
Gaat de druktoetsschakelaar open en ontlad de condensator zich over de in de IC opgenomen tegenkoppelweerstand dan stijgt de uitgangsspanning. De lichtgevende diode geeft deze spanningsverandering aan.

De snelheid waarmee de spanning stijgt of afvalt, is afhankelijk van de weerstand R<sub>3</sub> en de condensator C<sub>1</sub>. Als in de schakeling de weerstand van 2,2 k $\Omega$  verwisseld wordt door één van 470  $\Omega$ , gebeurt de verandering sneller.

Bij erg grote versterkingen hebben operationele versterkers de neiging niet foutloos te werken. Een maatregel die uitkomst biedt, is de **tegenkoppeling**. Op deze manier wordt een deel van de uitgangsspanning op zodanige wijze teruggevoerd, dat een toenemend signaal een verzwakking veroorzaakt. Hoeveel, hangt af van de mate van tegenkoppeling. In het algemeen kan worden gezegd dat een toename van bedrijfszekerheid een afname van versterking tot gevolg zal hebben en een verlies aan versterking op de koop toe moet worden genomen.



## Nu de elektronica



138

- 138** LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
 IC = geïntegreerde schakeling  
 R1 = potentiometer in het bedieningspaneel 10 k $\Omega$   
 R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
 R3 = weerstand 1.000  $\Omega$  (bruin, zwart, rood)  
 C1 = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)

Met experiment **138** kan een versterker met tegenkoppeling worden gebouwd. Als langzaam aan de potentiometer  $R_1$  wordt gedraaid, wordt er een bepaalde stand bereikt waarop de LED juist gaat oplichten. Wordt de potentiometer verder gedraaid dan wordt duidelijk dat de LED maar langzaam in helderheid toeneemt. Met de potentiometer  $R_1$  wordt een spanningsgebied verkregen dat werkzaam is aan de ingang  $E+$  van de operationele versterker. Eén deel van de versterkte uitgangsspanning wordt naar ingang  $E-$  teruggevoerd. Omdat dit de inverterende ingang van de operationele versterker is, wordt de uitgangsspanning opnieuw verminderd.

De versterking via  $E+$  en de verzwakking via  $E-$  werken elkaar tegen. De waarde van de weerstand  $R_3$  bepaalt hoe sterk de tegenkoppeling is en hoe groot de uiteindelijke versterking.

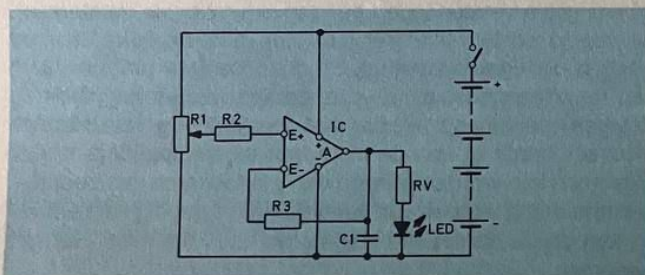
Een andere elektronische basisschakeling is de **monostabiele multivibrator**. Deze wordt vaak als tijdschakelaar gebruikt: na het indrukken van de drukknop blijft het licht een bepaalde tijd branden. Het gaat uit zonder dat nog geschakeld moet worden.

Met experiment **139** kan een monostabiele multivibrator worden onderzocht. Als de druktoetsschakelaar open is licht de LED niet op. Wordt deze eenmaal kort ingedrukt, dan licht de LED enkele seconden op en gaat dan weer uit.

De ingang  $E+$  van de operationele versterker is via de weerstand  $R_3$  met de minpool van de batterij verbonden. De ingang  $E+$  inverteert het signaal aan de uitgang niet, zodat de LED niet oplicht.

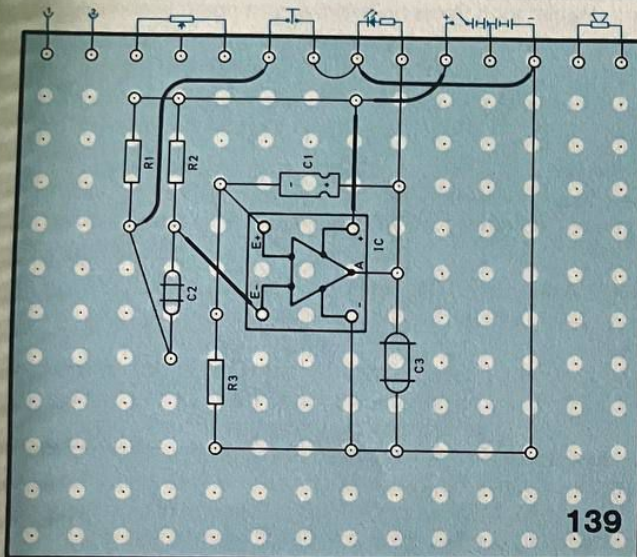
Door het indrukken van de druktoetsschakelaar wordt de condensator  $C_2$  plotseling ontladen en geeft daardoor een negatieve spanningsimpuls aan de ingang  $E-$ . Het signaal wordt geïnverteert en aan de uitgang is spanning aanwezig die de LED laat oplichten. Via de condensator  $C_1$  loopt een laadstroom. Als deze te klein is geworden, valt er niet voldoende spanning over de weerstand  $R_3$ . Omdat deze spanning aan de ingang  $E+$  ligt zakt ook de spanning aan de uitgang.

De condensator  $C_1$  en de weerstand  $R_3$  bepalen de tijd waarop er spanning aan de uitgang staat.

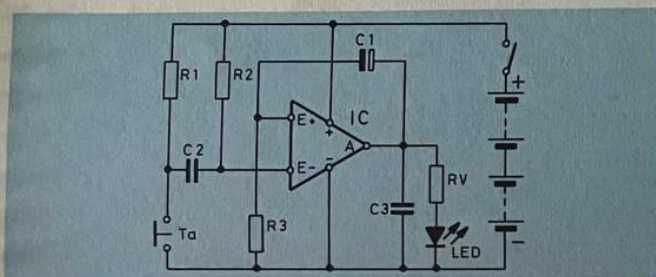




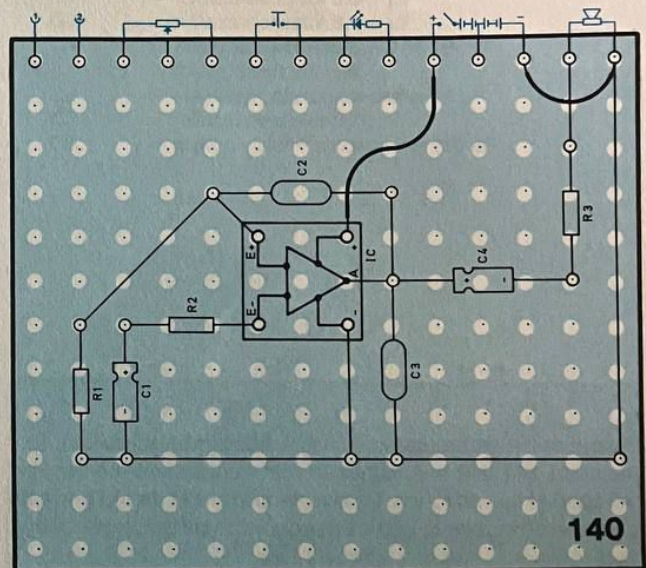
## Nu de elektronica



- 139 LED+RV** = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in het bedieningspaneel  
**Ta** = druktoets in het bedieningspaneel  
**IC** = geïntegreerde schakeling  
**R1** = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)  
**R2** = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
**R3** = weerstand 100.000  $\Omega$  (bruin, zwart, geel) of 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
**C1** = elektrolytische condensator 220  $\mu\text{F}$   
**C2** = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)  
**C3** = keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)



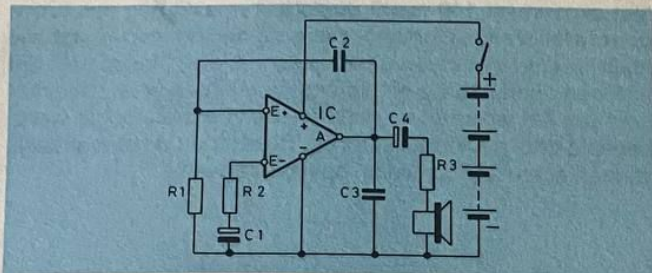
Met experiment **140** wordt duidelijk gemaakt hoe een **toon-generator** wordt gebouwd. Het gaat hier om een a-stabiele multivibrator. Het in- en uitschakelen wisselt hier zo snel dat er tonen ontstaan. De luidspreker geeft deze weer. De snelheid van het wisselen en daarmee ook de toonhoogte wordt bepaald door de condensator **C2**. Deze stuurt de operationele versterker met zijn ritme van op- en ontladen.



- 140 La** = luidspreker in het bedieningspaneel  
**IC** = geïntegreerde schakeling  
**R1** = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
**R2** = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)  
**R3** = weerstand 47  $\Omega$  (geel, paars, zwart)  
**C1** = elektrolytische condensator 4,7  $\mu\text{F}$   
**C2** = foliecondensator 0,22  $\mu\text{F}$   
**C3** = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$   
**C4** = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$



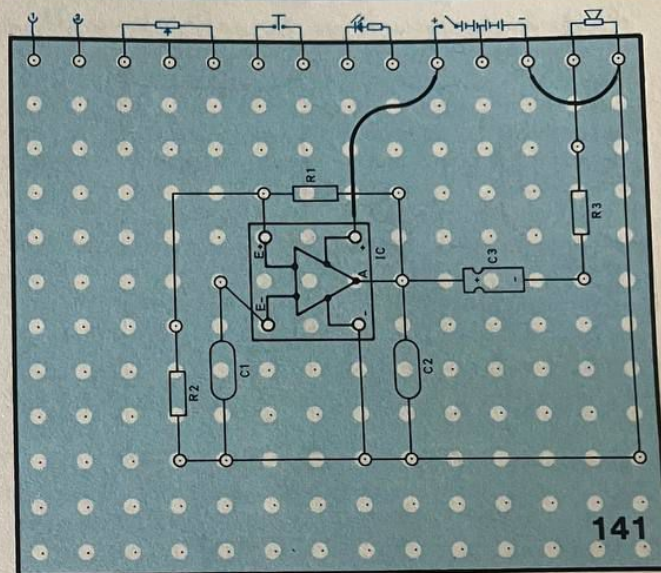
## Nu de elektronica



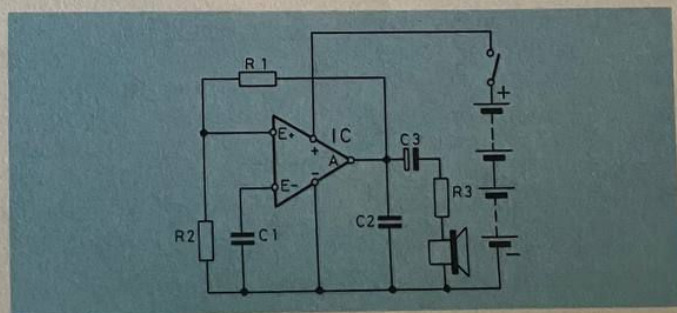
Operationele versterkers zijn erg veelzijdig te gebruiken. Experiment 141 laat kennismaken met een andere manier van het opwekken van tonen. De **condensator die de tijd bepaalt** is tussen de ingang E- en de minpool van de batterij opgenomen.

Als de batterij wordt aangesloten blijft de ingang E- zonder spanning. Aan de uitgang komt dan, geïnverteerd, een positieve spanning. Via de spanningsdeler  $R_1/R_2$  krijgt ook de ingang E+ een positieve spanning, die ook aan de uitgang ligt.

Via de in het IC ingebouwde weerstanden laadt de condensator  $C_1$  zich op. Als de spanning hierover de waarde van de spanning op E+ overschrijdt, daalt de uitgangsspanning. De condensator  $C_1$  ontlaaft zich nu over de tegenkoppelingsweerstand in het IC, tot de spanning bij een bepaalde waarde komt. Deze cyclus begint opnieuw en de schakeling gaat voortdurend op en neer tussen de schakelstanden „aan” en „uit”.



- 141 La = luidspreker in het bedieningspaneel  
 IC = geïntegreerde schakeling  
 R1 = weerstand 22.000  $\Omega$  (rood, rood, oranje)  
 R2 = weerstand 10.000  $\Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
 R3 = weerstand 47  $\Omega$  (geel, paars, zwart)  
 C1 = foliecondensator 0,22  $\mu\text{F}$   
 C2 = foliecondensator 0,1  $\mu\text{F}$   
 C3 = elektrolytische condensator 10  $\mu\text{F}$





## Nu de elektronica

De volgende elektronische schakeling wordt door middel van experiment 142 onderzocht. Het gaat hier om een **wisselspanningsversterker**.

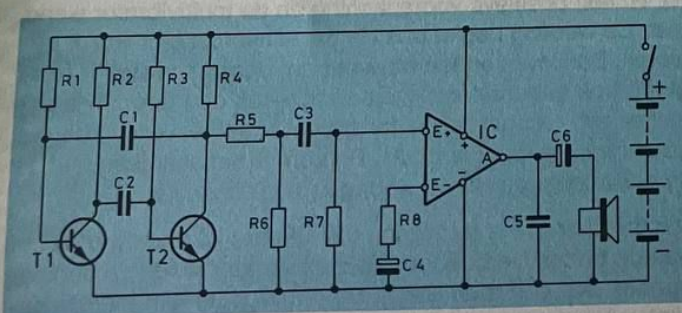
Een wisselspanningsversterker is alom bekend. Hiertoe behoren alle muziek- en spraakversterkers

Na het inschakelen wordt een zachte toon hoorbaar, die wellicht teleurstellend is. Dit wordt echter veroorzaakt door een sterke tegenkoppeling, die tijdens het experimenteren veranderd kan worden.

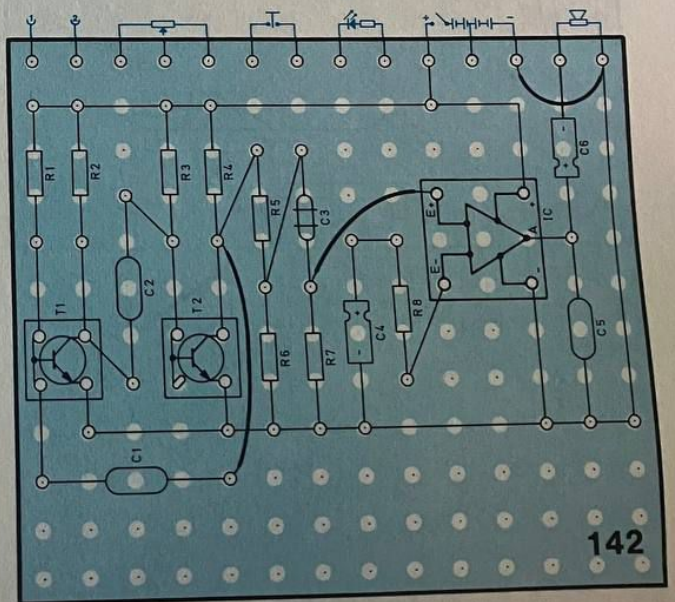
Bij deze schakeling wordt met een multivibrator een wisselspanning opgewekt, die daarna door een operationele versterker wordt versterkt. De a-stabiele multivibrator is met twee transistors gebouwd en zo bemeten, dat door de schakelsnelheid een toon wordt opgewekt. Aan de uitgang van de a-stabiele multivibrator bevindt zich de spanningsdeler  $R_5/R_6$ , die slechts  $\frac{1}{200}$  van de wisselspanning via  $C_3$  naar de ingang  $E+$  laat gaan. Dit komt door de verhouding van de beide weerstanden tot elkaar. De uitgangsspanning van de a-stabiele multivibrator moet zo ver naar beneden gedrukt worden, omdat de daarop volgende operationele versterker anders overstuurd zou worden.

Van de uitgang van de operationele versterker wordt een deel via de interne tegenkoppeling naar de ingang  $E-$  teruggevoerd. Als meer wisselspanning aan de weerstand  $R_8$  beschikbaar is zal de tegenkoppeling groter zijn.

De versterking is klein, als  $R_8 = 2,2 \text{ k}\Omega$  in de schakeling wordt opgenomen. Wordt deze weerstand vervangen door één van  $47 \Omega$ , dan wordt de versterking hoger, omdat de weerstand  $R_8$  de tegenkoppeling belangrijk doet verminderen.



- 142 La = luidspreker in het bedieningspaneel  
T1 = transistor (wit)  
T2 = transistor (wit)  
IC = geïntegreerde schakeling  
R1 = weerstand  $22.000 \Omega$  (rood, rood, oranje)  
R2 = weerstand  $4.700 \Omega$  (geel, paars, rood)  
R3 = weerstand  $10.000 \Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
R4 = weerstand  $1.000 \Omega$  (bruin, zwart, rood)  
R5 = weerstand  $100.000 \Omega$  (bruin, zwart, geel)  
R6 = weerstand  $470 \Omega$  (geel, paars, bruin)  
R7 = weerstand  $10.000 \Omega$  (bruin, zwart, oranje)  
R8 = weerstand  $2.200 \Omega$  (rood, rood, rood)  
C1 = foliecondensator  $0,047 \mu\text{F}$   
C2 = foliecondensator  $0,1 \mu\text{F}$   
C3 = keramische condensator  $10.000 \text{ pF}$  (bruin, zwart, oranje)  
C4 = elektrolytische condensator  $10 \mu\text{F}$   
C5 = foliecondensator  $0,22 \mu\text{F}$   
C6 = elektrolytische condensator  $220 \mu\text{F}$



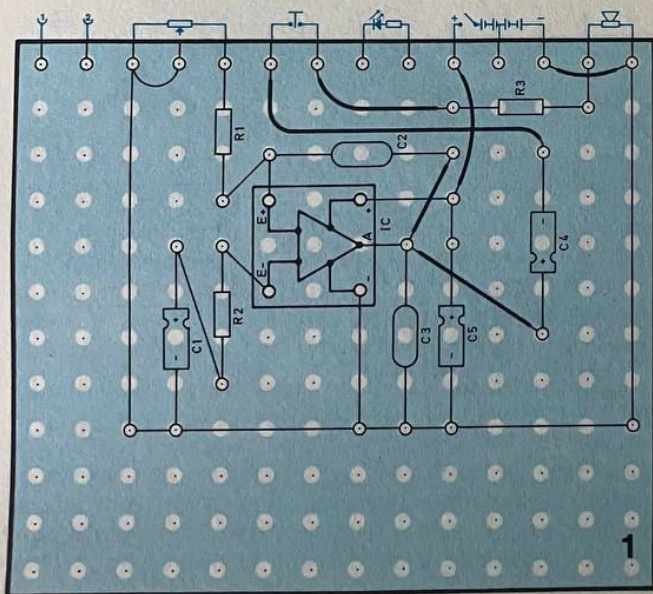
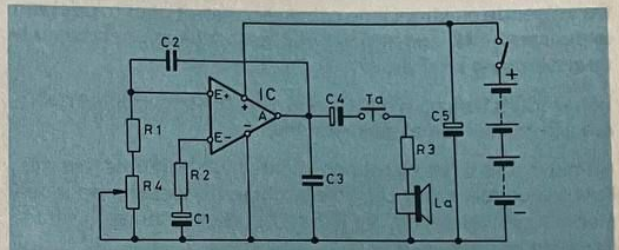


## Van experts voor experts

### Morsecode-oefentoestel

In dit morse-apparaat werkt de geïntegreerde schakeling als a-stabiele multivibrator, net als in experiment 122. De schakelsnelheid is zo hoog, dat tonen worden opgewekt. De trillingen komen tot stand doordat het uitgangssignaal van A van het IC via de condensator  $C_2$  naar de ingang  $E+$  wordt teruggevoerd.

Bij het indrukken van de druktoetsschakelaar wordt het uitgangssignaal van de a-stabiele multivibrator via de condensator  $C_4$  naar de luidspreker gebracht, zodat er een toon hoorbaar wordt. Binnen bepaalde grenzen kan de schakelsnelheid van de multivibrator met de potentiometer  $R_4$  worden ingesteld. Op deze manier kan de toonhoogte veranderd worden.

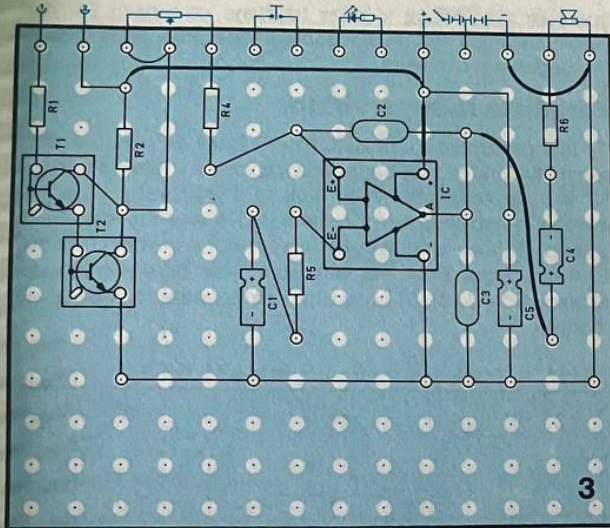


Als het morse-apparaat gebruikt wordt met een aanraakschakelaar, dan heeft dat invloed op de functie van de a-stabiele multivibrator. In ruststand, sensorschakelaar niet gesloten, krijgt de ingang  $E+$  van de geïntegreerde schakeling via  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  een positieve voorspanning en de multivibrator werkt niet. De werking begint pas als het sensorcontact wordt gesloten. Dan loopt er een basisstroom door transistor  $T_1$ , versterkt ook in transistor  $T_2$ . Deze schakelt dan door.  $T_1$  en  $T_2$  stellen een zeer gevoelige darlingtonversterker voor, zoals die voorkomt in experiment 121. Daarom is het aanraken met de vinger voldoende om het apparaat in te schakelen.

