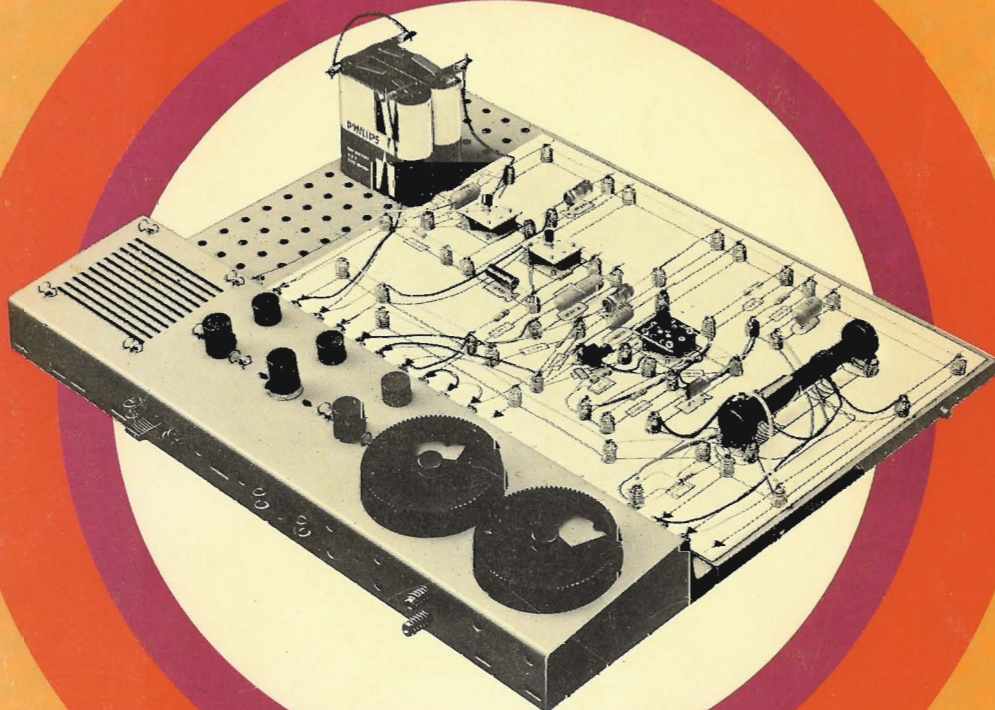


PHILIPS



INLEIDING TOT DE ELEKTRONICA

**HANDLEIDING
VOOR DE BOUWDOZEN
EE 2003, EE 2050, EE 2051,
EE 2052 EN EE 2041.**



**Inleiding
tot de elektronica**

**Handleiding
voor de bouwdozen
EE 2003,
EE 2050, EE 2051, EE 2052
en EE 2041.**

INHOUDSOPGAVE**Abbeeldingen van de onderdelen en inhoudsopgave van de bouwdozen**

	Pagina
1. Algemene instructies voor het bouwen	6
2. Inleiding tot de elektronica	9
2.1. De stroomkring	16
Schakeling 1, Eenvoudige stroomkring	17
Schakeling 2, Stroomkring met schakelaar	18
Schakeling 3, Spanning	20
Schakeling 4, Parallelschakeling	21
2.2. Geleiders en isolatoren	22
2.3. De weerstand	23
Schakeling 6, Stroomkring met weerstand	27
Schakeling 7, Serieschakeling van weerstanden	28
Schakeling 8, Parallelschakeling van weerstanden	29
Schakeling 9, Spanningsdeler	30
Schakeling 10, Potentiometer als veranderlijke weerstand	31
Schakeling 11, Potentiometer als spanningsdeler	31
Schakeling 12, De LDR in de stroomkring	32
2.4. De wisselstroom	36
2.5. De spoel	38
2.6. De diode	41
2.7. De transistor	
Een serie onderzoeken van de NPN-transistor	
Schakeling 14, Basis-emitterovergang in doorlaatrichting	41
Schakeling 15, Basis-emitter overgang in sperrichting	42
Schakeling 16, Basis-collectorovergang in doorlaatrichting	42
Schakeling 17, Basis-collectorovergang in sperrichting	43
Schakeling 18, Collector-emitterovergang in de stroomkring	43
Schakeling 19, Collector-emitterovergang in de stroomkring	44
Schakeling 20, Collector-stroomkring	44
Schakeling 21, Basis-stroomkring	45
Een serie onderzoeken van de PNP-transistor	
Schakeling 22, Basis-emitterovergang in sperrichting	47
Schakeling 23, Basis-emitterovergang in doorlaatrichting	47
Schakeling 24, Basis-collectorovergang in sperrichting	47
Schakeling 25, Basis-collectorovergang in doorlaatrichting	48
Schakeling 26, Collector-emitterovergang in de stroomkring	48
Schakeling 27, Collector-emitterovergang in de stroomkring	48
Schakeling 28, De PNP-transistor in de stroomkring	49
Schakeling 29, De NPN-transistor als schakelaar	50
2.8. De transistor als schakelaar	
2.9. De transistor als versterker	
Schakeling 30, De NPN-transistor als versterker	50
Schakeling 31, Werkpuntinstelling door basis-weerstand	51
Schakeling 32, Tegenkoppeling	52
Schakeling 33, Tegenkoppeling	53
Schakeling 34, Werkpuntinstelling met een NTC weerstand	53
Schakeling 35, Emitterschakeling	54
Schakeling 36, Collectorschakeling	56
Schakeling 37, Vergelijking: emitter- en collectorschakeling	57
2.10. De condensator	
Schakeling 38, Basisschakeling	58
Schakeling 39, Condensator in de gelijkstroomkring	58
Schakeling 40, Laden en ontladen van de condensator	62
2.11. De trillingskring	
Schakeling 41, De condensator in de wisselstroomkring	62
3. Onderverdeling van de elektronica	63
3.1. Elektro-akoestiek	65
Schakeling 42, Elektrische energie – Geluidsenergie	66
3.2. Telegraaf- en telefoontechniek	67
Schakeling 43, R-C-oscillator	67
Schakeling 44, L-C-oscillator	68
3.3. Elektronische signaalapparaten	69
Schakeling 45, Schmitt-trigger	69
Schakeling 46, Flip-flop	70
Schakeling 47, Astabiele multivibrator	71
Schakeling 48, Monostabiele multivibrator	72
3.4. Meet- en regeltechniek	73
Schakeling 49, Regelkring	73
3.5. Radio-ontvangsttechniek	75
Schakeling 50, Diode-ontvanger	75