Via transistor  $T_2$  is de ingang  $E+$  van het IC met de minpool van de batterij verbonden. De multivibrator werkt en de luidspreker laat een toon horen. De toonhoogte kan met de potentiometer worden beïnvloed.

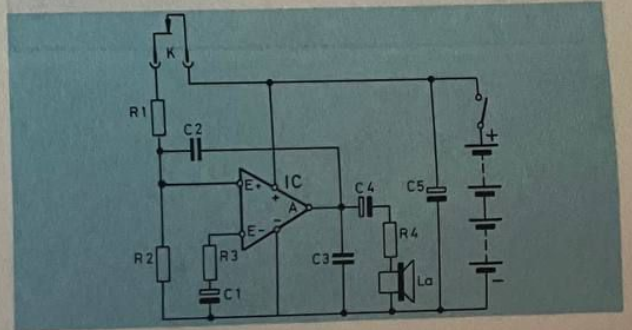
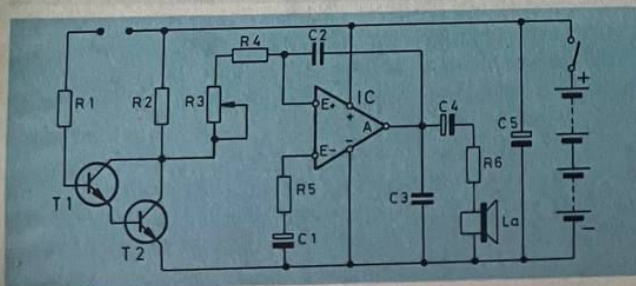
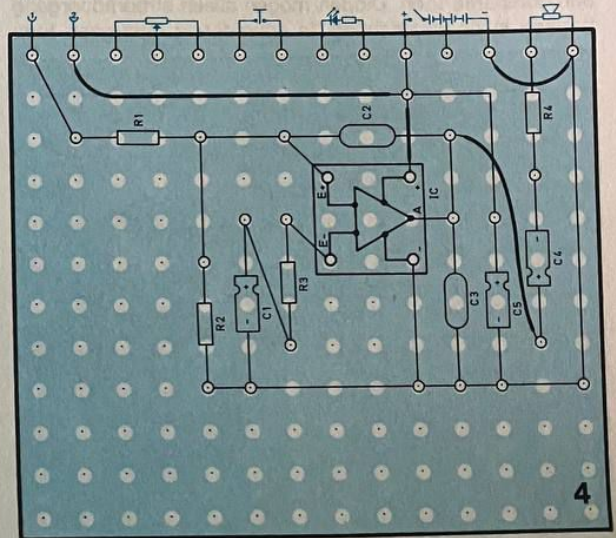


## Van experts voor experts



### Alarmapparaat

De geïntegreerde schakeling werkt als a-stabiele multivibrator net als in experiment 140. In ruststand heeft de ingang E+ via de weerstand R<sub>1</sub> en het alarmcontact een verbinding met de pluspool van de batterij, zodat de multivibrator niet aan het oscilleren wordt gebracht. Pas wanneer het alarmcontact, aan de buitenaansluitingen 1 en 2, wordt geopend krijgt de ingang E+ via de weerstand R<sub>2</sub> een doorverbinding met de minpool van de batterij. De generator begint te oscilleren en het uitgangssignaal wordt als toon hoorbaar uit de luidspreker.



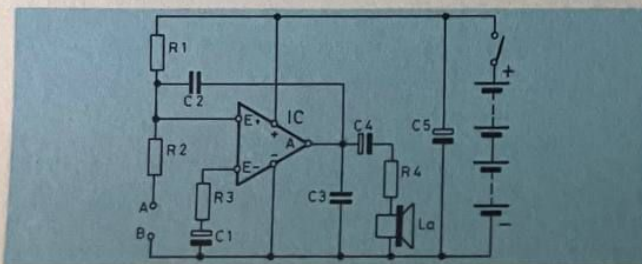
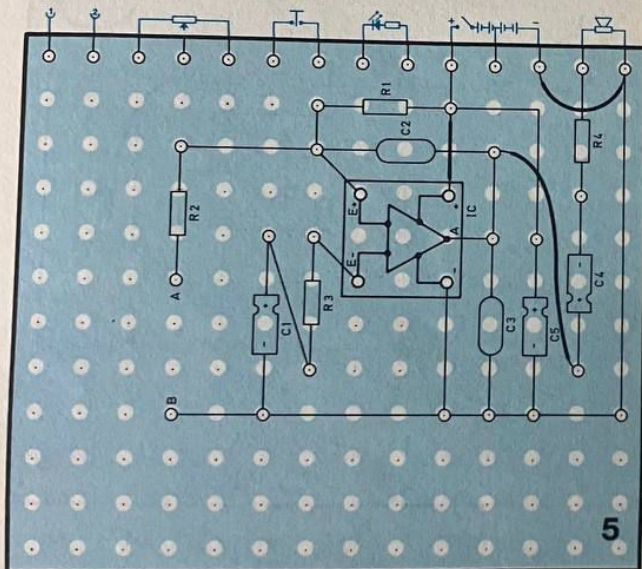


## Van experts voor experts

### Doorgangstester

Het middelpunt van de doorgangstester is de geïntegreerde schakeling die net als in experiment 140 als a-stabiele multivibrator werkt. Als de klemmen A en B door een draad zijn verbonden, heeft de ingang E+ van het IC een verbinding met de minpool van de batterij, de multivibrator oscilleert en de luidspreker geeft een toon af. Op deze manier kunnen weerstanden tot 15 k $\Omega$  en dioden worden getest op stroomdoorgang.

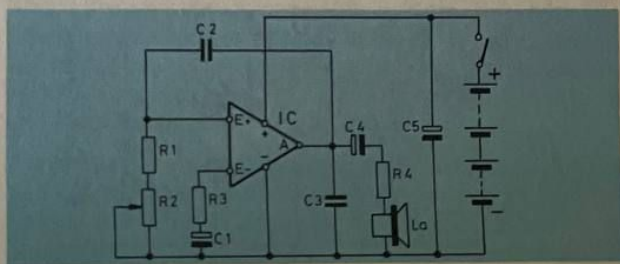
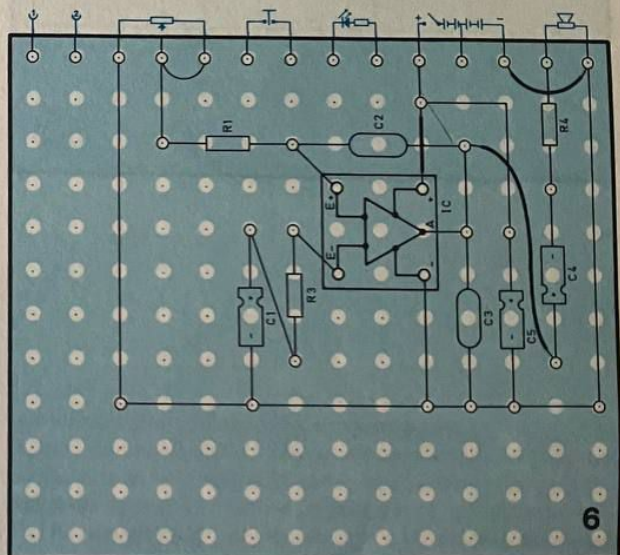
Bij weerstanden wordt de stroomdoorgang aangegeven door een constante toon. Dioden mogen alleen stroomdoorgang hebben in doorlaatrichting. In sperrichting mag geen toon



hoorbaar zijn, omdat in deze toestand de ingang E+ een verbinding heeft met de pluspool van de batterij en de multivibrator dus niet oscilleert.

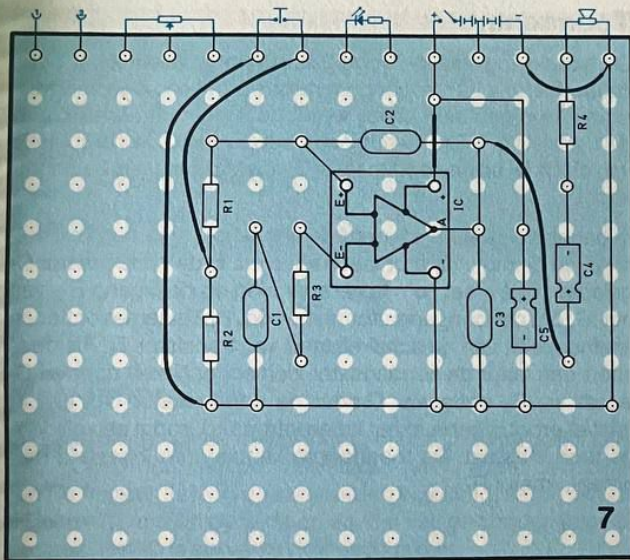
### Variabele toongenerator

De toongenerator is, zoals in experiment 140, gebouwd met een multivibrator. Met de potentiometer die in serie staat met R<sub>1</sub>, kan de schakelsnelheid van de multivibrator ingesteld worden in het hoorbaar toonegebied. De weerstanden R<sub>1</sub>/R<sub>2</sub> bepalen de laad- en ontlaadtijd van de condensator C<sub>2</sub> en dus de toonhoogte. Door het verdraaien van de potentiometer verandert de laad- en ontlaadtijd en daarmee ook de toonhoogte.

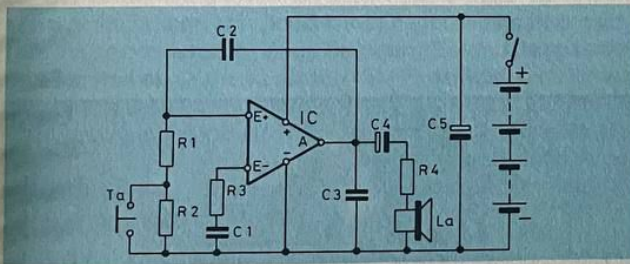




## Van experts voor experts



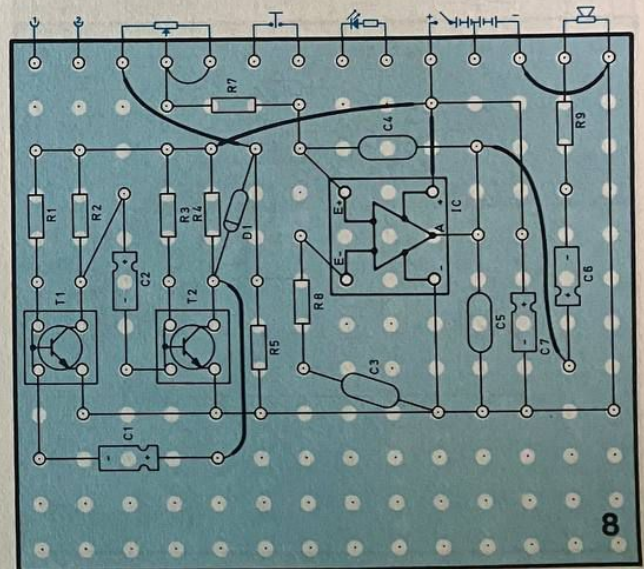
7



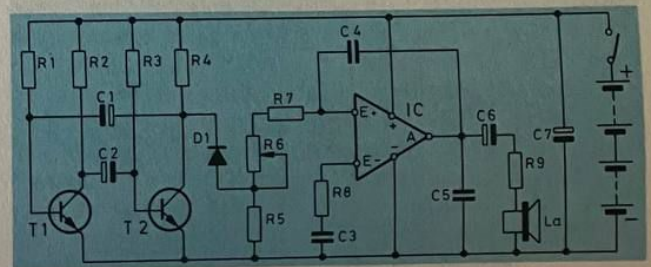
### Tweetonige hoorn

Het IC van deze tweetonige hoorn is net als in experiment 140 als multivibrator geschakeld.  $C_2$  en  $R_1/R_2$  zijn de onderdelen die de toonhoogte bepalen. Bij geopende druktoetsschakelaar zijn  $R_1$  en  $R_2$  in serie geschakeld en vormen een totaalweerstand met hogere weerstandswaarde. De toon is laag. Bij het indrukken van de schakelaar wordt  $R_2$  overbrugd zodat alleen  $R_1$  en  $C_2$  de hoogte van de toon bepalen. Door de lagere weerstandswaarde verlopen de laad- en ontlaadtijd van de condensator  $C_2$  sneller en daardoor wordt de toon hoger. De tweetonige hoorn met automatische omschakeling heeft, in plaats van een handschakeling, een multivibrator.

Dit experiment heeft een tweede a-stabiele multivibrator met de transistors  $T_1$  en  $T_2$  en natuurlijk de bijbehorende onderdelen. Deze multivibrator schakelt erg langzaam, omdat  $R_3/C_2$  en  $R_1/C_1$  verhoudingsgewijs hoge waarden hebben. Als transistor  $T_2$  geleidt, is de potentiometer  $R_6$  via de diode  $D_1$  (in doorlaatrichting) met de minpool van de batterij verbonden. De weerstand  $R_7$  en eventueel een gedeelte van de potentiometer bepalen de hoge toon van de multivibrator met het IC. Als dan transistor  $T_2$  spert, komt de positieve spanning niet op de uitgang  $E+$  van het IC, omdat de diode  $D_1$  in sperrichting staat. De weerstanden  $R_5$  en  $R_6$  zijn in serie geschakeld en de tweede door de multivibrator opgewekte toon is laag.



8

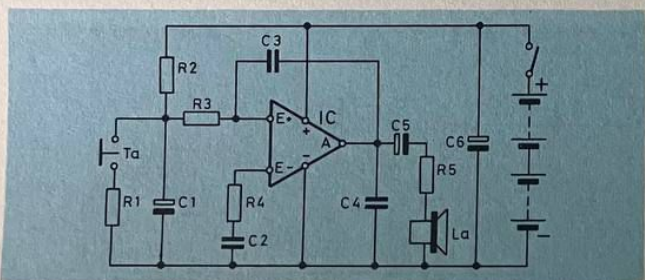
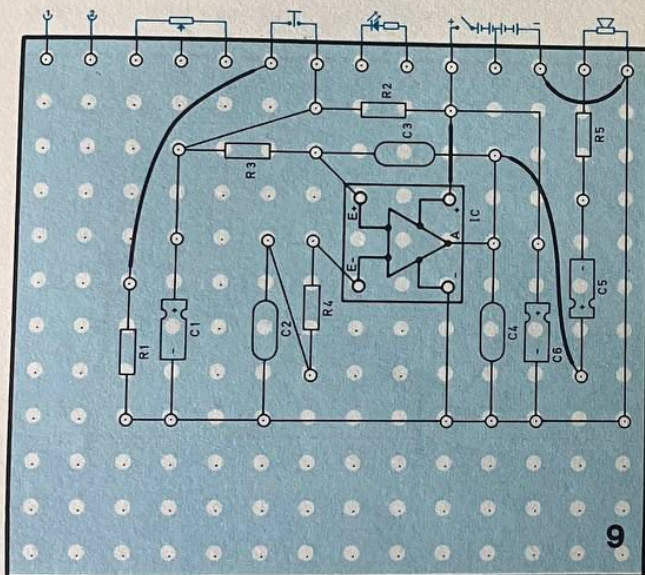




## Van experts voor experts

### Sirene

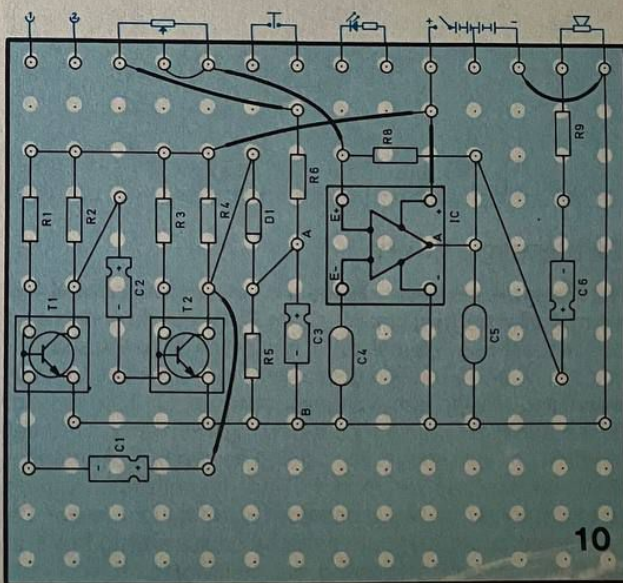
Dit experiment is opgebouwd uit een multivibrator met het IC en de bijbehorende onderdelen. Na het inschakelen van de batterijspanning oscilleert de multivibrator niet. Pas na het indrukken van de druktoets wordt de condensator via de weerstand  $R_1$  ontladen. Daardoor bereikt een kleine spanning de ingang  $E+$  en de multivibrator oscilleert. De toon wordt hoger naarmate de condensator  $C_1$  verder ontladen is. Omgekeerd wordt de toon weer lager als de condensator  $C_1$  zich, na het indrukken van de schakelaar, via  $R_2$  oplaadt.



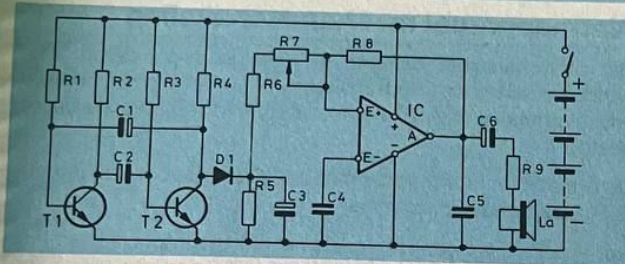
### Toongenerator

De schakeling van de vogelgeluidimitator bestaat uit twee delen. Met het IC als toongenerator wordt een hoge voortdurende toon gemaakt. Deze wordt door de multivibrator, met de transistors  $T_1$  en  $T_2$  ritmisch onderbroken. De combinatie van diode  $D_1$  en de condensator  $C_2$  spelen hierin een belangrijke rol.

In ongeladen toestand vormt de condensator  $C_3$  een kortsluiting, die de multivibrator laat oscilleren. Is de condensator  $C_3$  geladen, dan staat zo'n hoge spanning op de ingang  $E+$  van het IC, dat de toongenerator niet werkt. Het laden en ontladen is afhankelijk van de schakelstand van transistor  $T_2$ . Als deze spert dan laadt de condensator zich op, schakelt door en  $C_3$  wordt via  $R_5$  ontladen. Omdat de condensator  $C_3$ , 10  $\mu F$ , relatief groot is gebeurt het laden vertraagd, zodat een glijdende toon ontstaat. De toonhoogte kan worden ingesteld met potentiometer  $R_7$ .



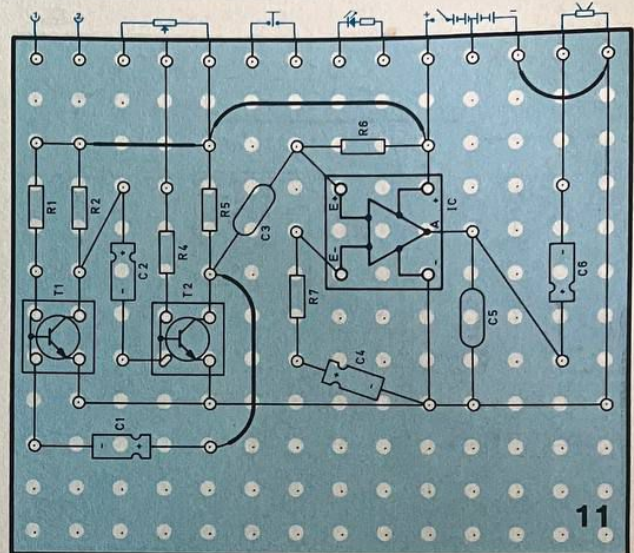




## Metronoom

De schakeling van de metronoom bestaat uit twee gedeelten. Een multivibrator met de transistors  $T_1$  en  $T_2$  vormt de oscillator. De frequentie hiervan kan worden ingesteld met de potentiometer  $R_3$ , omdat deze de oplaadtijd van de condensator  $C_2$  bepaalt. Het IC is als versterker geschakeld.

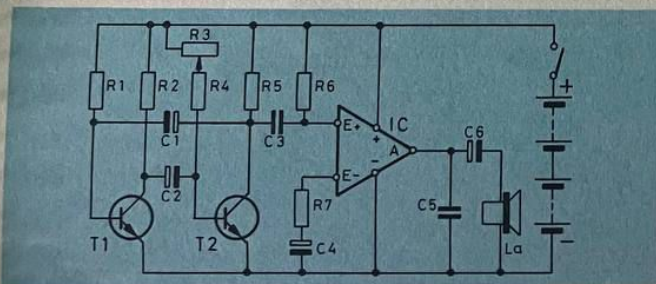
Bij het omschakelen van de multivibrator naar de andere schakelstand komt een positieve of negatieve spanningsimpuls via de condensator  $C_3$  op de ingang  $E+$  van de operationele versterker.  $C_3$  vormt samen met  $R_6$  een differentieernetwerk, net als in experiment 95. Daarbij is de door de positieve voorspanning veroorzaakte positieve spanningsimpuls niet actief. Alleen de negatieve impuls stuurt het erachter geschakelde IC. De versterkte spanningsimpuls worden in de luidspreker als tikken hoorbaar.



11

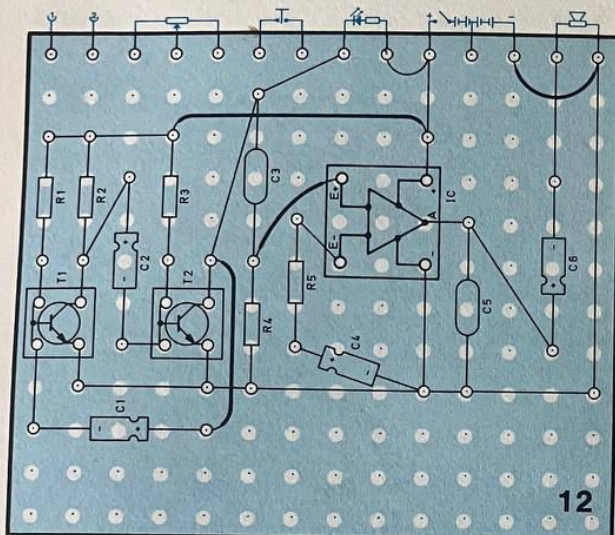
## Knipperlicht

De schakeling van de richtingaanwijzer bestaat uit een a-stabiele multivibrator met de transistors  $T_1$  en  $T_2$  met daarachter het IC als versterker. De a-stabiele multivibrator oscilleert langzaam tussen de schakelstanden „aan” en „uit”. De tijdsduur wordt bepaald door de condensatoren  $C_1 = 4,7 \mu\text{F}$  en  $C_2 = 100 \mu\text{F}$  samen met de weerstanden  $R_1$  tot  $R_4$ . De lichtgevendende diode aan de collector van transistor  $T_2$  licht alleen op, als  $T_2$  is doorgeschakeld. Als de spanning aan de collector van transistor  $T_2$  verandert, gaat een spanningsimpuls via de condensator  $C_3$  naar de ingang  $E+$  van de operationele versterker. De snel stijgende of dalende spanning wordt door het IC versterkt en in de luidspreker als tikken hoorbaar.





## Van experts voor experts



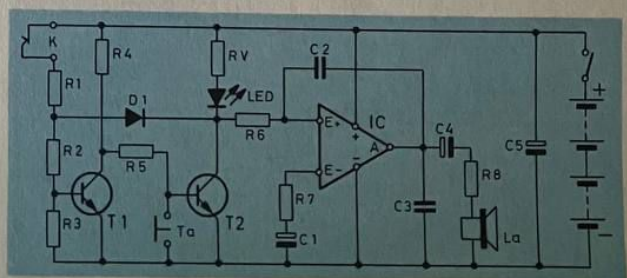
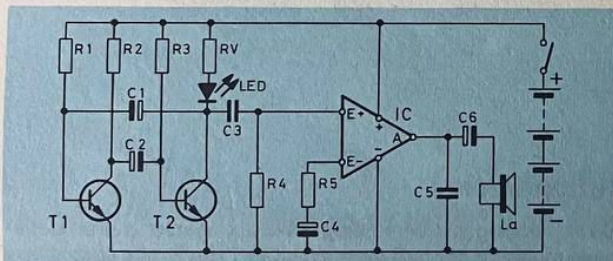
### Alarmapparaat met handschakeling

Het alarmapparaat bestaat uit twee basisgedeelten. Een handschakeling met de transistors  $T_1$  en  $T_2$  zorgt ervoor, dat een eenmaal werkend alarm niet onmiddellijk kan worden gestopt.

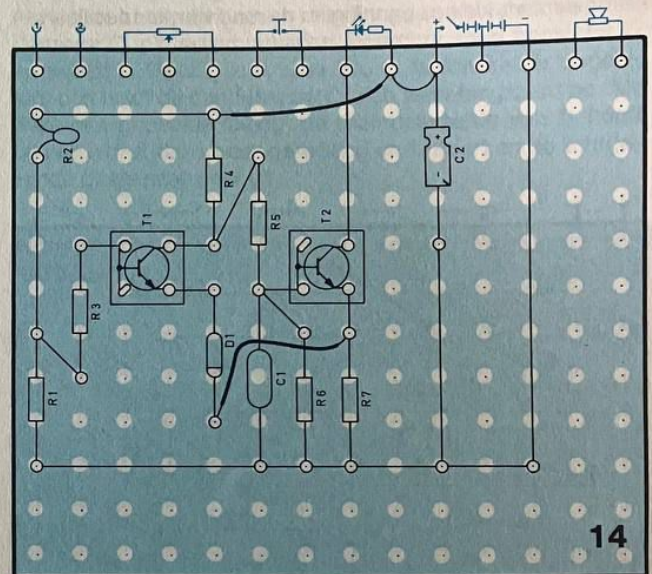
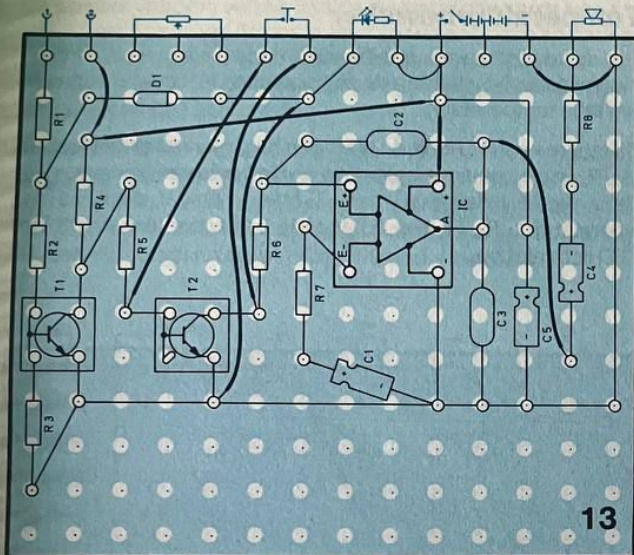
De a-stabiele multivibrator met het IC zorgt voor een akoestisch waarschuwingssignaal.

Het apparaat is bedrijfsklaar als het alarmcontact is gesloten. Wordt dit gesloten dan krijgt transistor  $T_1$  geen basispanning meer. Deze spert en aan de collector staat een hoge spanning. Deze schakelt via  $R_5$  transistor  $T_2$  door. De diode licht nu op. De lage spanning aan de collector van de doorgeschakelde transistor werkt ook terug via de diode  $D_1$  naar de basis van transistor  $T_1$  en houdt deze in spertoestand. Het apparaat schakelt niet uit.

In doorgeschakelde toestand ligt transistor  $T_2$  ook de ingang  $E+$  van de operationele versterker via weerstand  $R_6$  aan de min-aansluiting van de batterij, zodat deze als a-stabiele multivibrator een waarschuwingstoon opwekt, die uit de luidspreker hoorbaar wordt. Het apparaat wordt met de druktoetschakelaar weer teruggeschakeld hetgeen betekent dat het alarm stopt en het apparaat weer bedrijfsgereed is. Met de druktoetsschakelaar wordt de basis van de transistor  $T_2$  kortgesloten met de minpool van de batterij. De transistor spert ogenblikkelijk. De LED is donker en de alarmtoon stopt. Transistor  $T_1$  krijgt weer basispanning en de uitgangstoestand is weer hersteld.

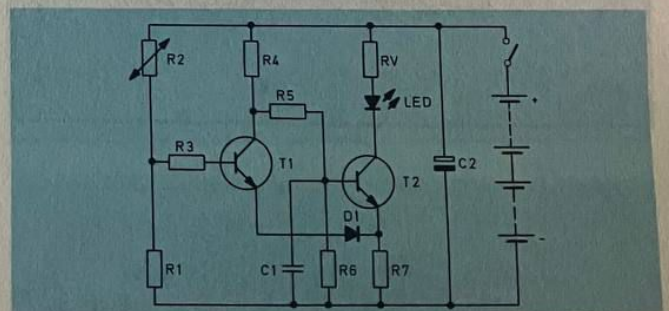






## Vorstmelder

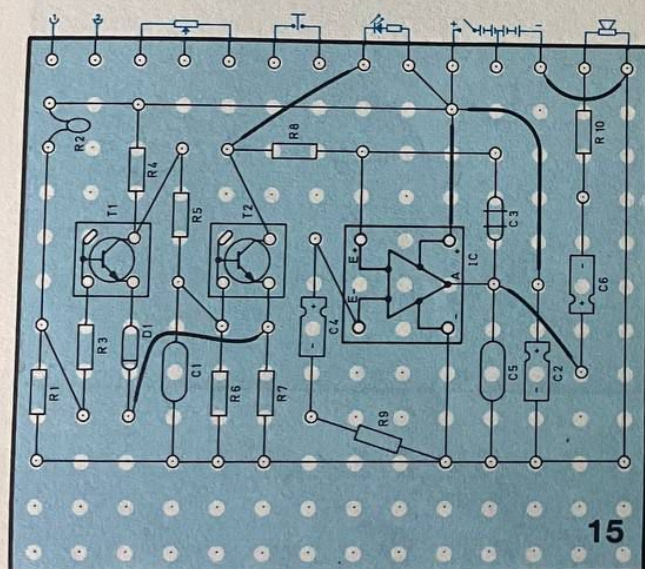
In de vorstmelder werken de beide transistors als Schmitt-trigger zoals in experiment 125. Bij temperaturen boven  $+6^{\circ}\text{C}$  licht de LED niet op. De temperatuurafhankelijke weerstand  $R_2$  heeft in deze toestand een lage weerstandswaarde, zodat er een hoge spanning aan de basis van  $T_1$  komt.  $T_1$  wordt geleidend en  $T_2$  spert. Daalt de temperatuur onder de  $+2^{\circ}\text{C}$ , dan stijgt de weerstandswaarde van de NTC zodanig dat de stijgschijning van de Schmitt-trigger niet wordt bereikt. Nu spert transistor  $T_1$  en de basis van  $T_2$  krijgt via de weerstand  $R_4$  en  $R_5$  voldoende spanning, zodat  $T_2$  doorschakelt en de LED oplicht.





## Van experts voor experts

Als het vorstmeldingsapparaat uit experiment 14 wordt uitgebreid met een akoestisch signaal, dan zorgt een daarachter geschakelde a-stabiele multivibrator voor het opwekken van de toon. Als er vorstgevaar is, licht de LED aan de collector van  $T_2$  op en krijgt de ingang  $E+$  van de geïntegreerde schakeling een erg kleine spanning en de multivibrator oscilleert.

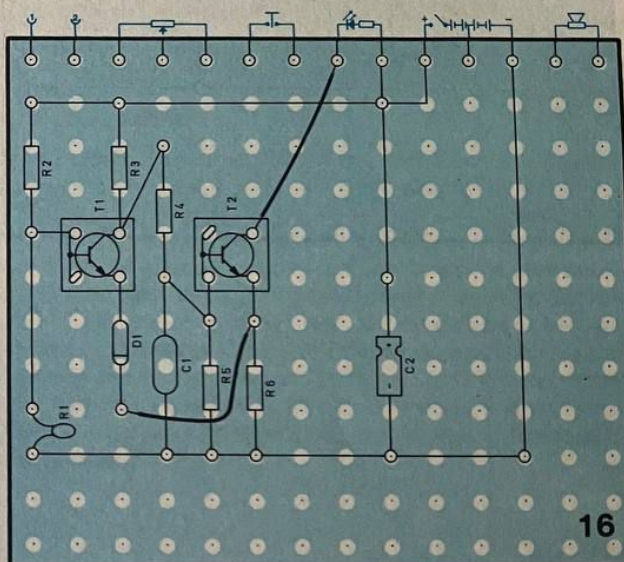


15

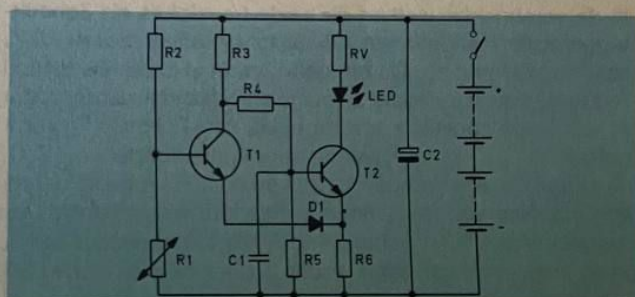
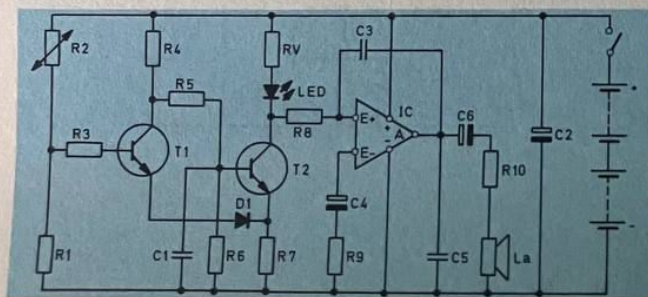
## Temperatuurbewaker

Om de koeltemperatuur te bewaken wordt weer een Schmitt-trigger gebruikt waarvan de stijgs�panning is ingesteld op een erg lage temperatuur.

Bij sterke koeling heeft de NTC een hoge weerstandswaarde. Via  $R_2$  komt positieve spanning op de basis van transistor  $T_1$ . Deze wordt geleidend, maar  $T_2$  spert, omdat deze via de weerstanden  $R_3$ ,  $R_4$  niet voldoende basisspanning krijgt. De LED licht niet op.



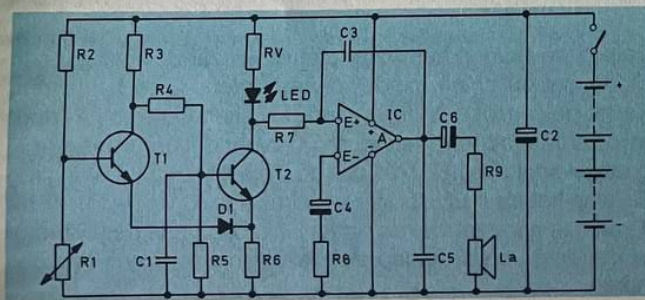
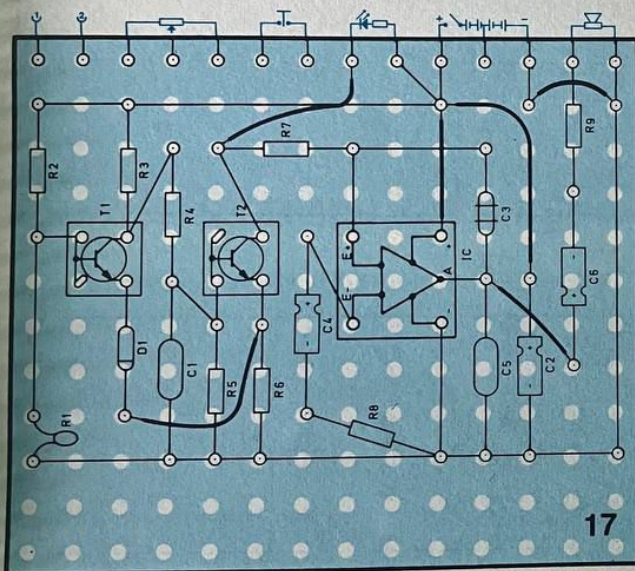
16





Bij warmer worden, vermindert de weerstandswaarde van de NTC. Daardoor krijgt de basis van  $T_1$  geen positieve spanning meer en de transistor spert. Nu schakelt echter  $T_2$  door omdat de basis hiervan via de weerstanden  $R_3$  en  $R_4$  positieve spanning krijgt en de LED licht op.

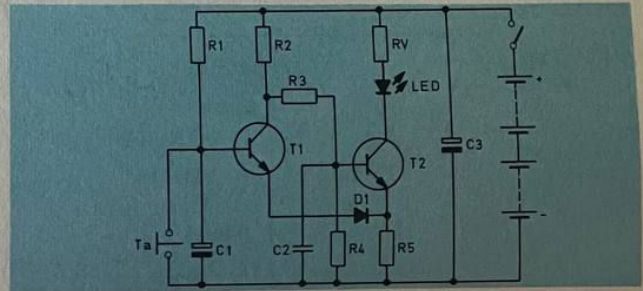
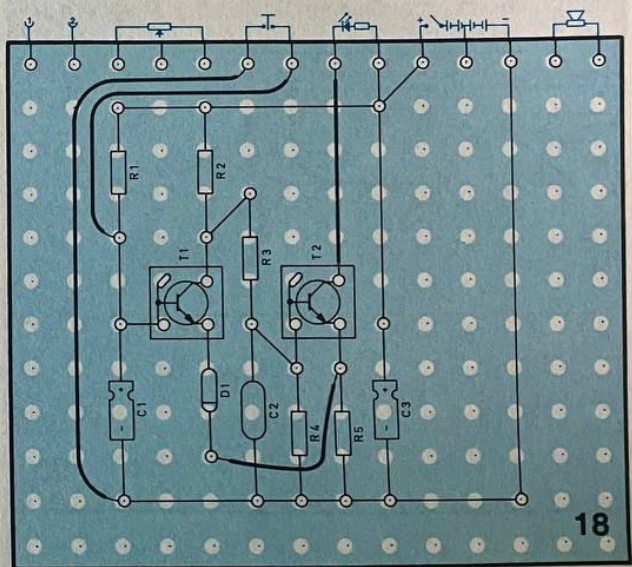
Als tenslotte een akoestisch signaal moet worden gemaakt, zorgt een erachter geschakelde a-stabiele multivibrator voor het opwekken van de toon. Als de temperatuur stijgt, dan licht de LED aan de collector van  $T_2$  op. Daardoor krijgt de ingang  $E+$  een kleine spanning en de multivibrator oscilleert.



### Tijdschakelaar

De trappehuisverlichting wordt met een drempelwaardeschakelaar gestuurd. In ruststand is condensator  $C_1$  geladen. Transistor  $T_1$  geleidt en  $T_2$  spert. De LED licht dus niet op.

Als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt, wordt de condensator  $C_1$  plotseling ontladen. Daardoor spert transistor  $T_1$  en geleidt  $T_2$ . De LED licht nu op. Wordt de schakelaar losgelaten, dan laadt de condensator  $C_1$  zich weer langzaam op. Als deze een bepaalde lading, de drempelwaarde van  $T_1$  heeft bereikt wordt deze weer geleidend en  $T_2$  spert en de lichtgevende diode gaat weer uit.

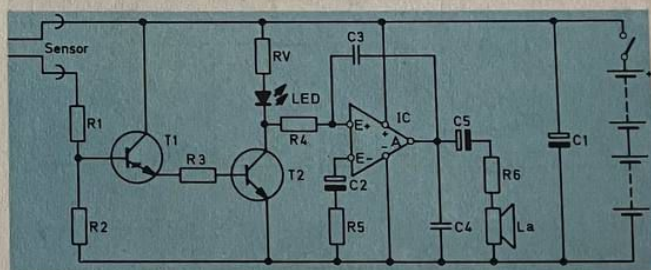
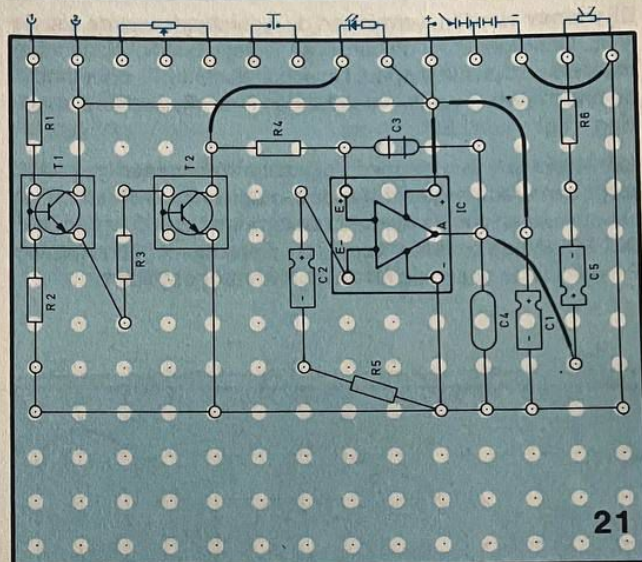
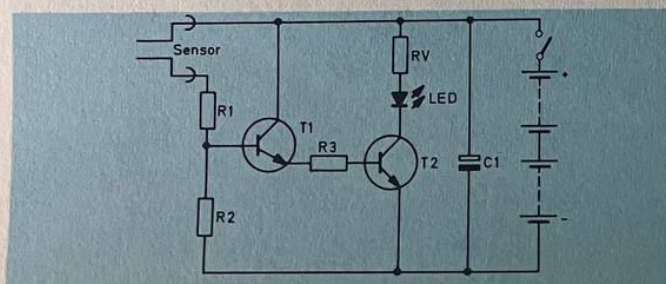
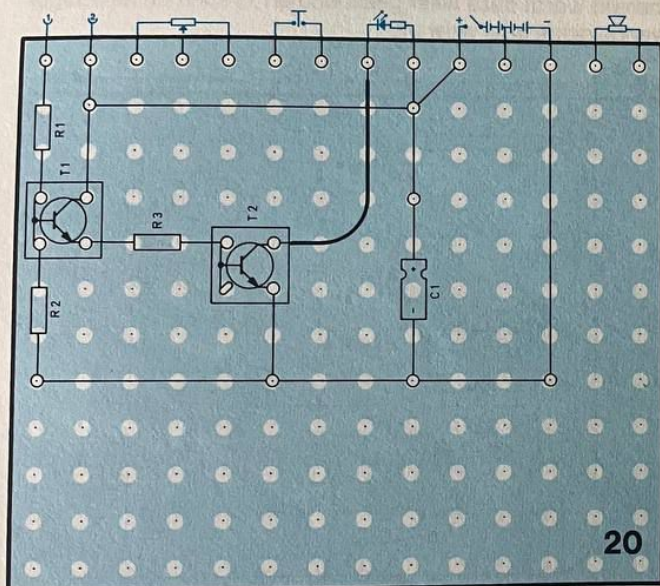




## Van experts voor experts

### Overloopbeveiliging

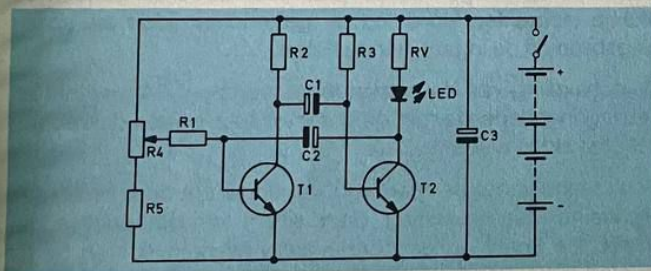
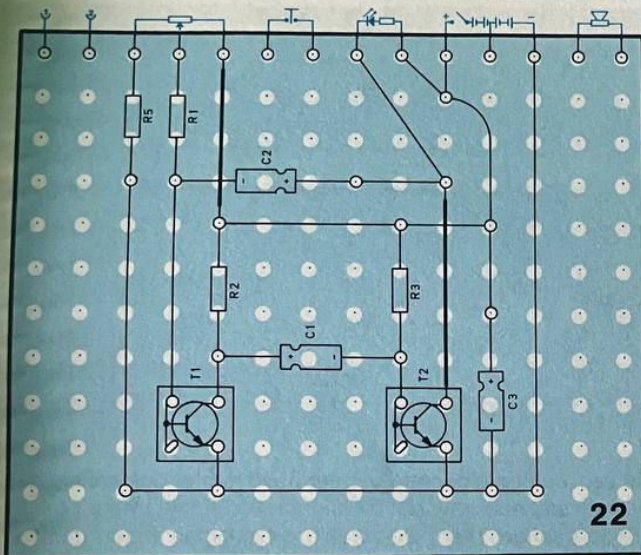
In dit experiment wordt transistor  $T_2$  door  $T_1$  geschakeld. Als het water de twee draden bereikt, loopt er een stroom via weerstand  $R_1$  naar de basis van transistor  $T_1$ . Deze geleidt en de emitterstroom laat via weerstand  $R_3$  een stroom naar de basis van  $T_2$  lopen. Transistor  $T_2$  schakelt door en de lichtgevende diode in de collectorkring licht op.