4. Elektronische toestellen

1.01. Versterker voor platenspeler en bandopname-apparaat	□	78
1.02. Tweetrap platenspelerversterker	△	80
1.03. Tegengekoppelde versterker	○	82
1.04. Versterker met correctie-filter	△	84
2.01. Morse-oefentoestel	□	86
2.02. Morse-oefentoestel met luidspreker	△	88
2.03. Telefoonversterker	○	90
2.04. Drietrap telefoonversterker	○	92
2.05. Telefoon signaalgever	△	94
2.06. Telefoon signaalgever met controlelamp	△	96
3.01. Lichtcontrole-installatie	□	98
3.02. Knipperlicht en inbraak-alarminstallatie	□	100
3.03. Knipperlicht met regelbare snelheid	□	102
3.04. Regelbaar flitslicht	□	104
3.05. Licht- en geluidsterktemeter	○	106
3.06. Akoestisch relais	□	108
3.07. Inbraak- alarminstallatie met waarschuwinglamp	□	110
3.08. Optische en akoestische inbraak-alarminstallatie	○	112
3.09. Signaalinstallatie met schemerschakelaar	○	114
3.10. Tweetransistor-richtingaanwijzer	△	116
3.11. Waarschuwinglamp	□	118
3.12. Licht- en geluidsverklikker	△	120
3.13. Tweekonige hoorn	△	122
3.14. Dubbeltonige hoorn	△	124
3.15. Trappehuislicht	△	126
3.16. Helderheidsregelaar	□	128
3.17. Inschakelvertraging	□	130
3.18. Uitschakelvertraging	□	132
4.01. Automatische nacht- of parkeerlamp	□	134
4.02. Eenvoudige vochtigheidsverklikker	□	136
4.03. Vochtigheidsverklikker met lichtsignaal	△	140
4.04. Vochtigheidsverklikker met hoorn	△	142
4.05. Tijdschakelaar	□	144
4.06. Tijdschakelaar met lichtsignaal	△	146
4.07. Tijdschakelaar met hoorn	○	148
4.08. Lichtsterktemeter	□	150
4.09. Gevoelige lichtsterktemeter	○	152
4.10. Lichtmeettoestel	□	154
4.11. Meetbrug voor weerstand, inductie en capaciteit	○	156
4.12. Regelbare toonfrequentiegenerator	○	160
4.13. Vloeistofpeilindicator	□	162
4.14. Lichtgevoelige helderheidsschakeling	□	164
4.15. Lichtgevoelige donkerschakeling	□	166
4.16. Controle-apparaten voor transistors	□	168
5.01. Diode-ontvanger met luidspreker	○	170
5.02. Drietransistor-middengolf-ontvanger	○	172
5.03. Kortegolf-ontvanger	○	176
5.04. FM-ontvanger	○	178
Schakelsymbolen		182
Verklarende lijst van technische termen		184
Kleurcodetabel		190

De toestellen kunnen worden gebouwd uit de volgende EE-bouwdozen:

- EE 2003 of EE 2050 of EE 2040,2041
 △ EE 2003 of EE 2050,2051 of EE 2040,2041,2051
 ○ EE 2003 of EE 2050,2051,2052 of EE 2040,2041,2051,2052

$$40 + 41 = 50!$$

Onze hartelijke gelukwensen met je nieuwe Philips elektronica-experimenteerdoos! We zijn er van overtuigd dat je er veel interessante en leerzame uurtjes al spelend mee zult doorbrengen. Om er voor te zorgen dat je zo lang mogelijk plezier zult hebben van je experimenteerdoos willen we je eerst even vertellen hoe je met deze handleiding moet omgaan.

Lees eerst de **algemene instructies voor het bouwen** waarin alle voorbereidende werkzaamheden worden beschreven. Daarna kun je onmiddellijk beginnen met de bouw van het toestel dat je het meeste interesseert.

Voor het geval de elektronica nog onbekend terrein voor je is kun je ook eerst de **Inleiding tot de elektronica** lezen en de daarin beschreven basisschakelingen nabouwen. De uitleg die daarbij wordt gegeven maakt je vertrouwd met de grondslagen van de elektronica en bovendien zul je de beschrijvingen van de verschillende schakelingen dan makkelijk begrijpen. Bewaar dit boek goed want de algemene aanwijzingen gelden voor alle bouwdozen. Als je een experimenteerdoos EE 2050 hebt is het vooral van belang dat je het boek zuinig bewaart omdat er ook de toestellen in beschreven worden die je kunt bouwen met behulp van de aanvullingsdozen EE 2051 en EE 2052. In de inhoudsopgave is achter elk toestel aangegeven welke onderdelen je er voor nodig hebt.

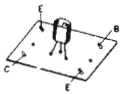
Reserve-onderdelen kun je krijgen bij de zaak waar je de doos kocht.