Zolang de draden het water niet raken zal de lichtgevende diode niet oplichten, omdat de transistors  $T_1$  en  $T_2$  sperren. Zodra de sensor het water raakt, schakelt transistor  $T_1$  door en de emitterstroom hiervan zorgt ervoor dat ook transistor  $T_2$  gaat geleiden. De LED licht dan op. Tegelijkertijd ligt de ingang  $E+$  van het als multivibrator geschakelde IC via de transistor  $T_2$  aan de minpool van de batterij. Nu begint de multivibrator te oscilleren en de luidspreker laat een waarschuwingstoon horen.



## Van experts voor experts



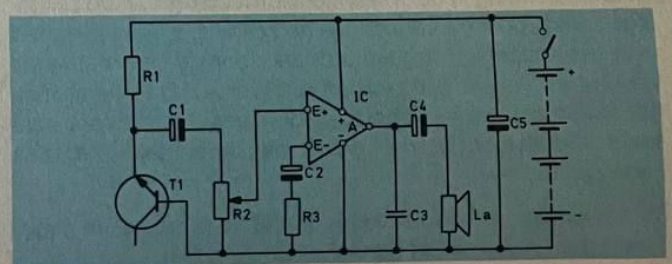
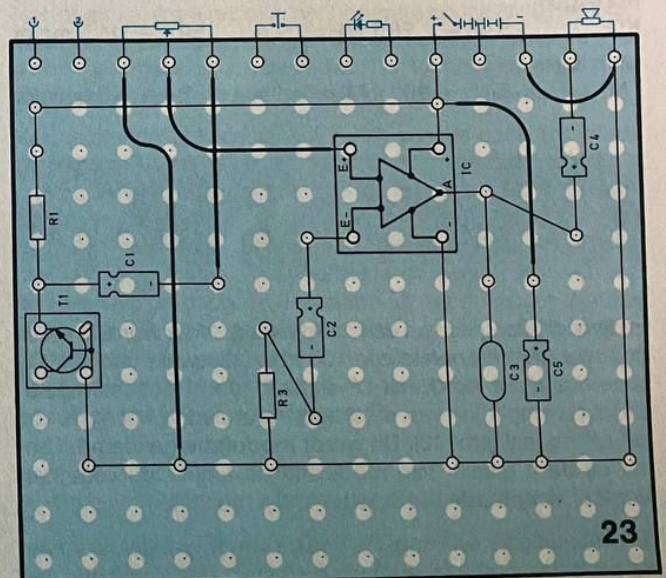
### Regelbaar knipperlicht

Het knipperlicht bestaat uit een multivibrator met twee transistors  $T_1$  en  $T_2$ . Als de transistor  $T_1$  geleidt, wordt daardoor  $T_2$  gesperd. Aan zijn collector ligt een hoge spanning waardoor de condensator  $C_2$  wordt opgeladen. De transistors blijven het eerste moment in deze toestand. Via de weerstanden  $R_4/R_1$  respectievelijk  $R_3$  worden de condensatoren  $C_1$  en  $C_2$  verder opgeladen. Zodra ze een bepaalde spanning hebben bereikt, spert transistor  $T_1$  en geleidt  $T_2$ . Dit wisselend omschakelen gebeurt in een ritme, dat door de condensator  $C_1/C_2$  en de weerstanden  $R_4/R_1$  en  $R_3$  wordt bepaald.

### Ruisgenerator

Voor dit experiment wordt de basis-emitter-overgang van  $T_1$  in sperrichting gebruikt. Bij het inschakelen van de voedingspanning wordt de spanning aan de emitter hoger. Als deze een waarde van ongeveer 5 volt bereikt wordt de basis-emitter-overgang toch geleidend, omdat de spanning te hoog is geworden. Weerstand  $R_1$  voorkomt beschadiging van de transistor.

Na het doorbreken van de basis-emitter-overgang zakt de spanning onmiddellijk weer onder deze doorbraakspanning van 5 volt en de overgang wordt weer gesperd. Dit doorbreken en sperren gebeurt zo snel en onregelmatig dat er een geruis ontstaat.





## Van experts voor experts

### Middengolf-ontvanger

In omroepzenders moet het LF-signaal (laagfrequent = spraak en muziek) zo worden voorbereid dat grote afstanden kunnen worden overbrugd. Een directe overdracht van het LF-signaal is niet mogelijk, dus moet er een „drager” worden gemaakt waarmee spraak en muziek tegelijk de ontvanger kunnen bereiken. Deze „drager” is een HF (hoog frequent)-signaal, dat voor elke zender in elke golflengte is vastgelegd.

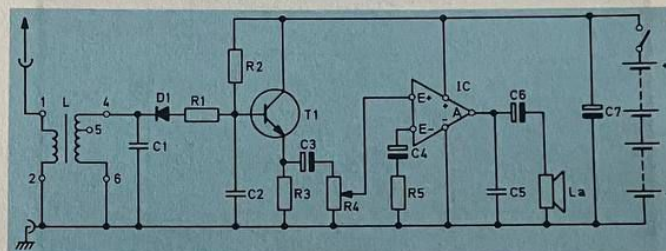
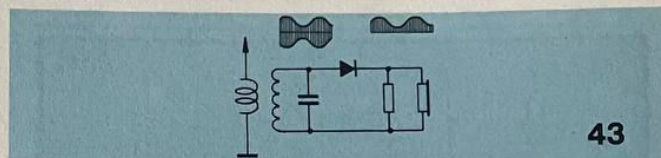
Lange golf					
LG	150	–	435	kHz	= 2.000 – 690 meter
Midden golf					
MG	510	–	1.605	kHz	= 590 – 190 meter
Korte golf					
KG	5,95	–	26,1	MHz	= 50 – 11 meter
Ultra korte golf					
FM	87,5	–	100	MHz	= 3,4 – 3,0 meter



In de oscillatorkring van een middengolfzender wordt b.v. een golf met een frequentie van 100 kHz opgewekt (afb. 40). Op deze draaggolf wordt het LF-signaal (afb. 41) „gestempeld” zodat de amplitude van de drager verandert in het ritme van het LF-signaal (afb. 42). Dit wordt **modulatie** genoemd. Omdat bij deze manier van modulatie de amplitude verandert wordt dit **Amplitude Modulatie (AM)** genoemd.

De eenvoudigste ontvanger is een **diode**-ontvanger, waarvan het prinsipschema in afbeelding 43 staat. De frequentie van de oscillatorkring in de ontvanger wordt op die van de zender afgestemd zodat de frequenties hetzelfde zijn. Als dit signaal naar een diode wordt gestuurd, zal door de gelijkrichtende werking een halve golf worden onderdrukt. Dit noemt men **demodulatie**. Het gedemoduleerde signaal kan direct naar een hoofdtelefoon worden geleid die de spraak of muziek hoorbaar maakt.

Dit demoduleren is noodzakelijk omdat de positieve en negatieve halve golven elkaar tegengesteld opheffen.



De eenvoudige diodegelijkrichter heeft echter ook enkele nadelen waaronder b.v. dat de luidspreker er niet direct op kan worden aangesloten. De zwakke wisselspanningen moeten nog versterkt worden. Met dergelijke versterkerschakelingen is al eerder kennis gemaakt. In plaats van de eerder genoemde pickup elementen wordt nu de gelijkrichterdiode als spanningsbron op de ingang aangesloten.

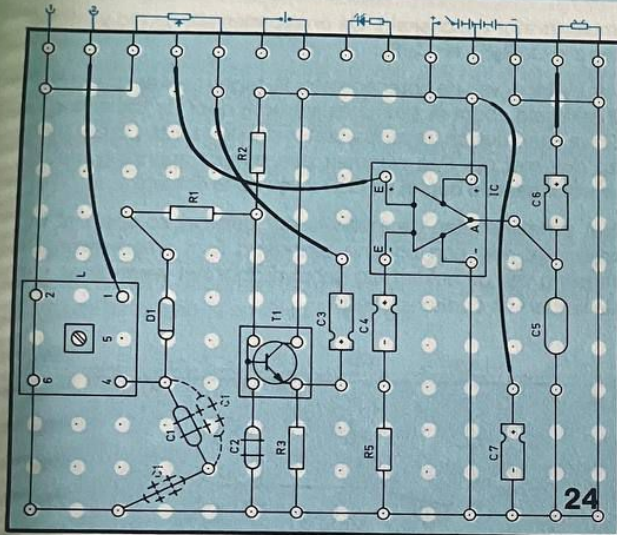
De schakeling van de ontvanger (experiment 24) bestaat uit een ingangsgedeelte met de detector-trap en een daarachter geschakelde versterker.

De antenne vangt de zendergolven op en zet deze om in een erg kleine wisselspanning. Deze wordt aan de spoel toegevoerd. De spoel en de condensator werken samen bij de zenderkeuze. Deze vormen een oscillatorkring. Als deze kring op de golflengte van de zender is afgestemd, filtert de kring deze eruit. Alle andere golflengten worden niet doorgelaten. De stroom gaat nu naar de diode. Deze richt hem gelijk en zorgt ervoor dat we kunnen horen wat er wordt uitgezonden. De oscillatorkring en de diode vormen de z.g. detectortrap (to detect = ontdekken). Het signaal is erg zwak. Om het hoorbaar te maken, komt er achter de diode een gevoelige versterker. De geluidsstrekte kan met potentiometer  $R_4$  worden ingesteld.

Als het ingangsgedeelte met de diode door een transistor wordt vervangen, kan ook het hoogfrequent-signaal worden versterkt en daardoor meer zenders worden ontvangen.



## Van experts voor experts



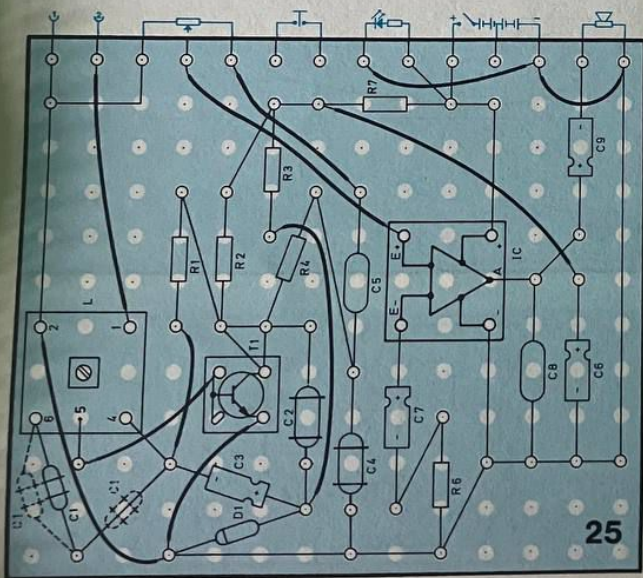
24

Bij experiment 25 gaat het om de schakeling van een reflex-ontvanger. Hierin wordt één trap dubbel gebruikt. De transistor  $T_2$  werkt als hoog- en laagfrequentversterker. Dit kan omdat de eigenschappen van de beide frequenties zo verschillend zijn dat ze zonder grote problemen gezamenlijk versterkt en weer gescheiden kunnen worden.

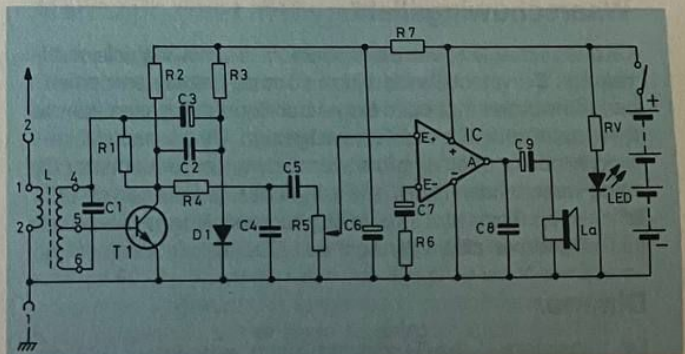
De radiogolven wekken in de antenne een zwakke stroom op. Deze gaat naar de spoel. Hier wordt in samenwerking met de condensator  $C_1$  de gekozen zender eruit gefilterd. De stroom wordt naar de basis van transistor  $T_1$  gevoerd en komt versterkt aan de collector. De hoogfrequent-stroom loopt via de condensator  $C_2$  naar de diode. Deze demoduleert het signaal door gelijkrichting.

Het laagfrequent-sig-naal in het hoorbare bereik is nu beschikbaar. Via de condensator  $C_3$  en spoel, tussen de aansluitingen 4 en 5 gaat het naar de basis van  $T_1$ . Het hoogfrequent in de spoel en het laagfrequent beïnvloeden elkaar daarbij niet.

Het versterkte geluidssig-naal wordt van de collector via de weerstand  $R_4$  aan de volgende versterkertrap toegevoerd. De condensator  $C_2$  aan de collector is een hoge weerstand voor laagfrequent, maar niet voor hoogfrequent! Aan de andere kant verhindert de weerstand  $R_4$  dat hoogfrequent-energie hier kan wegvloeien. Overigens zal de condensator  $C_3$  wat nog aanwezige hoogfrequentdelen uit het hoorbare signalen weghalen. De operationele versterker is als gewone laagfrequentversterker geschakeld. Het versterkte signaal wordt door de luidspreker in geluid omgezet. De sterkte van het geluid kan met  $R_5$  worden ingesteld.

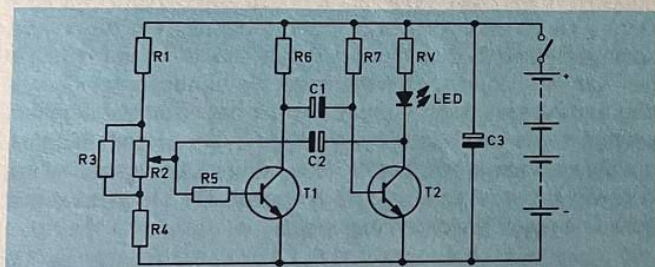
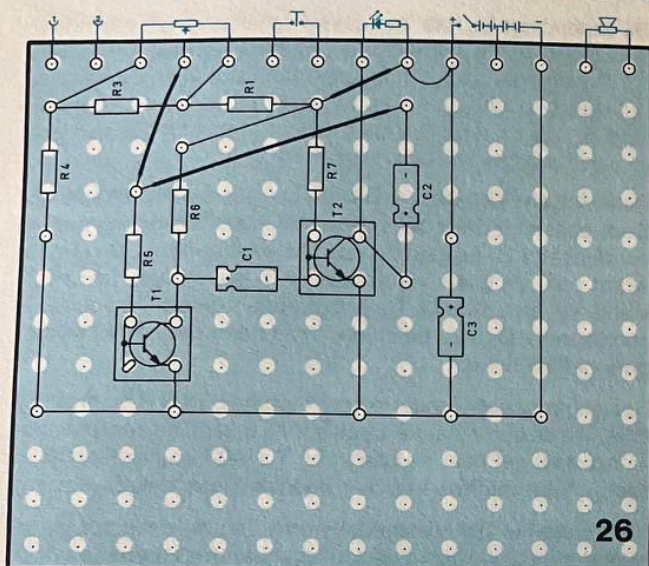


25





## Van experts voor experts



### Waarschuwinglicht

De basisschakeling van dit experiment is een a-stabiele multi-vibrator. De verschillende tijden voor de helder- en donkerperiode worden met door het verschillend toepassen van de tijdvaststellende onderdelen, vastgelegd. De transistor  $T_1$  geleidt langdurig door de grote waarde van de condensator  $C_2$  en de weerstanden  $R_1$ ,  $R_2$  en  $R_3$ .  $T_2$  is dan gesperd en de LED licht niet op. Transistor  $T_2$  geleidt in tegenstelling tot  $T_1$  vanwege  $C_1/R_6$  kort en alleen dan licht de LED op.

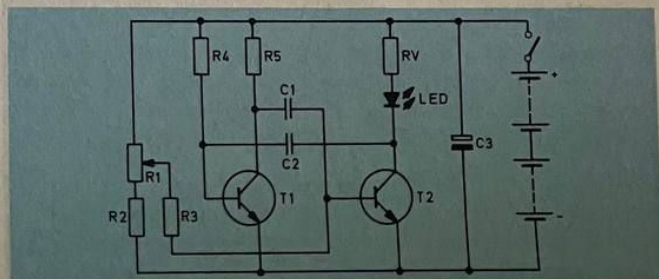
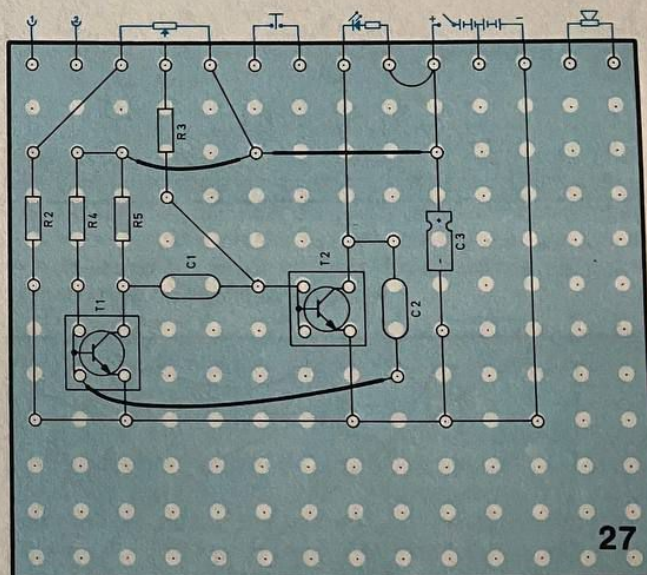
### Dimmer

De transistors  $T_1$  en  $T_2$  zijn net als in experiment 122 als

multivibrator geschakeld. De onderdelen die de tijd vaststellen zijn  $C_1/R_3/R_1$  en  $C_2/R_4$ .

Als de looper van de potentiometer  $R_1$  tegen de weerstand  $R_2$  is ingeregeld, loopt er geen basisstroom door de transistor  $T_2$ . Deze spert dus en de multivibrator oscilleert niet. De LED licht zo ook niet op. Pas wanneer een hogere spanning met  $R_1$  wordt ingesteld begint de LED zwak op te lichten.

Het schakelen van de multivibrator gebeurt zo snel dat het menselijk oog een continu brandend licht waarneemt. De regeling van de helderheid gebeurt door het veranderen van de helder- en donkerperiode.

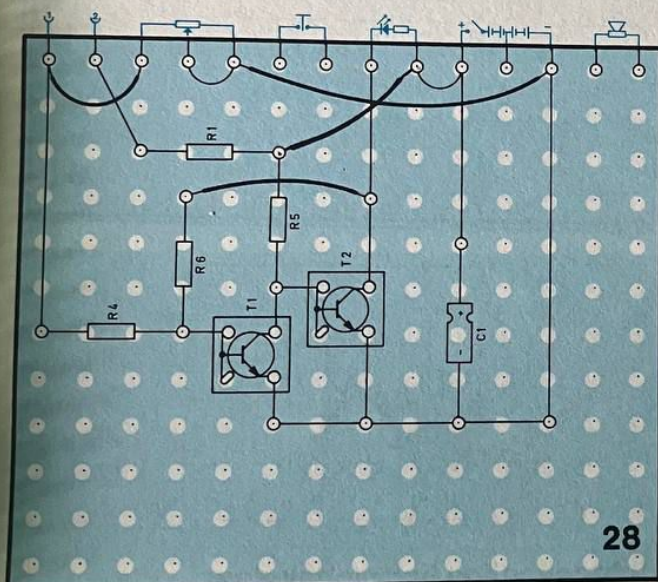




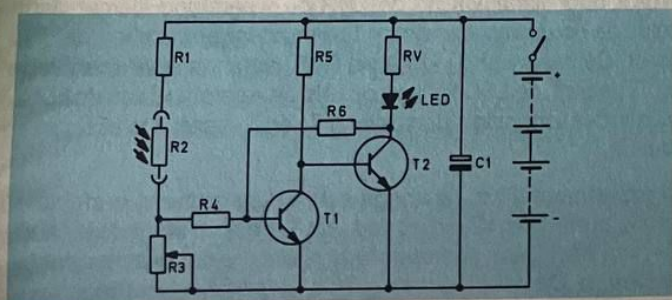
## Schemerschakelaar

Zolang als in experiment 28 licht op de LDR valt is zijn weerstandswaarde erg klein en via de spanningsdeler  $R_1/R_2$  komt geen positieve spanning aan de basis van  $T_1$  en de transistor spert. Omdat de basis van  $T_2$  met de emitter van  $T_1$  is verbonden, kan ook hier geen basisstroom lopen.  $T_2$  spert ook en de LED blijft donker.

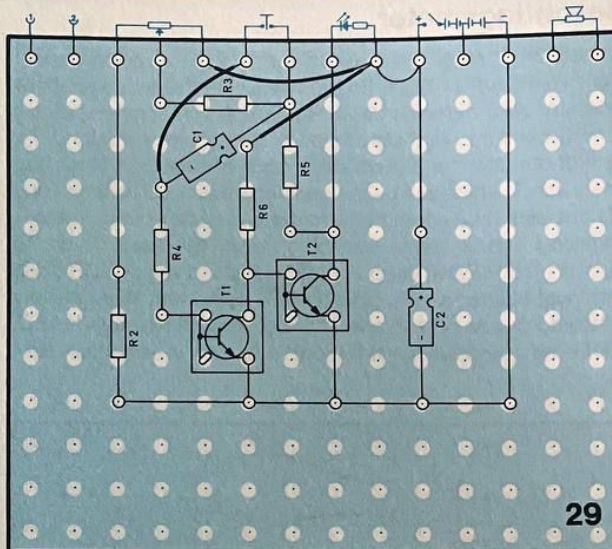
Als de lichtafhankelijke weerstand niet wordt belicht is zijn weerstandswaarde erg groot. Via  $R_1$  kan dan een basisstroom naar transistor  $T_1$  lopen en deze geleidt dan. De emitter van  $T_1$  stuurt de basis van  $T_2$  en de LED licht op.



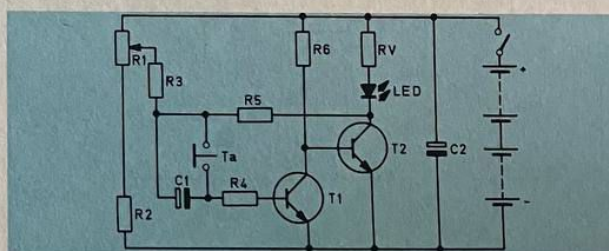
28



## Van experts voor experts



29



## Alarmparaat met vertraging

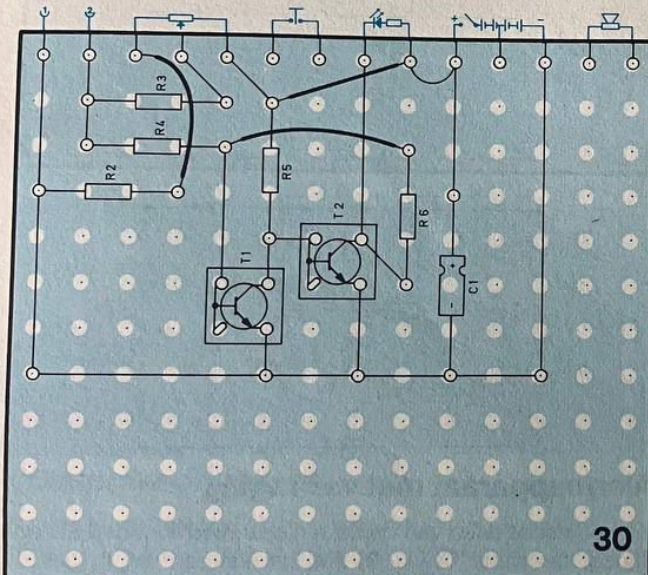
Na het inschakelen van de batterijspanning licht de LED op. Omdat transistor  $T_2$  via  $R_6$  een basisstroom krijgt, geleidt deze. Als de druktoets wordt ingedrukt, krijgt transistor  $T_1$  een basisstroom via de potentiometer  $R_3$  en  $R_4$ . Deze schakelt door en omdat nu aan de collector nagenoeg geen spanning meer ligt, spert  $T_2$ . De LED gaat uit. Door het indrukken van de druktoets wordt tevens condensator  $C_1$  ontladen. Wordt de druktoetsschakelaar losgelaten dan laadt de condensator  $C_1$  zich via  $R_1$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  en de basis van  $T_1$  op. Er loopt een basisstroom en  $T_1$  geleidt. Na enige tijd is de condensator  $C_1$  zo hoog opgeladen dat er geen laadstroom meer loopt en  $T_1$  spert. Nu schakelt  $T_2$  weer door en de LED licht op.



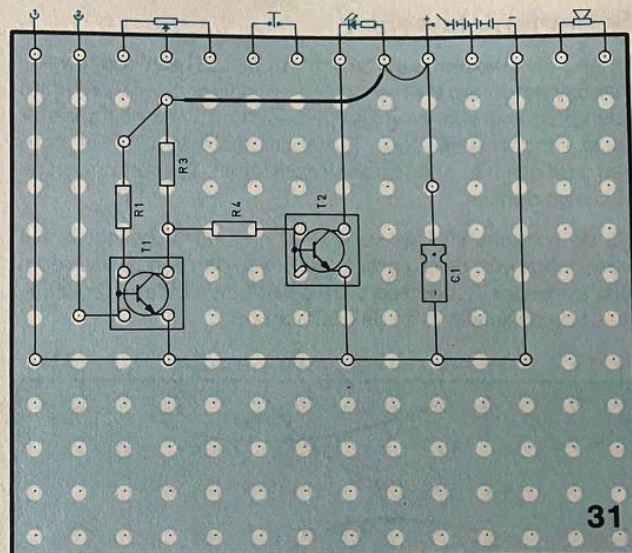
## Van experts voor experts

### Belichtingsmeter

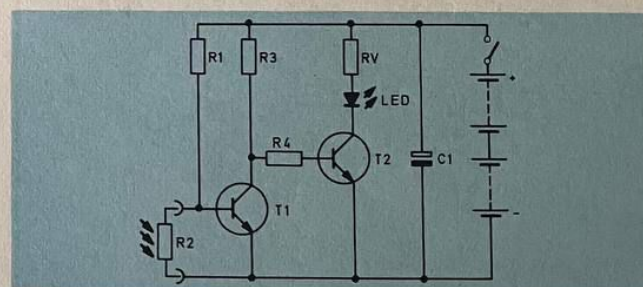
Transistor  $T_1$  krijgt een basisstroom via het weerstandsnetwerk  $R_1$ - $R_4$  en de LDR. Er zijn twee verschillende variabele weerstanden, namelijk de LDR en de potentiometer. Als de LDR geen licht krijgt dan heeft ze een grote weerstand.  $T_1$  geleidt omdat er tegelijkertijd een hoge basisstroom loopt. De basis van  $T_2$  krijgt dan geen spanning en de LED licht niet op. Als de basis van  $T_1$  door het veranderen van de potentiometerinstelling een te kleine spanning krijgt, dan spert  $T_1$  en  $T_2$  geleidt en de LED licht op. Als de weerstand van de LDR door lichtinval kleiner wordt, blijft de LED oplichten. Wanneer de instelling van de potentiometer wordt veranderd, gaat de LED uit. De terugkoppeling via  $R_6$  zorgt voor snel in- en uitschakelen.



30



31



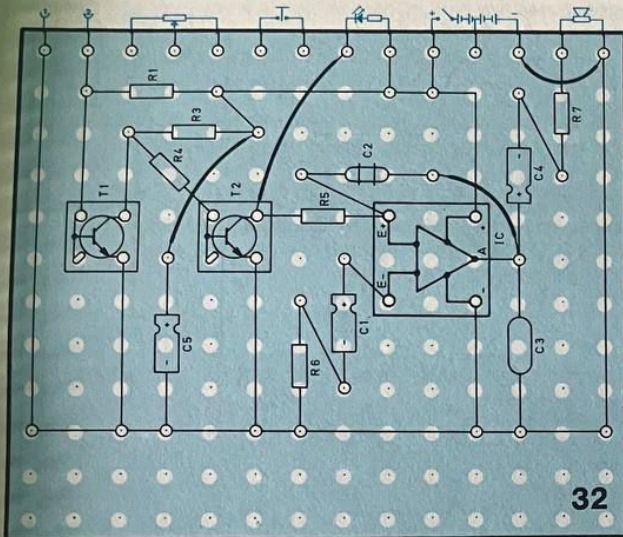
### Lichtgevoelige lichtschakelaar

Wordt door lichtinval op de LDR de weerstand kleiner dan krijgt de basis van transistor  $T_1$  een zo lage spanning dat  $T_1$  spert. De basis van  $T_2$  krijgt via  $R_3/R_4$  een positieve spanning en  $T_2$  geleidt, de LED licht nu op. Als de weerstand van de LDR bij minder licht stijgt, dan geleidt  $T_1$  en  $T_2$  spert. De LED gaat dan uit.

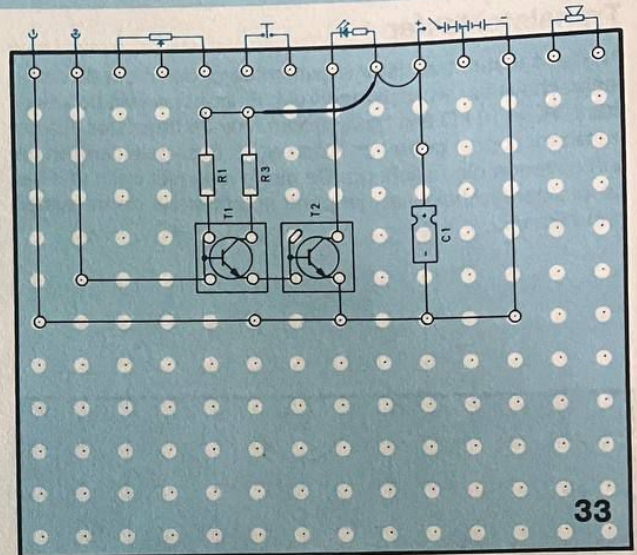
In experiment 32 is de vorige schakeling met een a-stabiele multivibrator met IC uitgebreid. Als  $T_2$  geleidt, krijgt de ingang  $E+$  van het IC een zodanige lage spanning dat deze begint te oscilleren. Dit wordt als toon uit de luidspreker hoorbaar.



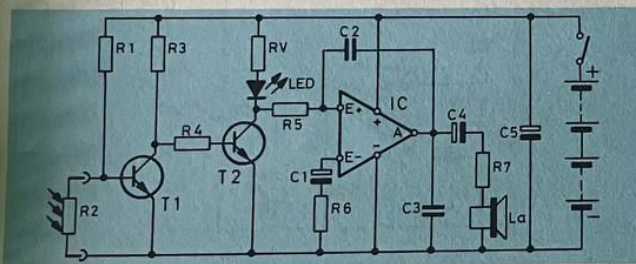
## Van experts voor experts



32

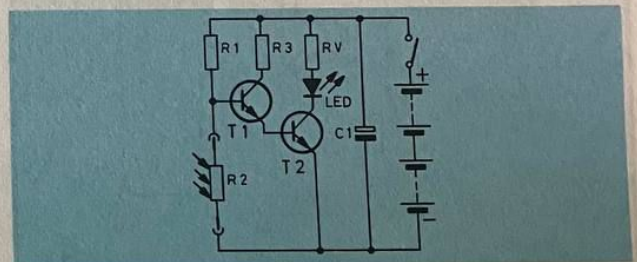


33



In experiment 33 vormt de LDR samen met  $R_1$  een spanningsdeler. De basis van  $T_1$  is via de weerstand  $R_4$  op de spanningsdeler aangesloten. Als er geen licht op de LDR valt, heeft deze een erg hoge weerstand. Daardoor komt er geen positieve spanning op de basis van transistor  $T_1$  en  $T_1$  spert.

Er loopt door de emitter-collectorovergang en daardoor ook via de weerstand  $R_5$  geen collectorstroom. De collector van  $T_1$  en de basis van  $T_2$  hebben daarom een hoge positieve spanning. Daardoor geleidt de transistor  $T_2$  en de LED licht op.



Als er licht op de LDR valt wordt de weerstand kleiner, zodat over  $R_3$ , afhankelijk van de instelling van het glijcontact een hoge spanning valt. Nu kan via  $R_4$  een basisstroom lopen en  $T_1$  geleidt. Transistor  $T_2$  spert en de LED gaat uit. Door de terugkoppeling via de weerstand  $R_6$  wordt bereikt dat de omschakeling snel verloopt.

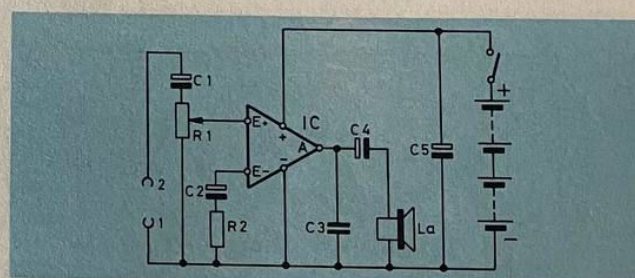
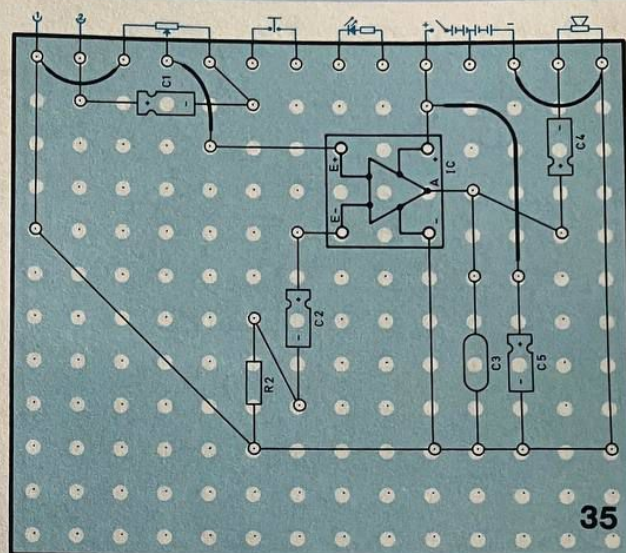
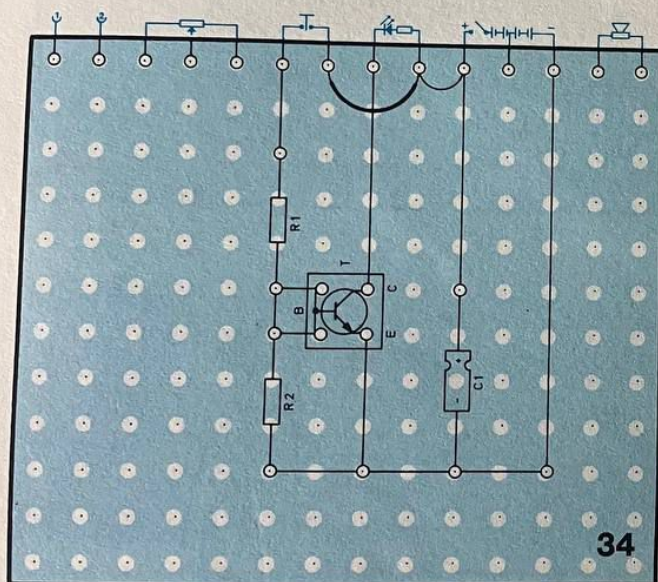
Met de potentiometer  $R_3$  is de gevoeligheid in te stellen en kan de schakeling in de kamer worden ingesteld op een lichtwaarde waarbij het licht automatisch aangaat.



## Van experts voor experts

### Transistortester

Als de te testen transistor is gemonteerd, dan moet de druktoetsschakelaar worden ingedrukt. Er loopt dan via de weerstand  $R_1 = 10\text{ k}\Omega$  een basisstroom naar de transistor. Als de transistor zonder gebreken is dan wordt deze geleidend en de lichtgevende diode licht op. De diode mag niet oplichten als de druktoetsschakelaar geopend is, anders is de transistor onbruikbaar.



### Microfoonversterker

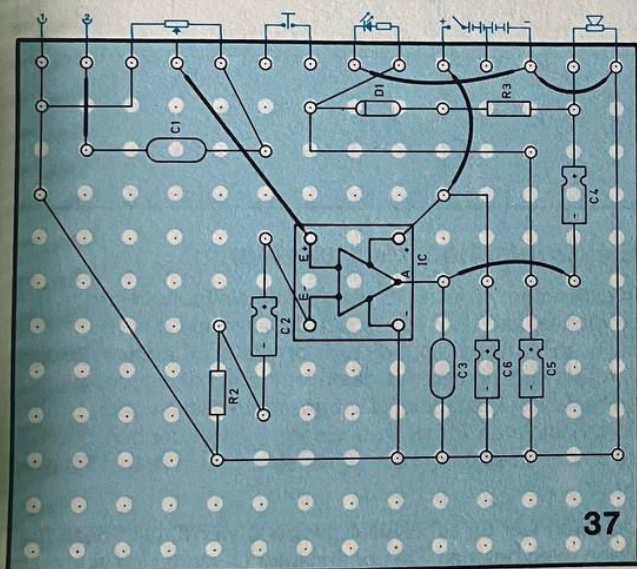
In experiment 35 werkt het IC als versterker. Het signaal gaat via de condensator  $C_1$  en de potentiometer  $R_1$  naar de niet-inverterende ingang  $E+$  van de operationele versterker.  $R_1$  regelt de geluidssterkte.

De condensator  $C_2$  beïnvloedt de in het IC ingebouwde tegenkoppeling. Door de kleine weerstand  $R_2 = 10\text{ }\Omega$ , heft  $C_2$  de verzwakking van het signaal door de tegenkoppeling nageen op. Aan de uitgang verschijnt het versterkte signaal en dit wordt door de luidspreker hoorbaar gemaakt.

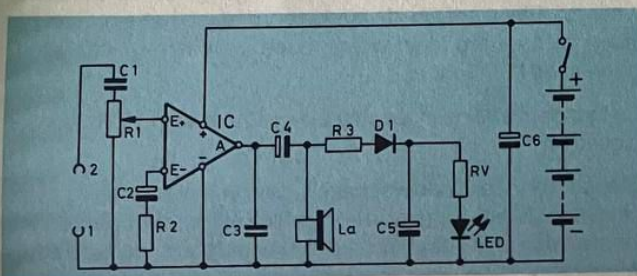


Als het ingangssignaal al relatief sterk is, b.v. van een platen-speler, kan de tegenkoppeling door middel van de weerstand  $R_2 = 100 \Omega$  sterker worden ingesteld. De hoge en lage tonen worden dan ook goed versterkt.

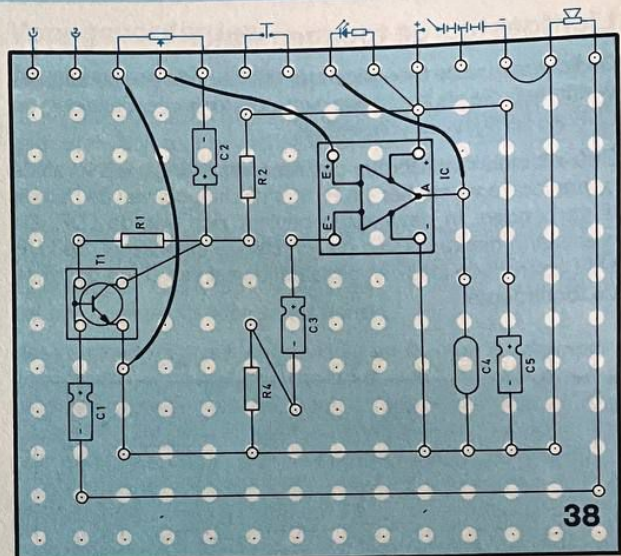
De optische uitsturingsmeter is op de uitgang van de versterker aangesloten. Het laagfrequent signaal gaat via  $R_3$  naar de diode  $D_1$ . Deze richt het gelijk en door dit signaal wordt de condensator  $C_5$  geladen. De spanning over de condensator volgt de hoge signaalgedeelten en geeft dus alleen de veranderingen in geluidssterkte van de lage tonen aan.