Vertaling van de op de tekeningen gebruikte teksten

Anode	—	anode
Ausgang	—	uitgang
Blau	—	blauw
Blockbild	—	blokschema
Dr. Spule	—	smoorspoel
Eingang (Eing.)	—	ingang
Eisenkern	—	ijzerkern
geheizt	—	verhit
Hochfrequenz	—	hoog frequent (h.f.)
Impulsbreite	—	impulsbreedte
Impulsfrequenz	—	impulsfrequentie
Katode	—	katode
Konstant	—	constant
Kraftlinien	—	krachtlijnen
leitet	—	geleidend
Mischer	—	mengtrap
Negatief (Neg.)	—	negatief
Niederfrequenz (n.f.)	—	laagfrequent (l.f.)
Oszillator	—	oscillator
Oszillatorfrequenz	—	oscillatorfrequentie
positief	—	positief
primär	—	primair
Punkt	—	punt
Rot (roter)	—	rood (rode)
Schiebeschalter	—	schuifschakelaar
Sekundär	—	secundair
sperrt	—	gesperd
Spule	—	spoel
Stromrichtung	—	stroomrichting
Stufe	—	trap
Teil	—	deel
Tonfrequenz	—	toonfrequentie
Variabel	—	variabel
Weiss	—	wit
Zwischenfrequenz	—	tussenfrequentie

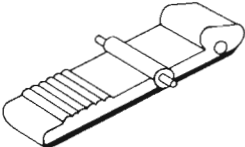
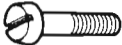
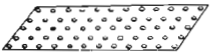
2008		
2007		
2006		
2005		
2004		
2003	2052	
	2051	
	2050	2041
		2040



Onderdeel	Benaming	Inhoud				
		2003	2050	2051	2052	2041
	Transistor BF 194 Herkenningsskleur: rood	1	1	—	—	1
	Transistor BC 238 Herkenningsskleur: wit	2	1	1	—	—
	Diode OA 95	1	—	—	1	—
	Weerstand 10 ohm	1	—	1	—	—
	1/4 watt 47 ohm	1	1	—	—	1
	100 ohm	1	—	1	—	—
	220 ohm	1	1	—	—	1
	470 ohm	1	—	1	—	—
	1 000 ohm	1	1	—	—	1
	1 500 ohm	1	—	1	—	—
	2 200 ohm	1	1	—	—	—
	3 300 ohm	1	1	—	—	1
	4 700 ohm	2	1	1	—	—
	10 000 ohm	2	1	1	—	—
	15 000 ohm	1	—	1	—	—
	22 000 ohm	2	—	2	—	—
	47 000 ohm	2	1	1	—	—
	100 000 ohm	1	—	1	—	—
	220 000 ohm	1	1	—	—	—
	470 000 ohm	1	1	—	—	1
	Potentiometer met schakelaar en moer, 10 000 ohm	1	1	—	—	1
	Lichtgevoelige weerstand (LDR) 10 000 lux = 12 ohm 1 000 lux = 110 ohm 100 lux = 900 ohm 10 lux = 9 000 ohm dunkel = ca. 10 megohm	1	1	—	—	1
	Polyester condensator 0,022 µF	1	—	1	—	—
	0,047 µF	1	1	—	—	1
	0,1 µF	2	2	—	—	1
	0,22 µF	1	—	1	—	—
	Elektrolytische condensator 4 µF	1	—	1	—	—
	10 µF	1	1	—	—	1
	125 µF	2	1	1	—	—
	Keramische condensator 10 pF	2	—	—	2	—
	22 pF	1	—	—	1	—
	47 pF	1	—	—	1	—
	1 000 pF	1	—	—	1	—
	10 000 pF	1	—	1	—	—

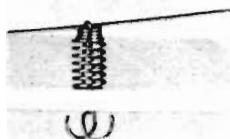
Er kunnen ook onderdelen met afwijkende waarden zijn ingesloten (zie: algemene instructies voor het bouwen en de codetabel)

Onderdeel	Benaming	Inhoud				
		2003	2050	2051	2052	2041
	Variabele condensator	1	—	—	1	—
	Smoorspoel (L) 740 windingen	1	—	—	1	—
	Middengolf-antennespoel 70 windingen 6 windingen 1 = rood 2 = geel 3 = groen 4 = grijs	1	—	—	1	—
	Oortelefoon ca. 1000 ohm impedantie	—	1	—	—	1
	Luidspreker 150 Ω 1 watt	1	—	1	—	—
	Lamp 6 V 0,05 A	1	1	—	—	1
	Batterijklem	4	4	—	—	4
	Blanke draad	4 m	4 m	—	—	—
	Geïsoleerde draad	8 m	4 m	4 m	4 m	4 m
	Antennestaaf (Ferroxcube)	1	—	—	1	—
	Grote rubberring	2	—	—	2	—
	Haarspeldveer	75	50	25	25	25
	Tonveer	75	50	25	25	25
	Cilinderveer	20	20	—	—	—
	Afstemknop	1	—	—	1	—
	Knop	1	1	—	—	1

Onderdeel	Benaming	Inhoud				
		2003	2050	2051	2052	2041
	Lamphouder	1	1	—	—	—
	Kapje voor lampje	1	1	—	—	1
	Rubberband	2	2	—	—	—
	Druktoets voor schakelaar	1	1	—	—	1
	Contactstift voor drukschakelaar	1	1	—	—	1
	Bevestigingsbeugel voor drukschakelaar	2	2	—	—	2
	Stelschroef	2	2	—	—	2
	Vierkante moer	6	6	—	—	6
	Ring voor potentiometer	1	1	—	—	1
	Schroef	4	4	—	—	4
	Montageplaat	2	2	—	—	1
	Schakelpaneel	1	1	—	—	1
	Beschermpjes	1	1	—	—	1
	Stansstift	1	1	—	—	1
	Handleiding	1	1	—	—	1
	Bedradingsschema's	48	24	24	—	24



Afb. 1.a.



Afb. 1.b.

1. ALGEMENE INSTRUCTIES VOOR HET BOUWEN

Alle toestellen worden gebouwd op montageplaten, de bedieningselementen zitten in het schakelpaneel.