37



## Van experts voor experts



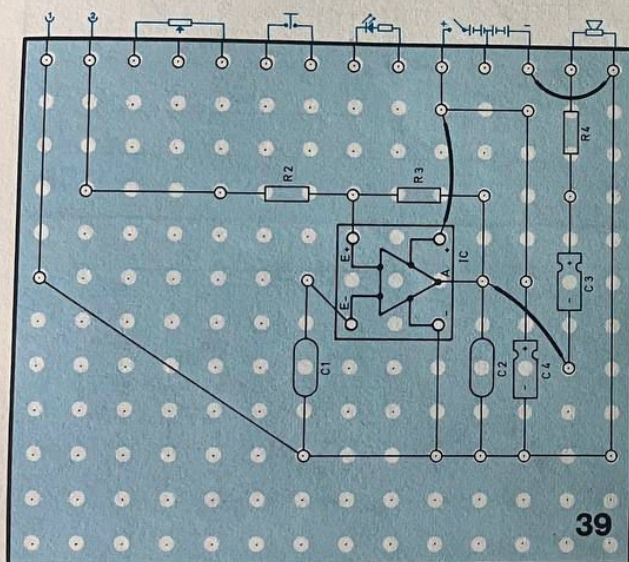


## Van experts voor experts

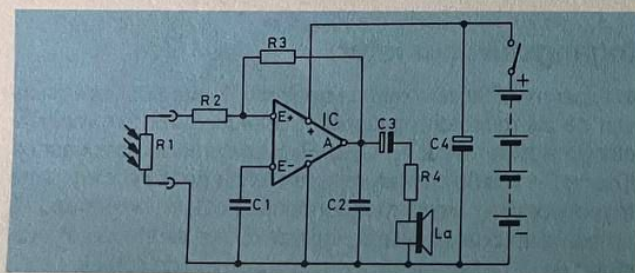
### Lichtgestuurde toongenerator

De lichtgestuurde toongenerator bestaat uit een operationele versterker, die als a-stabiele multivibrator is geschakeld en de LDR als lichtgevoelig onderdeel.

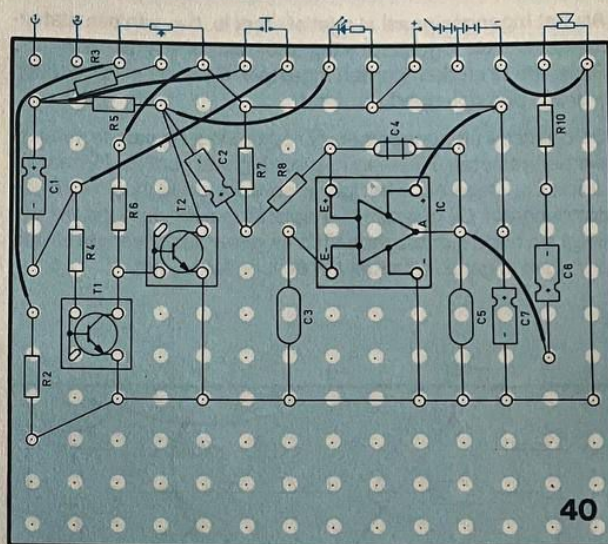
De a-stabiele multivibrator oscilleert, als de ingang E+ van de operationele versterker via R<sub>2</sub> met de minpool van de batterij is verbonden. In deze keten bevindt zich ook de LDR. De weerstand hiervan is van de lichtsterkte afhankelijk. De LDR stelt daarom de laad- en ontlaadtijd vast van C<sub>1</sub> en daarmee de toonhoogte.



39



130



40

### Elektronische tijdschakelaar

In experiment 40 is het IC geschakeld als toongenerator. Het wordt gestuurd door een tijdschakelaar met de transistors T<sub>1</sub> en T<sub>2</sub>. In ruststand licht de LED op die in de collectorleiding van T<sub>2</sub> is opgenomen. Als de drukknop wordt ingedrukt, krijgt de basis van T<sub>1</sub> spanning. De transistor schakelt door. Omdat de collector van T<sub>1</sub> met de basis van T<sub>2</sub> is verbonden, spert T<sub>2</sub> nu omdat de spanning aan zijn basis erg klein is. De LED gaat nu uit.

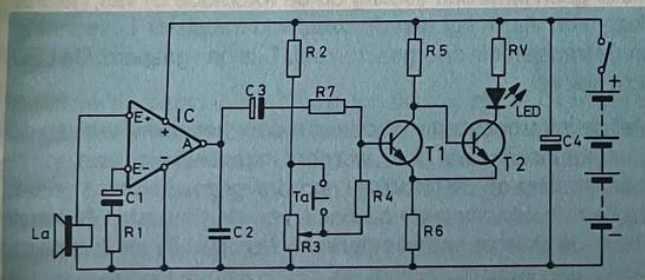
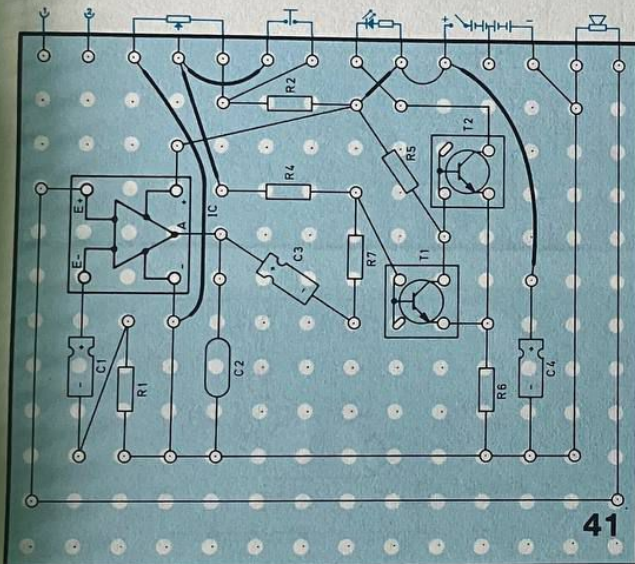
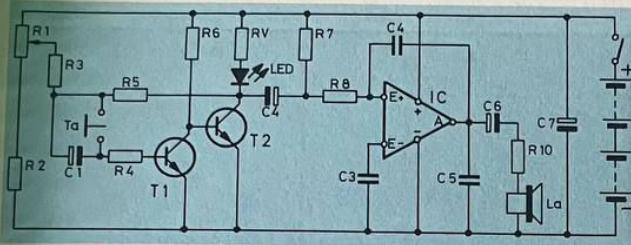
Ook wanneer de schakelaar geopend wordt, blijft deze toestand even bestaan. De condensator C<sub>1</sub> laadt zich langzaam via R<sub>1</sub>/R<sub>3</sub> R<sub>4</sub> en de basis-emitter-overgang van de transistor weer op. Pas wanneer de laadstroom tegen het eind van het laden zakt en erg klein wordt, spert T<sub>1</sub> weer en schakelt T<sub>2</sub> door en de LED licht op.

De tijdsduur van de ingeschakelde situatie kan met R<sub>1</sub> worden ingesteld.

Steeds wanneer T<sub>1</sub> doorschakelt, gaat er een negatieve spanningsimpuls via C<sub>2</sub> naar de ingang E+ van de operationele versterker. Het IC oscilleert kort en er ontstaat een waarschuwingston.



## Van experts voor experts



### Voor gevorderden

#### Applauschakelaar

De schakeling van de akoestische schakelaar bestaat uit twee gedeelten: Een zeer gevoelige versterker voert het geluid, van het in de handen klappen, toe aan een drempelwaardeschakelaar.

De operationele versterker is als microfoonversterker geschakeld. Als microfoon wordt hier de luidspreker gebruikt. De tegenkoppeling is met  $R_1 = 47 \Omega$  en  $C_1 = 10 \mu F$  zo gekozen dat een hoge versterking wordt bereikt.

Het versterkte signaal wordt via  $C_3$  en  $R_7$  naar de drempelwaardeschakelaar met de transistors  $T_1$  en  $T_2$  toegevoerd. De drempelwaardeschakelaar moet zo worden ingesteld, dat deze zich dichtbij het inschakelgeluidsniveau bevindt. Dit punt kan gevonden worden door de potentiometer langzaam rechtsonder te draaien. De juiste instelling is gevonden, als de lichtgevende diode juist uitgaat.

De signaalspanning van de uitgang van het IC stuurt de drempelwaardeschakelaar zo, dat de basisspanning van de transistor  $T_1$  wordt verlaagd. Deze spert en  $T_2$  schakelt door en de LED brandt.

De stroom door  $T_2$  veroorzaakt over de weerstand  $R_6$  die tegelijkertijd ook de emitterweerstand is van  $T_1$  een spanningsverlaging. Het verschil in spanning tussen basis en de emitter van  $T_1$  wordt minder en houdt  $T_1$  in gesperde toestand. Ook als het akoestisch signaal uitblijft. Het akoestisch signaal uitblijft. Het apparaat wordt met de druktoetsschakelaar opnieuw teruggezet.

#### Telefoonsignaalgever

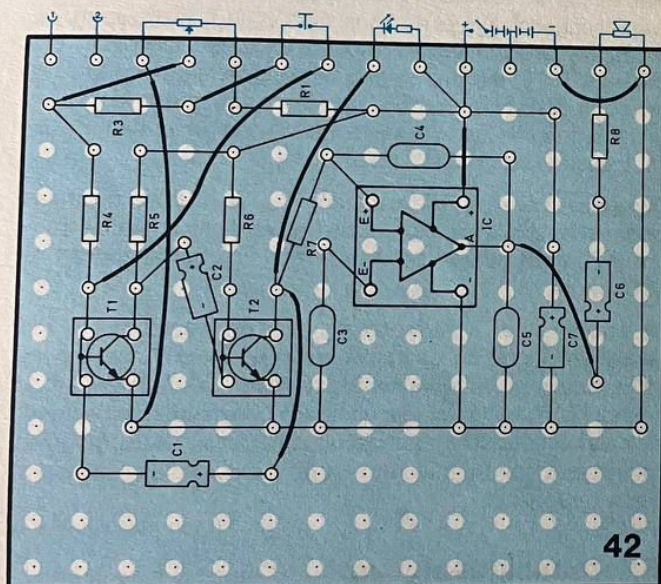
De basis van dit apparaat bestaat uit twee multivibrators. De operationele versterker is als toongenerator geschakeld en de twee transistors geven het ritme aan.

Met de potentiometer  $R_2$  wordt de basisspanning van transistor  $T_1$  geregeld. Als de basis geen spanning krijgt, spert  $T_1$ .  $T_2$  geleidt dan en de LED licht op. Tegelijkertijd oscilleert de toongenerator, omdat de ingang  $E+$  van de operationele versterker via  $R_7$  en de doorgeschakelde transistor  $T_2$  met de minpool van de batterij is verbonden. Een voortdurende toon wordt nu hoorbaar.

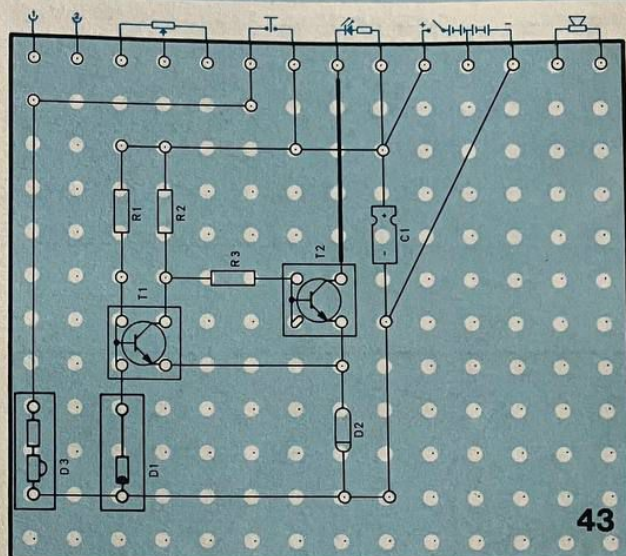
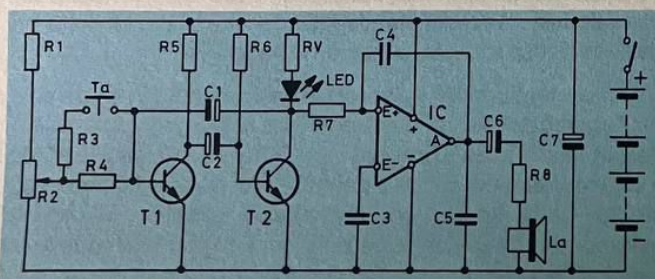


## Van experts voor experts

Als met de potentiometer  $R_2$  een spanning aan de basis van  $T_1$  wordt gelegd, begint de trage multivibrator te oscilleren. Steeds wanneer  $T_2$  is doorgeschakeld, klinkt een toon. Door de waarde van de weerstanden en condensatoren van de langzame multivibrator, ontstaan korte tonen en lange pauzes. Deze toonpauze verhoudingen kunnen met de druktoetschakelaar worden veranderd. De weerstand  $R_3$  wordt dan parallel geschakeld aan  $R_4$ . De pauzes worden dan aanmerkelijk verkort zodat dan een geluid klinkt als de in gesprekstoel van de telefoon.



42



43

## Infrarode straling

Als er geen infrarode straling op de fotodiode  $D_1$  valt, geleidt deze niet. Via  $R_1$  ligt aan de basis van transistor  $T_1$  spanning en de transistor is doorgeschakeld.  $T_1$  is dan gesperd. De LED licht niet op.

Met de infrarood-zenderdiode, die door het indrukken van de druktoetsschakelaar kan worden ingeschakeld, kan infrarood-straling op de fotodiode worden gegeven. Deze geleidt dan en de spanning op de basis van de transistor  $T_1$  wordt onder de drempelwaarde gedrukt. Nu spert  $T_1$  en  $T_2$  geleidt. De lichtgevende diode licht op.

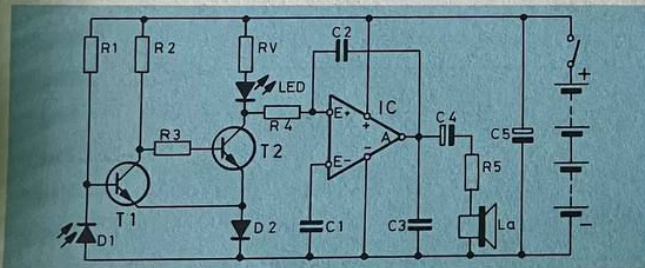
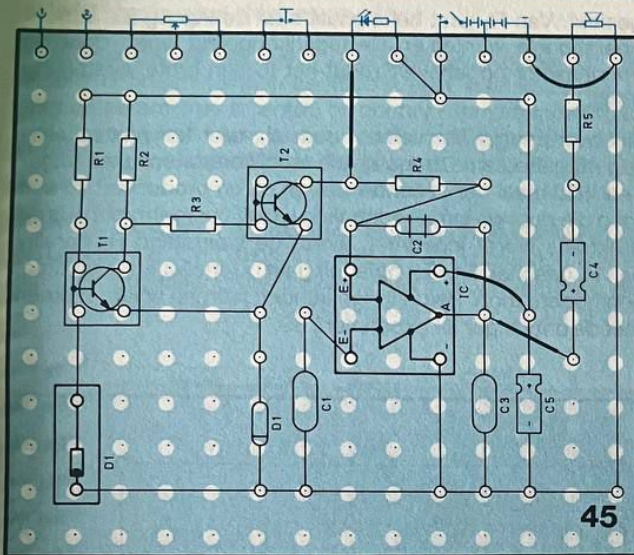


## Van experts voor experts

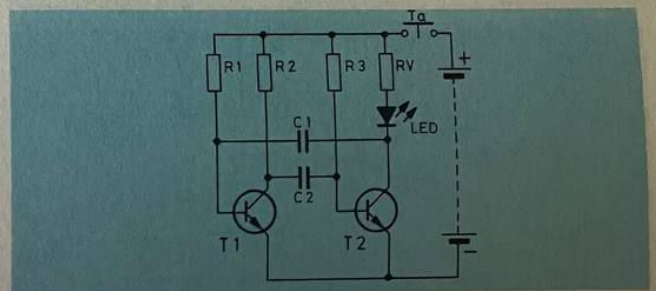
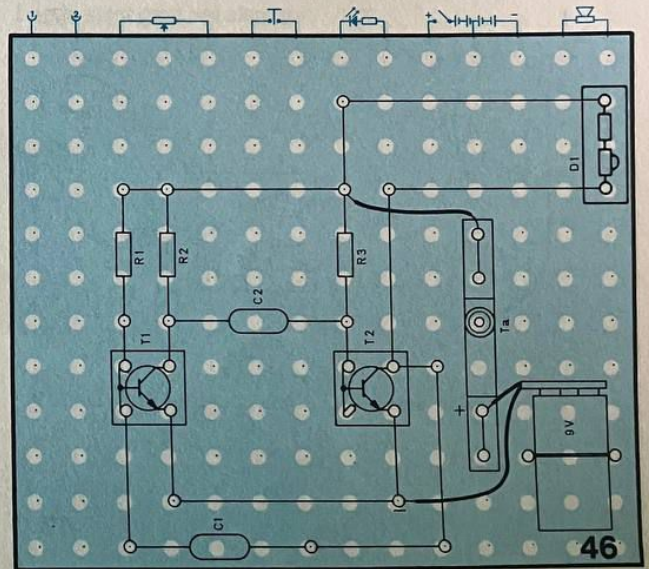
### Infrarood-zender en ontvanger

In dit experiment werkt een a-stabiele multivibrator als oscillator. De infrarood zenderdiode  $D_1$ , is in de collectorkring van transistor  $T_2$  opgenomen. Omdat  $C_1$  en  $C_2$  een verschillende waarde hebben, zijn de pauzes en de oplichtingstijden verschillend. Met de druktoetsschakelaar wordt de zender in- en uitgeschakeld en kunnen er zo morsetekens worden overgeleind.

De multivibrator schakelt ongeveer 800 maal per seconde aan en uit. Omdat infraroodlicht onzichtbaar is, kan de werking worden onderzocht met de ontvanger volgens experiment 47.



In het verdere gedeelte van de schakeling stuurt de uitgang van de drempelwaardeschakelaar een toongenerator met de operationele versterker IC. Schakelt  $T_2$  door, dan krijgt de ingang  $E+$  van het IC via  $R_4$  een zo'n kleine lage spanning dat deze gaat oscilleren. De luidspreker laat een waarschuwingston horen en de lichtgevende diode geeft een optische aanduiding voor het aanwezig zijn van infrarood licht





## Van experts voor experts

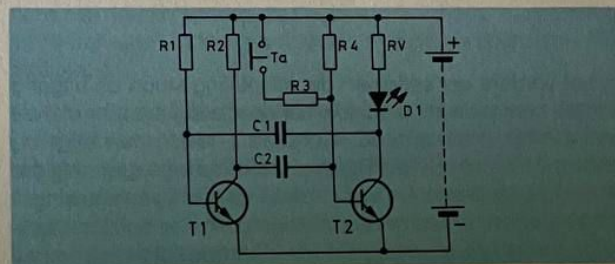
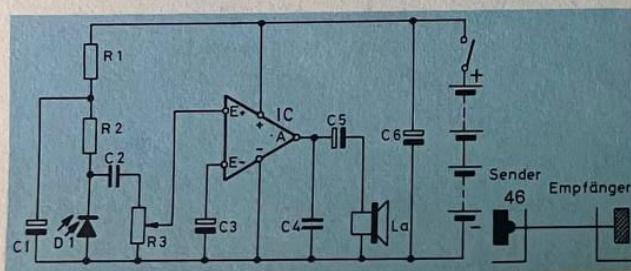
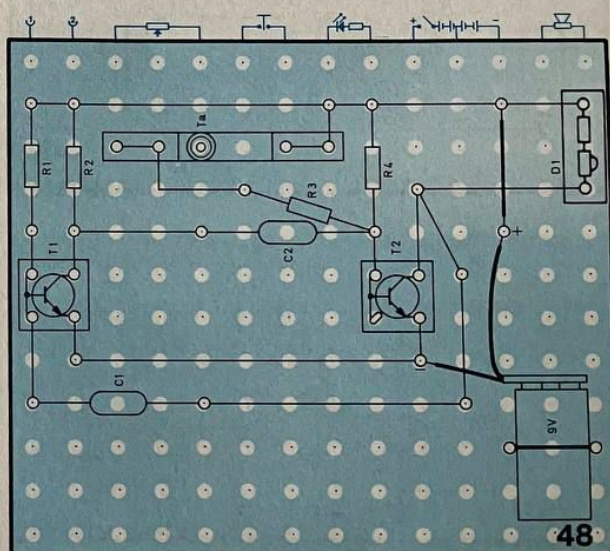
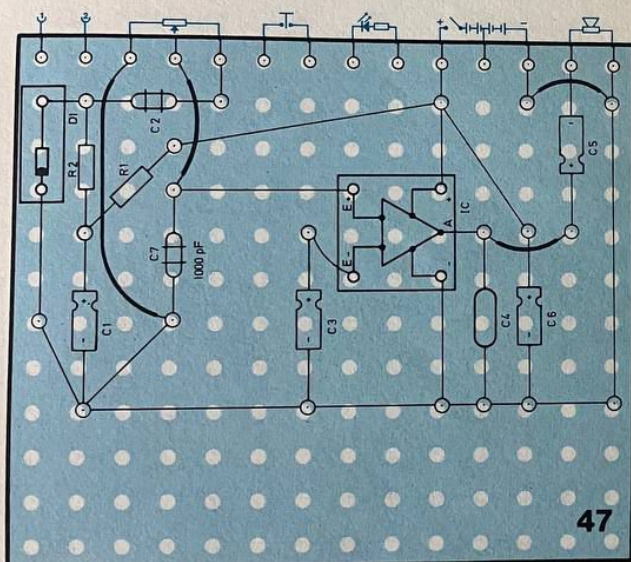
### Ontvanger

In de schakeling fungeert de geïntegreerde schakeling als versterker en de infrarood - fotodiode als sensor voor de infrarood-straling. De fotodiode krijgt via weerstand  $R_1$  en  $R_2$  een kleine voorspanning, zodat deze spert. De condensator  $C_1$  zorgt ervoor dat er geen variërende voedingsspanning invloed op de diode en op de ontvangst kan hebben.

Als de infrarode straling van de zender, uit experiment 46, de infrarood-fotodiode raakt, wordt deze geleidend en het wisselspanningsgedeelte gaat via de condensator  $C_2$  naar de potentiometer  $R_3$ . Hiermee kan de geluidssterkte worden in-

gesteld. Van  $R_3$  gaat het signaal naar de ingang  $E+$  van de operationele versterker. De tegenkoppeling wordt door de condensator opgeheven zodat het IC een grote versterking heeft.

Het overbrengen van verschillende signalen kan met schakeling 48 gebeuren. De a-stabiele multivibrator schakelt ongeveer 800 maal per seconde aan en uit en produceert zo een toon die door de infraroodstraling wordt overgebracht. Als de druktoets wordt ingedrukt, wordt de weerstand  $R_3$  parallel aan  $R_4$  geschakeld. Het opladen gaat nu sneller en er ontstaat een hogere toon. Beide tonen kunnen worden waargenomen met de ontvanger uit experiment 39



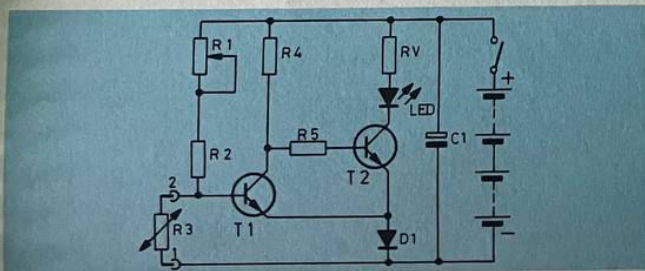
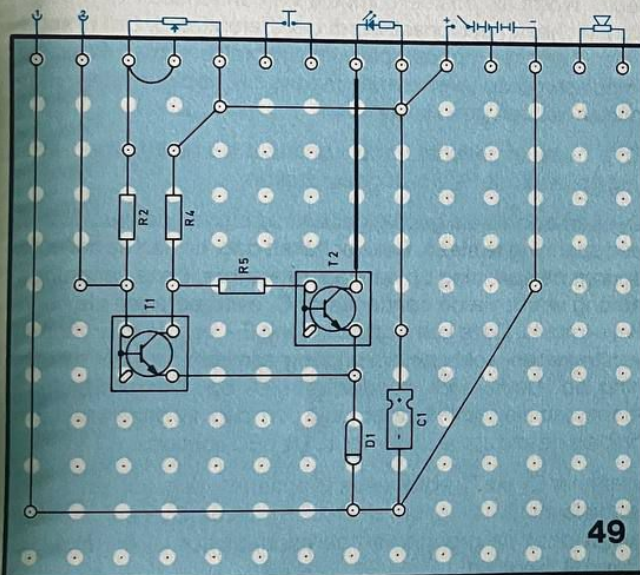


## Van experts voor experts

### Elektronische thermometer

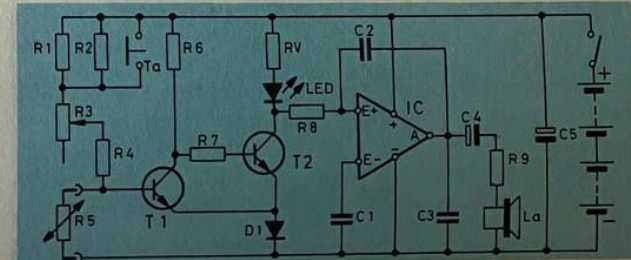
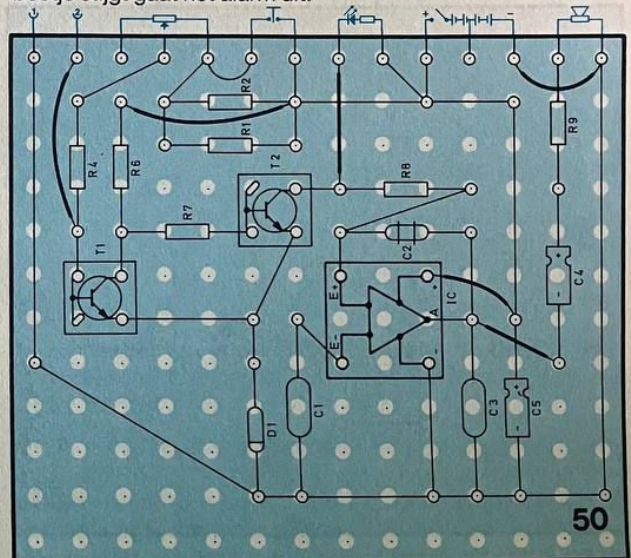
In experiment 49 wordt een drempelwaardeschakelaar gestuurd door een temperatuurafhankelijke weerstand (NTC). Met de potentiometer wordt, bij normale kamertemperatuur, de spanning aan de basis van transistor  $T_1$  zo ingesteld dat deze juist doorschakelt.  $T_2$  is dan gesperd en de LED licht niet op.

Bij hoger wordende temperatuur wordt de weerstand van de NTC  $R_3$  kleiner. Omdat de NTC met  $R_2$  en de potentiometer  $R_1$  als spanningsdeler is geschakeld, daalt de basisspanning van de  $T_1$ . De transistor spert,  $T_2$  schakelt door en de LED licht op.



Het experiment 50 kan worden verfijnd en uitgebreid. Op de drempelwaardeschakelaar van experiment 125, kan een a-stabiele multivibrator met de operationele versterker worden aangesloten. Steeds wanneer transistor  $T_2$  doorschakelt, werkt de multivibrator en de luidspreker laat een waarschuwingston horen.

Het apparaat kan ook eenvoudig worden geijkt. Met de druktoetsschakelaar worden de parallel geschakelde weerstanden  $R_1/R_2$  kortgesloten. In de spanningsdeler aan de ingang van de schakeling wijzigt de spanning zich maar matig. Met  $R_3$  wordt nu met ingedrukte schakelaar de spanning zo ingesteld dat het alarm aangaat. Wordt de schakelaar geopend dan stopt de waarschuwingston. Als de temperatuur een beetje stijgt gaat het alarm uit.



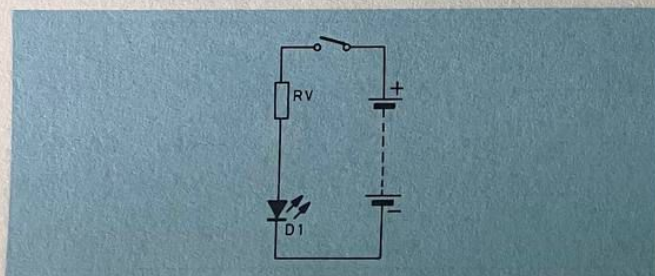
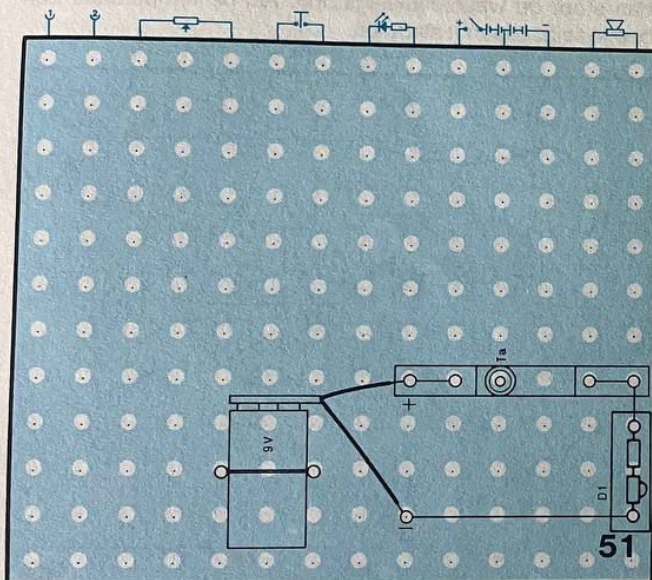


## Van experts voor experts

### Afstandsbediening

Experiment 51 is een infrarood-zender. Bij het indrukken van de druktoetsschakelaar loopt er een stroom door de infrarood-zenderdiode. Door bepaalde werkingen in het grensgebied tussen de N-en de P-laag wordt dan infrarood-straling opgewekt. Deze straling is onzichtbaar. Dit is de reden dat het werken van de zender alleen met een infrarood-ontvanger kan worden getest.

De zender kan alleen werken als de infrarood-zenderdiode in doorlaatrichting is geschakeld. In sperrichting ontstaat geen straling.



In experiment 52 werkt de operationele versterker (IC) als monostabiele multivibrator. Deze wordt zo aangestuurd dat alleen onderbroken signalen de schakeling kunnen laten werken. Deze worden versterkt met een transistor.

In ruststand krijgt transistor  $T_1$  via  $R_1$  een basisspanning en geleidt. Zolang de stroom door de transistor niet verandert, wordt via de condensator  $C_1$  geen spanning afgegeven.

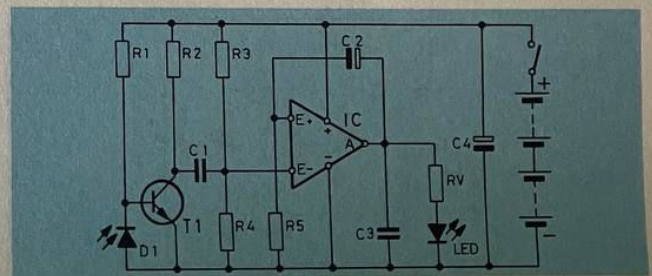
Als de diode  $D_1$  nu infrarode straling opvangt, wordt ze geleidend.

De spanning aan de basis van  $T_1$  zakt onder de drempelwaarde. Transistor  $T_1$  spert. De spanningsverandering aan de collector wordt als positieve impuls via condensator  $C_1$  afgegeven, dit heet: het signaal wordt gedifferentieerd. Om te schakelen heeft de monostabiele multivibrator echter negatieve impulsen op de inverterende ingang  $E_-$  nodig, positieve impulsen hebben geen invloed.

Zo'n negatief gerichte impuls ontstaat als de infrarood-straling op de diode  $D_1$  wordt onderbroken.

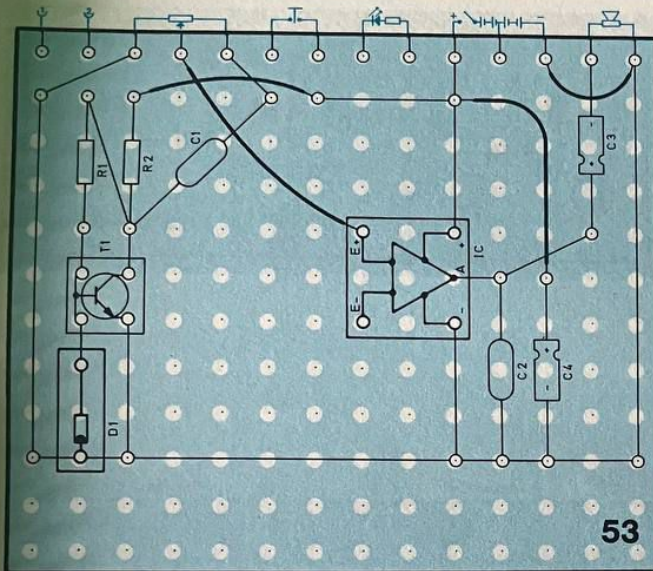
$D_1$  spert dan en als gevolg daarvan komt aan de basis van  $T_1$  een spanning te staan. Deze schakelt door en aan de collector springt de spanning op een lagere waarde. Deze spannings-sprong wordt via de condensator  $C_1$  overgedragen als negatieve impuls. Deze komt op de ingang  $E_-$  van de operationele versterker en wekt aan zijn uitgang een korte positieve spanning op. Deze laadt condensator  $C_2$  op. Daarom blijft de monostabiele multivibrator ook dan nog in deze toestand, ook als de impuls verdwenen is. De LED licht op.

Wanneer  $C_2$  via  $R_5$  voldoende is ontladen, schakelt de monostabiele multivibrator om en de LED gaat uit. De inschakelduur wordt door de grootte van de condensator  $C_2$  en de weerstand  $R_5$  bepaald.

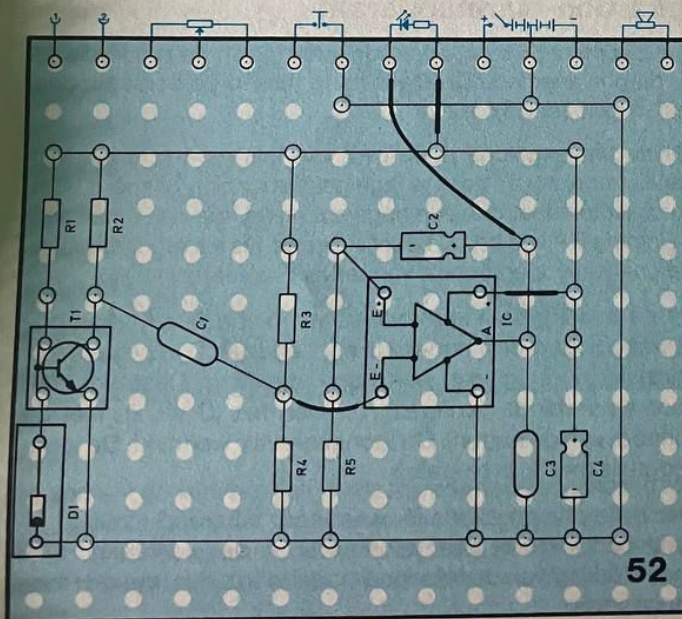




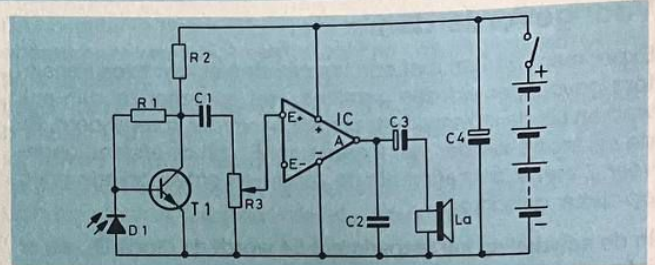
## Van experts voor experts



53



52



De schakeling van experiment 53 bestaat uit de diode als infrarood-sensor, transistor T<sub>1</sub> als voorversterker en het IC als eindversterker.

Infrarood-straling van afstandsbedieningen werkt met tonen. De straling wordt in het ritme van de schakelsnelheid (frequentie) van de toon onderbroken. Dit gebeurt afhankelijk van de toonhoogte ongeveer 400 tot 2000 maal per seconde. Als zo'n straling, die toon gemoduleerd wordt genoemd, op de infrarood-ontvangstdiode valt, wordt deze in het ritme van de toonfrequentie geleidend.

Daardoor ontstaat aan de basis van transistor T<sub>1</sub> een spanning, die dit ritme volgt. Deze wordt door de transistor versterkt en via C<sub>1</sub> en R<sub>3</sub> naar de operationele versterker (IC) gevoerd. Uit de luidspreker wordt dan de toon hoorbaar waarmee de infrarood-straling was gemoduleerd.

De geluidsstrekte kan met potentiometer R<sub>3</sub> worden geregeld. De reikwijdte van het apparaat is ca. 30 cm.

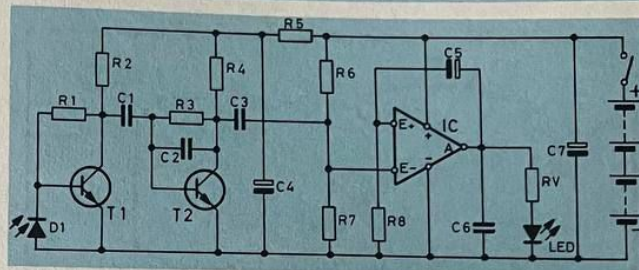
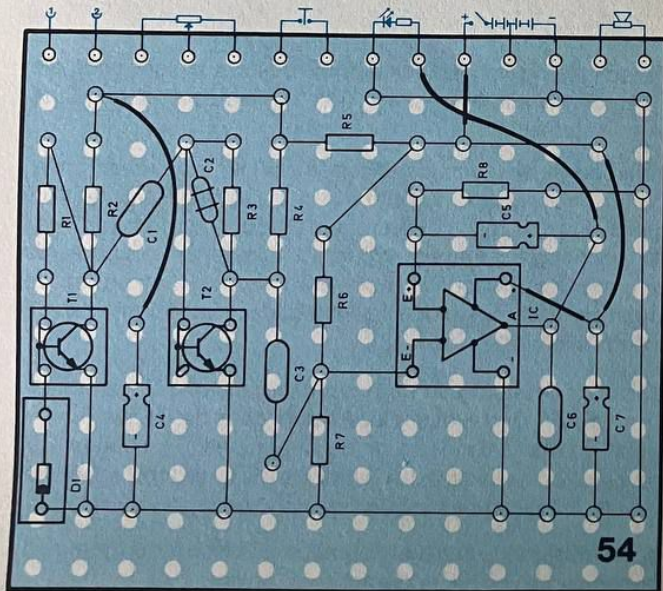


## Van experts voor experts

### Voor gevorderden

Experiment 54 kan met een voorversterker met twee transistors gevoeliger worden gemaakt. Het apparaat zal dan ook werken als de infrarood-stralingsbron verder is verwijderd. Bij de infrarood-zender van experiment 51 zal de afstand ongeveer 2 meter bedragen als de zend- en ontvangdiode goed op elkaar gericht zijn.

In de schakeling van experiment 54 wordt de diode  $D_1$ , als er infrarood-licht opvalt, geleidend. De basis van transistor  $T_1$  krijgt dan niet meer voldoende spanning om de transistor door te schakelen, deze spert. De spanningstoename aan de collector wordt gedifferentieerd, dat betekent dat deze als positieve impuls via condensator  $C_1$  naar de basis van  $T_2$  gevoerd wordt. Deze transistor schakelt door en de spanning aan zijn collector valt snel af. Deze wordt als negatief gerichte impuls via  $C_3$  naar de inverterende ingang  $E-$  van de operationele versterker gestuurd, die als monostabiele multivibrator is geschakeld.  $C_5$  en  $R_8$  zijn zo bemeten, dat de LED ca. 20 seconden is ingeschakeld.



### Infrarood-alarmapparaat

In experiment 55 raakt infrarode straling van de zenderdioden  $D_1$  de ontvangdioden  $D_2$ . De afstand tussen de beide dioden mag maximaal 4,5 cm zijn.

Als de ontvangdioden door inval van infrarood-licht geleiden, dan is transistor  $T_1$  door te lage basisspanning gesperd. Aan de collector staat dan een hoge spanning, die via  $R_3$  ook aan de ingang  $E+$  van het IC beschikbaar is. De als toongenerator geschakelde operationele versterker oscilleert niet.

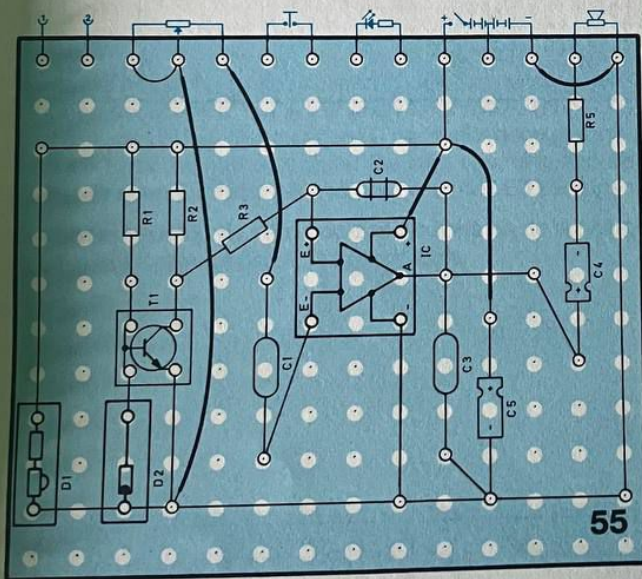
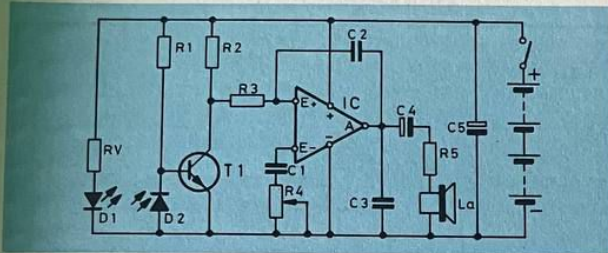
Als de straal tussen infrarood-zenderdioden  $D_1$  en infrarood-ontvangdioden wordt onderbroken, dan spert  $D_2$ . De basis van transistor  $T_1$  krijgt dan een hoge spanning. Deze schakelt door en verbindt de ingang  $E+$  van het IC via  $R_3$  met de minpool van de batterij. De toongenerator werkt nu. De toonhoogte is met  $R_4$  in te stellen.