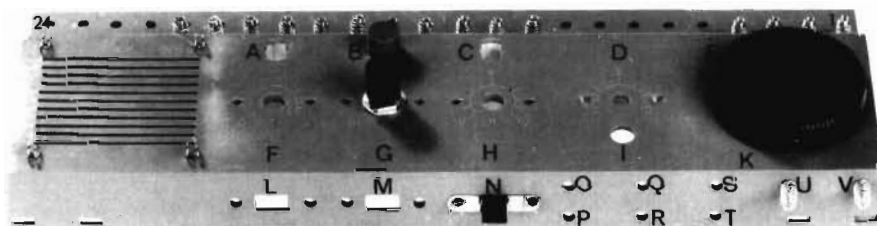
Er hoeft bij het bouwen niet gesoldeerd te worden want alle onderdelen worden door middel van **klemmen** met elkaar verbonden.

Dit systeem van klemmen is zo veelzijdig en betrouwbaar dat we er zelfs het televisietoestel uit EE 2007 en EE 2008 mee kunnen bouwen.

De klemmen worden gemaakt met behulp van haarspeld- en tonveren en we gaan daarbij als volgt te werk (zie ook afb. 1): aan de onderkant van de montageplaat wordt de haarspeldveer door een opening gestoken en dicht gedrukt. Dan schuiven we er van boven een tonveer overheen tot hij niet verder kan. Als je nu de tonveer naar beneden drukt komt het oogje van de haarspeldveer te voorschijn. Als je daar de draden die je wilt verbinden doorheen schuift en de tonveer loslaat maken ze stevig contact met elkaar.

1.1. Het inbouwen van de bedieningselementen in het schakelpaneel

De bedieningselementen worden maar éénmaal in het schakelpaneel ingebouwd. Bij het bouwen van nieuwe toestellen hoeft je dus aan het schakelpaneel niets meer te veranderen.



Afb. 2



Afb. 3

Het inbouwen van de lamphouder

Druk de lamphouder aan de onderkant van het schakelpaneel op de stift naast de opening B (afb. 3) en schroef de lamp er van boven in. Het kapje wordt eveneens van boven door opening B over de lamphouder geschoven.



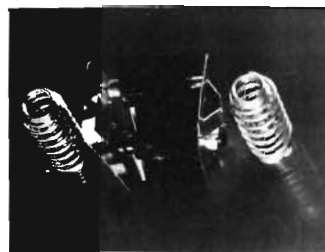
Afb. 4

Het inbouwen van de drukschakelaar

Deze schakelaar moet in elkaar worden gezet. Steek eerst van binnen door opening N aan de voorkant van het schakelpaneel de twee bevestigingsbeugels voor de drukschakelaar. Steek van buiten aan beide kanten een haarspeldveer door de openingen. Nu neem je de drukschakelaar en steek de contactstift in het daarvoor bestemde gaatje (afb. 4). Dit onderdeel klem je nu tussen de bevestigingsbeugels, de geribbelde kant naár boven. Druk de bevestigingselementen uit elkaar en duw de schakelaar er zo ver tussen dat de plastic puntjes in de kleine gaatjes in de beugels rusten. Let er echter op dat de bevestigingsbeugels goed vastzitten. Tenslotte schuif je op elke haarspeldveer een tonveer (afb. 5).

Bij het indrukken van de schakelaar moet de metalen stift aan beide kanten de beugel raken. Als dat al het geval is in de ruststand moet je de iets uitstekende koperen lipjes aan de kant waar zich het dikkere uiteinde van de contactstift bevindt iets samendrukken. De schakelaar heeft dan geen speling meer.

Als je er op drukt werkt hij als een drukschakelaar, d.w.z. hij maakt slechts contact als je hem ingedrukt houdt. Als je de schakelaar zo ver optilt dat hij blijft hangen, blijft hij contact maken.



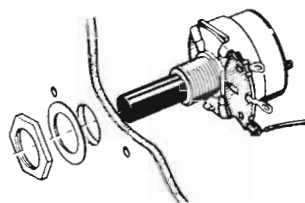
Afb. 5

Het inbouwen van de luidspreker

Door de vier openingen op de hoeken van het rooster aan de linkerkant van het schakelpaneel steek je van buiten een haarspeldveer. Aan de onderkant druk je de luidspreker erop en over elke haarspeldveer schuif je nog een tonveer. Voor de veiligheid klem je op iedere klem nog een stukje draad en eventueel kun je ook vier schroeven van 3 mm met bijbehorende moeren gebruiken.

Het inbouwen van de potentiometer met schakelaar

Aan de onderkant van het schakelpaneel duw je de potentiometer met de as door opening G en draai je net zo lang tot de nok op het huis van de potentiometer tegen een verdikking van het paneel aan komt. Van boven schuif je een ring over de schroefdraad en dan draai je met behulp van de moer de potentiometer vast (afb. 6).



Afb. 6

Het inbouwen van de variabele condensator

Steek de condensator aan de onderkant door opening E en bevestig hem net als de potentiometer met een ring en een moer.

Klemmen voor buitenaansluitingen

Door de openingen U en V rechts aan de voorkant van het schakelpaneel steek je van binnenuit haarspeldveren en van buiten schuif je er dan tonveren over heen.

1.2. Het aansluiten van de bedieningselementen

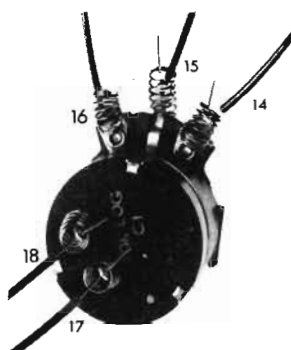
De bedieningselementen worden met aansluitingen aan de achterkant van het schakelpaneel verbonden. Bij het bouwen van toestellen hoeven we dan alleen nog maar verbindingen te leggen naar deze aansluitingen. Breng klemmen aan in de openingen 1 tot 4 en 10 tot 20. Bij EE 2050 kun je de klemmen 3 en 4 weglaten.