Wordt de ontvangdioden  $D_2$  weer door infrarood-straling geraakt dan klinkt er geen toon meer uit de luidspreker. Elke onderbreking van de infrarood-straal wordt dus met een toon aangegeven.

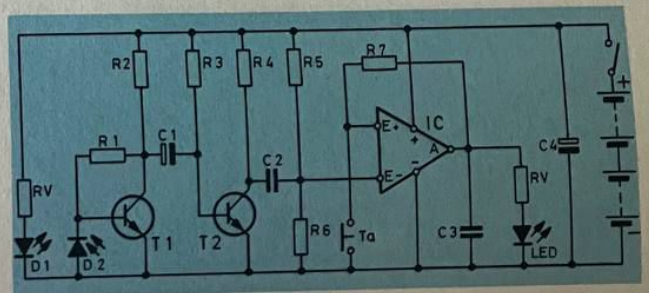
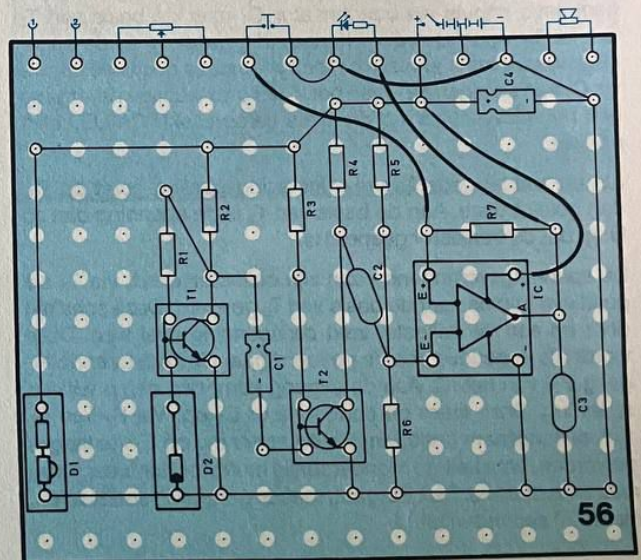


## Van experts voor experts

Een negatieve spanningsimpuls aan de ingang E- van de operationele versterker veroorzaakt aan de uitgang een positieve spanning. Deze werkt terug via R<sub>7</sub> op de ingang E+ en houdt deze schakelstand vast. De LED blijft voortdurend branden. Deze gaat pas uit als de druktoetsschakelaar wordt ingedrukt. Hierdoor wordt de positieve spanning van E+ met de minpool van de batterij kortgesloten en de bistabiele multivibrator schakelt terug naar de uitgangssituatie.



Experiment 56 kan met een kleine ingreep in de schakeling zo worden veranderd dat een eenmalige onderbreking van de infrarood-straal een voortdurend ingeschakeld zijn veroorzaakt. Hiertoe wordt het IC als bistabiele multivibrator gebruikt.





## Van experts voor experts

### Infrarood-lichtschakelaar

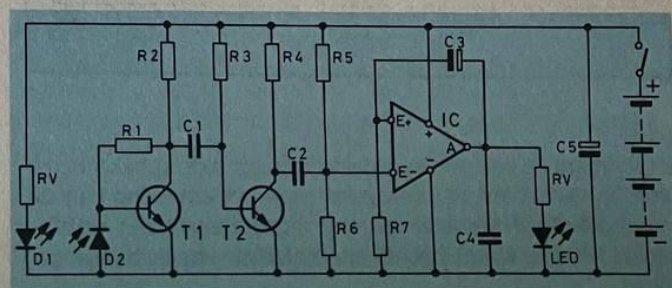
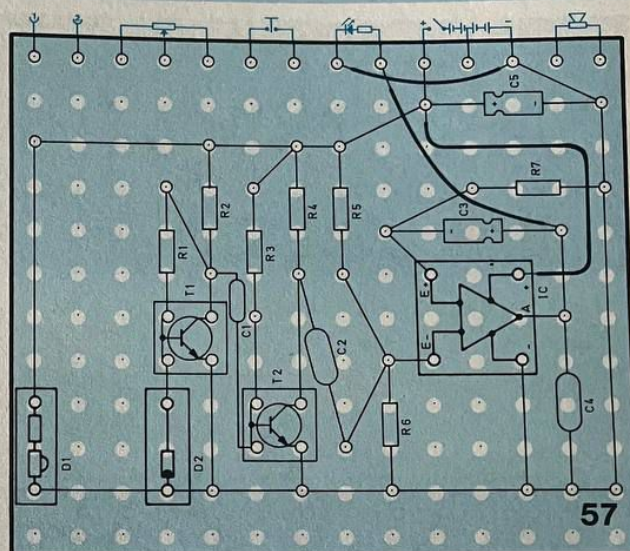
De schakeling van experiment 57 bestaat uit een monostabiele multivibrator, die met een IC is gebouwd, de versterker met de transistors  $T_1$  en  $T_2$  en de infraroodzender met de zenderdiode.

Na het inschakelen licht de LED niet op. De infrarood-lichtdiode straalt echter wel op de ontvangendiode  $D_2$ .

Als de infrarood-straal wordt onderbroken, geleidt de ontvangendiode  $D_2$  niet en er staat een hoge spanning op de basis van transistor  $T_1$ . Deze schakelt door. De spanning aan de collector zakt nu snel. Deze spanningsverandering wordt als negatieve impuls via condensator  $C_1$  naar de basis van  $T_2$  geleid.  $T_2$  wordt daardoor kortstondig gesperd en de spanningsverandering aan zijn collector komt als positieve impuls via  $C_2$  aan de ingang  $E-$  van het IC. Er ontstaat aan de uitgang een negatieve spanning die niets veroorzaakt. De LED blijft donker.

Als de zenderdiode  $D_1$  weer infrarood-straling geeft op  $D_2$ , dan geleidt deze. Aan de basis van  $T_2$  is de spanning dan zo laag, dat de transistor gesperd is.

De spanningsverandering aan zijn collector wordt via  $C_1$  als positieve impuls naar de basis van  $T_2$  gevoerd. Deze schakelt door en aan de collector zakt de spanning snel weg. Deze wordt als negatieve impuls gevoerd naar de inverterende ingang  $E-$  van het IC. Aan de uitgang komt dan een positieve spanning. Deze laadt de condensator  $C_3$  op. Via  $R_7$  kan  $C_3$  zich nu langzaam ontladen. Als de spanning op  $E+$  te laag is geworden, schakelt de monostabiele multivibrator weer terug naar de ruststand. De LED gaat, met de gebruikte onderdelen, na ca. 20 seconden uit.





## Van experts voor experts

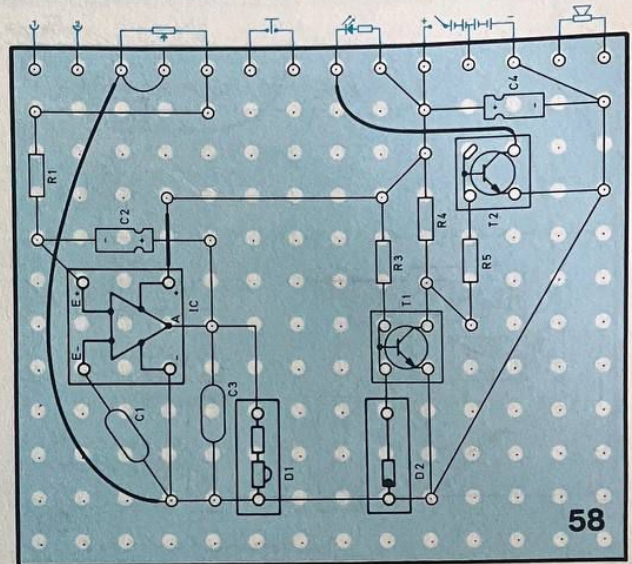
### Dimmer met afstandsbediening

De schakeling van experiment 58 bestaat uit twee gedeelten. Een astabiele multivibrator wekt langzame trillingen op en stuurt een infrarood-zenderdiode. Twee transistors werken als versterker. Deze versterken de door de infrarood-fotodiode opgevangen stralingsimpulsen.

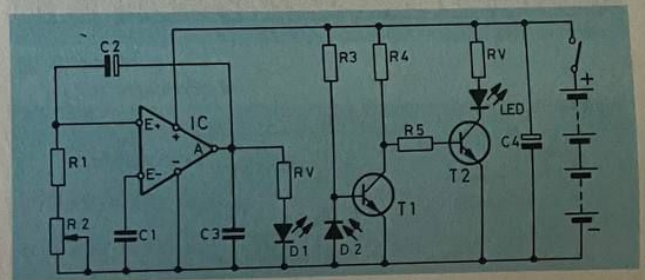
De operationele versterker (IC) is geschakeld als astabiele multivibrator. De schakelsnelheid wordt bepaald door de condensator  $C_2$ , de weerstand  $R_1$  en de potentiometer  $R_2$ . Ze kan worden geregeld met  $R_2$ . Op een eenvoudige manier kan de werking van de astabiele multivibrator worden getest. Als de infrarood-lichtdiode even door de LED wordt vervangen moet deze oplichten.

De infrarood-impulsen van de zenderdiode  $D_1$  worden door de ontvangdiode  $D_2$  opgevangen.  $D_2$  wordt in het ritme van de infrarood-straling geleidend en bepaalt de spanning aan de basis van de transistor  $T_1$ . Als  $D_2$  geleidt, is  $D_1$  gesperd, en aan zijn collector ligt dan een hoge spanning. Deze ligt via de weerstand  $R_5$  ook aan de basis van  $T_2$ . De transistor schakelt door en de LED licht op. Als er geen infrarood-straling op  $D_2$  valt gaat de LED uit.  $D_2$  spert dan,  $T_1$  houdt een hoge spanning aan de basis en schakelt door. De lage spanning aan zijn collector spert  $T_2$ , zodat geen stroom door de LED kan lopen.

De afstand tussen de infrarood-zenderdiode en de ontvangdiode mag niet meer dan 4,5 cm bedragen.

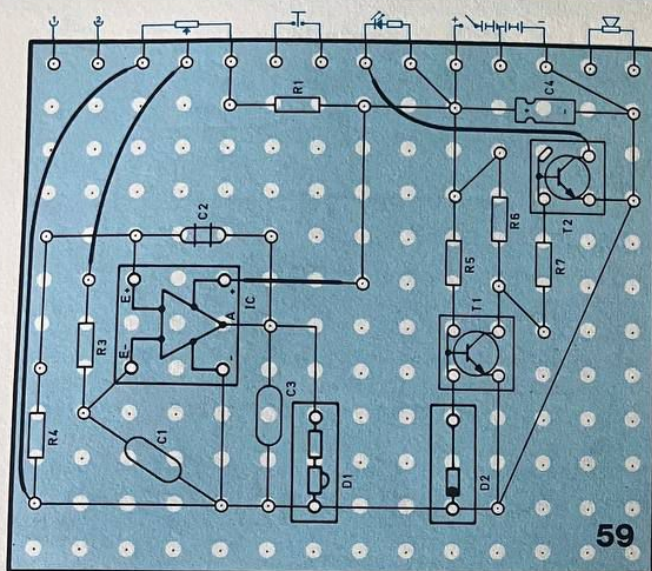


58





## Van experts voor experts



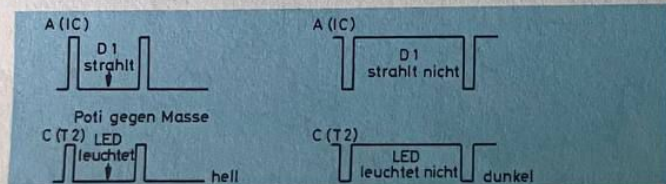
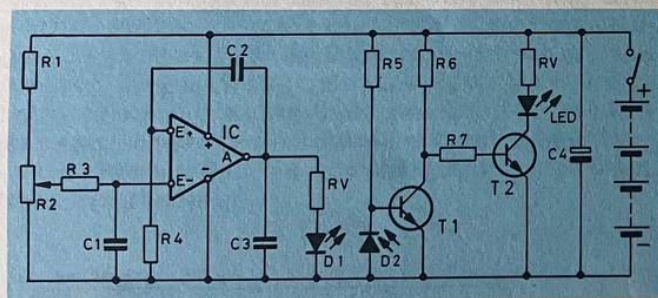
Een verandering in de schakeling van experiment 59 geeft de mogelijkheid, met infrarood-licht de helderheid van de lichtgevende diode te regelen.

De astabiele multivibrator met de operationele versterker (IC) oscilleert in deze schakeling snel, omdat de waarde van de condensator van 10.000 pF laag is gekozen. Aan de ingang E- kan met de potentiometer R<sub>2</sub> de spanning zo worden veranderd dat de in- en uitschakeltijden verschillend zijn. Anders gezegd de impuls-pauze verhouding is verschillend instelbaar.

Krijgt de ingang E- van de operationele versterker via de potentiometer geen spanning, dan zijn de pauzes kort en de oplichtingstijden lang. Als er via R<sub>2</sub> echter spanning ligt aan E- dan licht de LED kort op en zijn de pauzes lang.

Het trillen gaat zo snel, dat het oog dit niet kan volgen. Bij lang oplichten en korte onderbrekingen ontstaat de indruk dat de lichtgevende diode voortdurend helder oplicht. Bij kort oplichten met lange pauzes lijkt het of de LED zwak oplicht.

Het signaal wordt door de infrarood-zenderdiode D<sub>1</sub> overgedragen naar de ontvangerdiode D<sub>2</sub>. De transistors T<sub>1</sub> en T<sub>2</sub> versterken dit en de LED licht, afhankelijk van de instelling van de potentiometer R<sub>2</sub>, helderder of donkerder op.





## Inhoud Electronic-Profi-Lab D

### Experiment

#### Experiment en werkelijkheid Van experts voor experts

- 1 Geluidsterkte-meetapparaat
- 2 Elektronische thermometer voor meten op afstand
- 3 Lux-meter
- 4 Toerentalmeter
- 5 Frequentiemeetapparaat
- 6 FET-voltmeter
- 7 Lineaire ohmmeter
- 8 Transistor-meetapparaat
- 9 Elektronische toongenerator
- 10 Elektronische deurbel
- 11 Bongotrommel
- 12 Elektronische bastrommel
- 13 Slagbezem
- 14 Dimmer
- 15 UKG-radio-ontvanger
- 16 UKG-radio-ontvanger met zenderzoeker
- 17 Belichtingstijdschakelaar
- 18 Belichtingstijdschakelaar met akoestische indicatie
- 19 Leugendetector
- 20 Mengpaneel
- 21 Tweekanaals lichtorgel
- 22 Elektronische eierwekker
- 23 Draadloos gestuurd verkeerslicht
- 24 Halfautomatische morsesleutel

### Experiment

#### Metingen aan elektronische schakelingen

- 25 Universeelmeter
  - Meten van stroomsterkten
  - Meten van spanningen
  - Meten van weerstanden
- Wet van Ohm
- 26 Spanning
- 27 Stroomsterkte
- 32 Weerstand
- 32 Spanningsdeling
- 36 Serieschakeling
- 43 Parallelschakeling
- 47 Potentiometer
- 48 Spanningsdeling
- 52 Weerstanden
- 54 LDR - lichtgevoelige weerstand
- 55 NTC - temperatuurafhankelijke weerstand
- 56 Condensatoren
- 59 Het laden van een condensator
- 62 Het laden van condensatoren bij serieschakeling
- 64 Integratieschakeling
- 68 Differentieschakeling
- 71 Luidspreker
- 72 Spoel
- 75 Transformator
- 78 Inductie
- 80 Sperrichting
  - Halfgeleiderdiode
- 81 Doorlaatrichting
- 86 Karakteristiek
- 88 Zenerdiode
- 90 Capaciteitsdiode



## Inhoud Electronic-Profi-Lab D

### Experiment

- Metingen aan transistors
- 92 Basis-emitter circuit
  - 94 Basis-collector circuit
  - 96 Emitter-collector circuit
  - 98 Transistor als schakelaar
  - 99 Stroomversterking van de transistor
  - 102 Spanningsversterking van de transistor
  - 104 Tweetraps-versterker
  - 105 Bistabiele multivibrator
  - 106 Schmitt-trigger
  - 108 Het opwekken van een spanningsimpuls
  - 109 Monostabiele multivibrator
  - 110 Astabiele multivibrator
  - 111 Infrarood licht
  - 112 Operationele versterker
  - 113 FET: veldeffect-transistor
  - 117 Opnemen van de karakteristiek
  - 118 Spanningsversterking
  - 119 FET-OP-versterker
  - 120 Instellen van het werkpunt
  - 126 Bistabiele multivibrator
  - 128 Integrator
  - 129 Oscillator
  - 130 Spanningsmeting

144

### Experiment

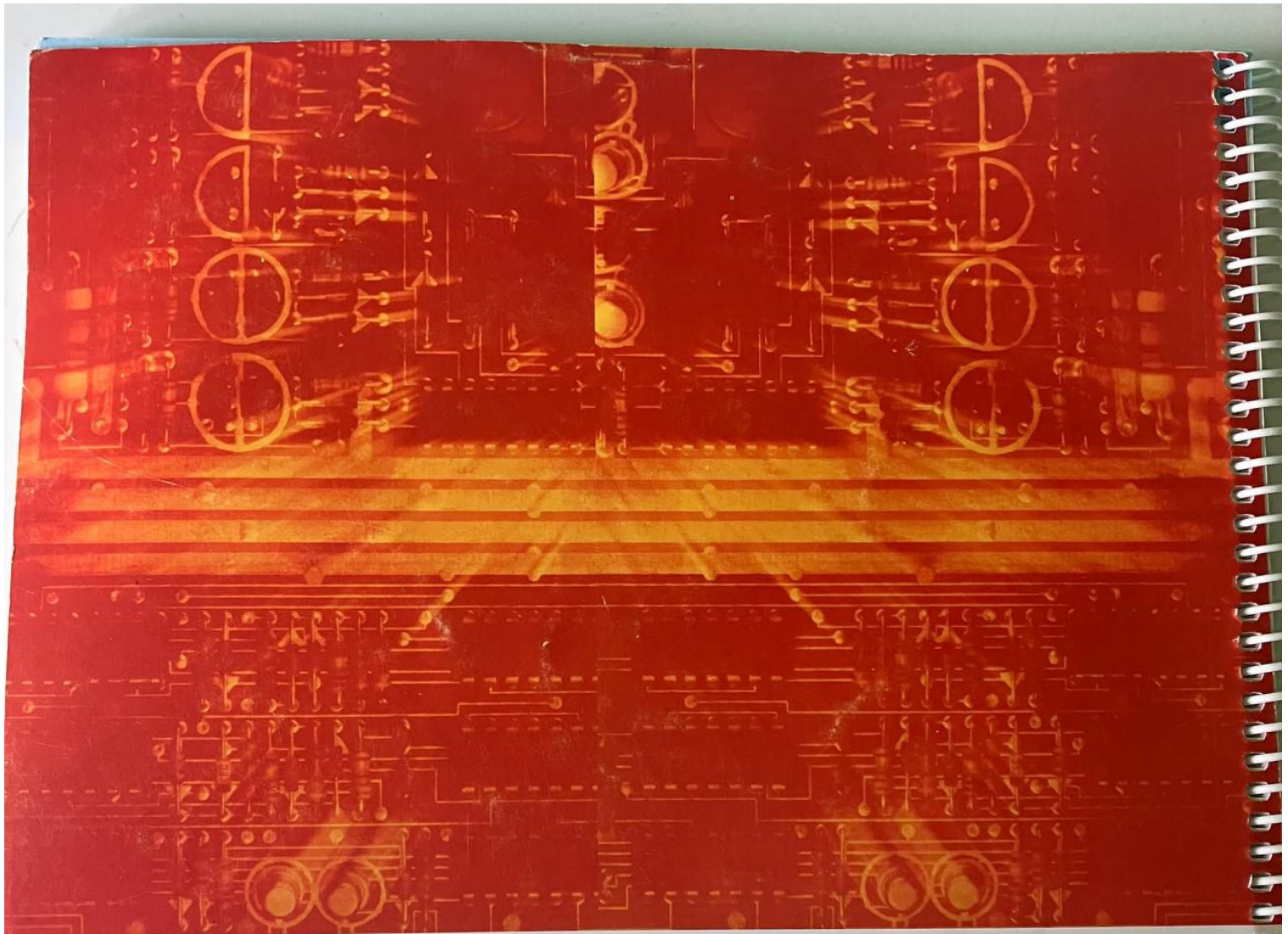
#### Meetpraktijk

- Meten van stroomsterkten
- Meten van spanningen
- Meten van weerstanden
- Doormeten van schakelingen
- Elektronische deurbel
- Mengtafel
- Middengolfontvanger

#### Technische gegevens

- Weerstanden
- Keramische condensatoren
- Folie-condensatoren
- Elektrolytische condensatoren
- NTC
- LDR
- Spoel
- Luidspreker
- Dioden
- Transistors
- Geïntegreerde schakelingen
- Morse-alfabet
- Symbolische voorstellingen





Philips Nederland  
Afd. TSCA, Onderdelen  
Eindhoven

NL

Wijzigingen voorbehouden  
41106/663330