Lamp (aansluitingen 10 en 11)

Meet twee stukken geïsoleerde draad af zodat ze passen tussen de aansluitingen 10 resp. 11 en de lippen van de lamphouder. Aan het einde van de draad moet je met een mes of een tangetje ongeveer 1 cm van de isolatie verwijderen. Klem één draad aan aansluiting 10 en de tweede aan aansluiting 11 en trek beide draden door een spleet aan de achterzijde van het paneel naar de lamphouder. Zet op de lippen van de lamphouder een spiraalveer en druk die zó ver naar onderen dat de draden door de oogjes kunnen.

Drukschakelaar (aansluitingen 12 en 13)

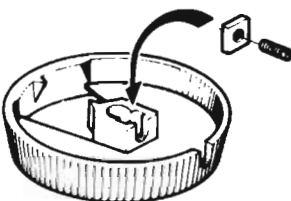
Vanaf de aansluitingen 12 en 13 leggen we twee geïsoleerde draden – vergeet niet de isolatie aan de uiteinden te verwijderen! – naar de klemmen waarmee de bevestigingsbeugels aan de voorkant van het schakelpaneel vast zitten. Na het indrukken van de tonveer kun je de draden vastklemmen in de haarspeldveren.



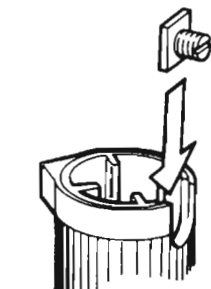
Afb. 7



Afb. 8



Afb. 9



Afb. 10

Luidspreker (aansluitingen 19 en 20)

Vanaf de aansluitingen 19 en 20 leggen we twee draden door een spleet in de achterkant van het schakelpaneel naar de luidspreker. Schuif op beide aansluitlippen een spiraalveer en bevestig de draden zoals bij de lamp. Bij luidsprekers met 3 lippen gebruiken we alleen de twee buitenste. Bij EE 2050 klemmen we in plaats van de luidspreker de oortelefoon direct aan de aansluitingen 19 en 20 vast.

Potentiometer met schakelaar (aansluitingen 14 tot 18)

Met de potentiometer wordt de leiding naar de batterij in- en uitgeschakeld en bovendien de spanning geregeld. Leg van de aansluitingen 17 en 18 draden naar de achterkant van de potentiometer (twee aansluitlippen). Bevestig die draden aan de lippen met cilinderveren. Leg dan een draad van aansluiting 16 naar het meest linkse van de 3 lippen aan de zijkant (afb. 7) en maak hem er aan vast met een cilinderveer. Aansluiting 15 verbinden we met de middelste lip en aansluiting 14 met de rechtse. Let goed op dat je ze niet verwisselt!

Variabele condensator (aansluitingen 3 en 4)

Voer van de aansluitingen 3 en 4 ieder een draad naar de variabele condensator en bevestig die met een cilinderveer aan een lip (afb. 8).

Buitenklemmen (aansluitingen 1 en 2)

Leg van aansluiting 1 een draad naar buitenklem V en van aansluiting 2 een draad naar buitenklem U. Steek van binnenuit een draad door de openingen U en V waarin ook de klemmen zitten. Druk de tonveren naar beneden en zet de draden vast in de lussen van de haarspeldveren.

1.3. Laatste werkzaamheden aan het schakelpaneel

Tenslotte moeten we nog de knop op de as van de potentiometer en de regelknop op de as van de variabele condensator monteren (afb. 9 en 10). Als je de knoppen naar links draait tot ze niet verder kunnen, moeten de wijzers bij de 0 op de schaalverdeling staan. Is dit niet het geval dan moet je de knoppen bijstellen. Zet de knoppen als volgt vast: neem de stelschroef en draai die een paar slagen in de vierkante moer. Leg ze dan in de rechthoekige openingen van de knoppen, steek die op de assen en draai de stelschroef aan met een kleine schroevendraaier.

Als je nu de potentiometer helemaal naar links draait wordt de spanning uitgeschakeld.

Elke keer als je een toestel of een schakeling gaat bouwen moet je eerst de spanning uitschakelen!

Zo, je schakelpaneel is nu klaar. De nog overgebleven openingen zitten daar niet voor niets en je hebt ook niets vergeten in te bouwen. Met dit schakelpaneel kun je namelijk alle toestellen uit de Philips elektronica-experimenteerdozen bouwen. Met iedere aanvullingsdoos komen er weer nieuwe bedieningselementen bij zodat het paneel tenslotte helemaal compleet is. Je ziet het: de Philips elektronica-experimenteerdozen zijn gebouwd voor de toekomst!

1.4. De verbinding van de platen

De twee platen moeten met de lange zijden zó tegen elkaar worden gelegd dat de pinnen in de tegenoverliggende openingen passen. Daarna worden ze met twee schroeven en moeren aan elkaar geschroefd.

1.5. Het voorbereiden van de bedradingsschema's

Bij elk toestel hoort een bedradingsschema waarvan het nummer correspondeert met het nummer in de handleiding. Bij toestel 1.01 hoort dus bedradingsschema 1.01.

Bij de schakelingen van het hoofdstuk „Inleiding tot de elektronica” vind je een verkleind bouwplan in deze handleiding.

Leg het bedradingsschema van het toestel dat je wilt bouwen in of onder de doorzichtige beschermhoes. De cirkels op het bedradingsschema moeten overeenstemmen met de gaatjes in de hoes.

Leg ze allebei zo op de frontplaat dat aan de rechterkant vier rijen gaatjes vrijblijven. De gaatjes van de hoes moeten precies boven de openingen van de frontplaat liggen.

Druk nu met de stansstift eerst vier rondjes door die zo ver mogelijk uit elkaar liggen en zet daar klemmen in. Nu kan het bedradingsschema niet wegglijden.

Stans dan overal waar dat door cirkels is aangegeven, een gat en zet er klemmen in.

1.6. Het bevestigen van de bouwelementen op de montageplaat

De bouwelementen worden bevestigd aan de klemmen die je hebt aangebracht volgens het bedradingsschema. Welke onderdelen er bedoeld worden met de tekens op het schema en op welke bijzonderheden je moet letten bij het inbouwen zullen we nu uitleggen.

Koolweerstanden

De koolweerstanden worden op het bedradingsschema aangegeven met rechthoekige vakjes waarin de waarde in ohm staat afgedrukt, b.v. 27.000 Ω . Op de weerstanden zelf wordt de waarde aangegeven door een kleurencode. De betekenis van de gekleurde ringen kun je lezen in de kleur-codetabel aan het slot van deze handleiding.



Lichtgevoelige weerstand – LDR

Op het bedradingsschema wordt de LDR afgebeeld. De gestreepte kant is lichtgevoelig.



Polyester condensatoren

Polyester condensatoren worden op het bedradingsschema weergegeven door rechthoeken waarvan de korte kanten afgerond zijn. De waarde staat er op aangegeven. Het kan voorkomen dat de waarde op de condensator in een andere meeteenheid aangegeven is als op het schema. In de codetabel kun je zien hoe je die kunt omrekenen.



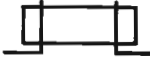
Elektrolytische condensatoren

Elektrolytische condensatoren worden op het bedradingsschema weergegeven volgens hun vorm. De waarde staat er op. Het is erg belangrijk dat elektrolytische condensatoren goed aangesloten worden. Bij verkeerde aansluiting kan het gebeuren dat zij en andere onderdelen kapot gaan. Aan de positieve kant (+) bevindt zich een insnoering. Let er altijd goed op naar welke klem die wijst.



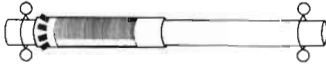
Keramische condensatoren

Deze worden op de bedradingsschema's weergegeven als rechthoeken met aan de lange zijde twee aansluitingen. De waarde is aangegeven. Omdat sommige ook gekleurde ringen hebben moet je de waarde bepalen aan de hand van de kleurcodetabel achter in deze handleiding.



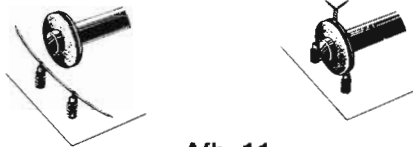
Smoorspoel

De smoorspoel wordt op de bedradingsschema's weergegeven door een rechthoek waarop de bedrading is aangegeven door een fijn raster. De bedrading is omgeven door een laagje was dat als bescherming dienst doet.



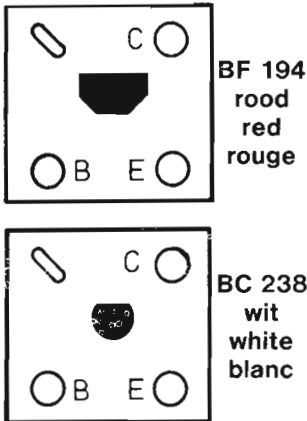
Middengolf-antennespoel

Schuif de antennespoel over de ferrietstaaf en doe aan elk uiteinde een rubberring. Neem nu twee geïsoleerde draden van ongeveer 8 cm, steek die door de haarspeldveren waar de antenne aan bevestigd moet worden en zet ze vast in de inkervingen van de rubberringen. De isolatie aan de uiteinden van de draad mag **niet** verwijderd worden (afb. 11). De aansluitdraden van de antennespoel hebben de volgende kleuren: 1 = rood, 2 = geel, 3 = groen, 4 = grijs.



Afb. 11

Op de tekening kun je zien hoe de antenne moet worden vastgezet op de montageplaat.

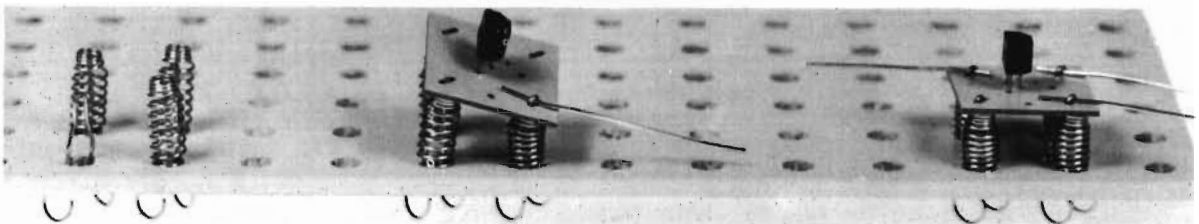


Transistors

De transistors zijn vastgesoldeerd op een klein plaatje, een gedrukte schakeling.

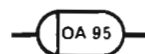
Je moet er heel goed op letten dat je ze niet verwisselt en de aansluitingen door elkaar haalt. Op transistor BF 194 (rood) vind je op de bovenkant van het plaatje de letters **B** (van basis; **E** (van emitter), en **C** (van collector). Op transistor BC 238 (wit) bevinden deze aanduidingen zich aan de onderkant en om niet steeds te moeten kijken kun je ze het best aan de bovenkant overnemen met een viltstift o.i.d. Let er wel op dat je die aanduidingen op de juiste plaats schrijft! Het kan wel eens voorkomen dat in jouw experimenteerdoois niet transistor BF 194 ligt maar een andere waar je precies hetzelfde mee kunt doen. Hij heeft ook een rood plaatje en dat is voor jou een aanwijzing dat je hem kunt gebruiken in plaats van de BF 194. Op een wit plaatje kan ook wel eens een andere transistor zitten dan de BF 238. De transistors worden op de klemmen gezet die je al hebt aangebracht. Voor het bevestigen van de transistors moet je de lussen van de haarspeldveren zó draaien dat ze in de gleuven van het plaatje passen. Als je het naar beneden drukt komen de lussen door de gleufjes en daaraan bevestig je de aansluitdraden (afb. 12).

Afb. 12



Diode (1003)

Op het bedradingsschema is de vorm van een diode weergegeven en voorzien van typenummer OA 95 (er kan ook een gelijksoortige diode met een ander typenummer in de doos zitten). Omdat hij ook in één bepaalde richting moet worden ingebouwd moet je goed letten op de rode ring (op het schema zwart) aan de ene kant van de diode.



Verbindingsdraden

Draadverbindingen worden op de schema's weergegeven als zwarte lijnen. Dunne lijnen wil zeggen blanke draden, dikke lijnen rode geïsoleerde draden. Denk er aan dat je de isolatie aan de uiteinden moet verwijderen. Draden die op de tekening met een peil eindigen worden later op het schakelpaneel met het corresponderende nummer verbonden.

Het verdient aanbeveling voor lange verbindingen één stuk draad te gebruiken en niet verschillende, met elkaar verbonden, stukjes.



1.7. Samenvoegen van schakelpaneel en grondplaat

Leg de montageplaat en het schakelpaneel zó tegen elkaar dat de stiften en de gaten in elkaar passen. De pijlen op de bedradingsschema's moeten in de richting van het schakelpaneel wijzen zodat de cijfers overeenstemmen. Schroef het schakelpaneel aan de montageplaat vast via de buitenste bevestigingsgaten.

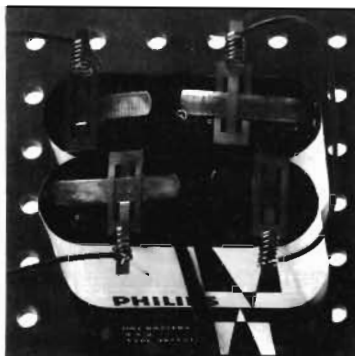
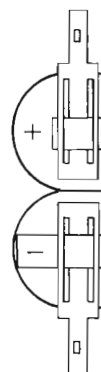
1.8. Het aanbrengen van de batterijen

Waarschuwing

Gebruik nooit de wisselstroom uit het stopcontact want die spanning kan dodelijke ongevallen veroorzaken.

Daarom gebruiken we uitsluitend batterijen als stroombron voor de apparaten uit deze bouwdoos.

Voor alle toestellen en schakelingen heb je twee platte batterijen van 4,5 V nodig. Ze moeten echter nog samen gevoegd worden. Schuif over elke lip van de batterijen een batterij-aansluitklem (zie afb. 13). Verbind dan de lange lip van batterij 1 (– pool) met de korte van batterij 2 (+ pool) door middel van een geïsoleerde draad die met cilinderveren wordt vastgeklemd. Zet dan de batterijen zó op de montageplaat dat de vrije pluspool (korte lip) in de richting van het schakelpaneel wijst zoals aangegeven op het bedradingsschema. Om ze vast te zetten steek je vlak naast de batterijen een elastiekje (1018) door een opening en haal je er van onderen een haarspeldveer doorheen (afb. 14). Aan de andere kant van de batterijen bevestig je het elastiekje op dezelfde manier. Neem de batterijen even



Afb. 13



Afb. 14.a.



Afb. 14.b.

weg, rek het elastiekje uit en schuif de batterijen er onder. Sluit nu de vrije pluspool en de vrije minpool aan, zoals aangegeven op het bedradingschema.

1.9. Laatste controle

Als je alles net zo gedaan hebt als het in de algemene instructies en in de handleiding voor het bouwen van de toestellen staat is je apparaat klaar. Ga echter eerst nog eens alles punt voor punt na. Misschien heb je per ongeluk ergens een fout gemaakt!

Heb je niets vergeten?

Raken soms draden elkaar die elkaar niet mogen raken? Zijn alle elektrolytische condensatoren goed gemonteerd en is hun positieve kant (insnoering in het huis) zo aangesloten als op het schema staat aangegeven?

Zijn de transistors en de diode goed gemonteerd en aangesloten?

Zijn de batterijen goed aangesloten? Zijn + en – niet verwisseld?

Schakel dan het apparaat in.

1.10. Op zoek naar fouten

Als een toestel niet direct werkt schakel het dan onmiddellijk uit! Onderzoek alles zorgvuldig.

Misschien heb je ergens een verbinding vergeten, een onderdeel niet gemonteerd of niet goed aangesloten.

Controleer de bedrading en vergelijk die met het bouwplan.

Let er op dat de draden goed contact maken met de klemmen of misschien ergens contact met elkaar maken (kortsluiting).

Kijk na of de transistors goed aangesloten zijn en contact maken. Controleer of de diode goed aangesloten is.

Kijk of de elektrolytische condensatoren in de voorgeschreven richting zijn aangesloten, d.w.z. met de groef in de richting die op het bedradingschema is aangegeven.

Zijn de weerstanden op de goede plaats ingebouwd volgens de kleurencode van de kleurcodetabel?

Heb je de lamp wel goed aangedraaid?

Draai de lamp los en controleer op de batterij of ze nog brandt.

Controleer of de batterijen niet leeg zijn.

Heb je de plus- en de minleiding goed aangesloten?

1.11. Afbreken

Schakel het toestel uit en verwijder de aansluitingen van de batterijen.

Haal montageplaat en schakelpaneel uit elkaar.

Het verder uit elkaar halen laten we aan jou over. Doe het voorzichtig en buig niet onnodig aan de draden van de onderdelen. Leg de onderdelen in de daarvoor bestemde vakjes van de bouwdoos zodat je ze later direct kunt terugvinden. Gooi geen draden weg, ze kunnen later nog van pas komen!

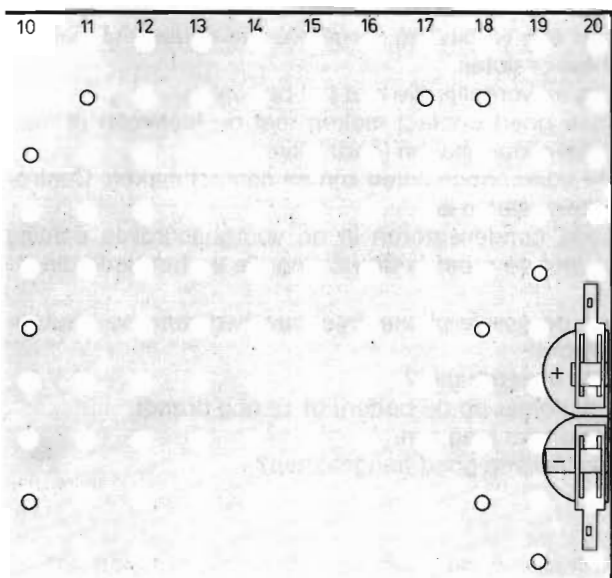
2. INLEIDING TOT DE ELEKTRONICA

Het begrip elektronica is vandaag de dag een onvervreemdbaar bestanddeel van ons leven. Desondanks weet zeker niet iedereen welke theoretische factoren het mogelijk maken dat al die elektronische apparaten functioneren. De bediening van een platenspeler, een draagbare radio, een stereoinstallatie of een televisietoestel heeft voor ons geen geheimen en we gebruiken ze zonder er over na te denken hoe ze eigenlijk werken. Er zijn maar weinig mensen die zich ooit realiseren wat er zich in het inwendige van al die apparaten afspeelt.

De elektronica-experimenteerdoos van Philips is een hulpmiddel om door te dringen in de geheimen van de elektronica en je meer begrip voor deze geweldige techniek bij te brengen. Een van de eerste stappen daartoe is het onderzoek naar de gedragingen van elektrische stroom en iets naders te weten te komen over de functie ervan in eenvoudige en gecompliceerde schakelingen.

2.1. De stroomkring

Voor de volgende schakelingen moeten klemmen worden ingebouwd in de met het schakelpaneel verbonden montageplaat volgens afb. 15. Om niet na elke schakeling alles opnieuw te moeten opbouwen, monteren we direct bij het begin meer klemmen dan nodig lijkt.

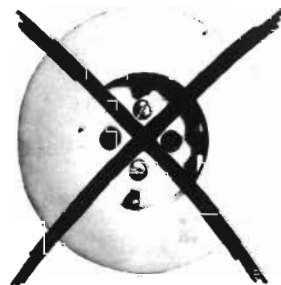


Afb. 15

De volgende stap is het verzorgen van een stroombron oftewel „stroomleverancier” in de vorm van twee batterijen van 4,5 V die we voor alle schakelingen gebruiken.

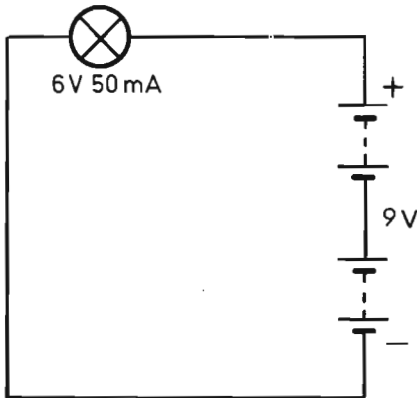
Een zeer belangrijk advies:

Voor alle schakelingen uit deze Philips Experimenteerdoos mag je alleen maar de voorgeschreven 4,5 V batterijen gebruiken. **In geen geval mag je stroom uit een stopcontact gebruiken. Dat is levensgevaarlijk!**

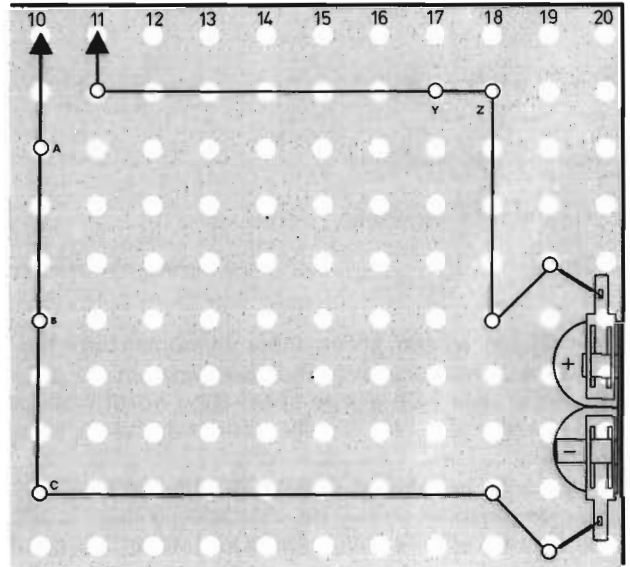


Schakeling 1

Platte batterijen hebben allemaal een korte en een lange metalen strip waar we de stroom afnemen. Ze heten **polen**. Verbind de batterijen zoals op afb. 13. Bevestig nu een draad aan de **pluspool**, dat is de korte vrije lip en leg die via de op het bouwplan (afb. 17) aangegeven klemmen naar aansluiting 11 van het schakelpaneel. Van daar loopt een verbinding naar de lamp. Leg ook een draad van aansluiting 10 – de tweede aansluiting van de lamp – via de klemmen terug naar de **minpool** van de tweede batterij (de lange metalen strip).



Afb. 16

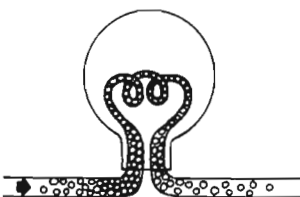
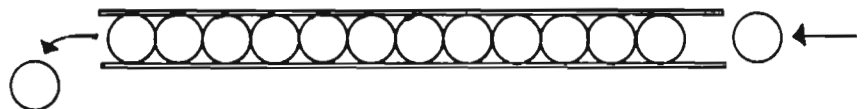


Afb. 17

Als je dat goed hebt gedaan, brandt de lamp, anders moet je alles nog eens zorgvuldig nalopen.

Het feit dat een lamp brandt als men haar verbindt met de polen van een batterij is vast en zeker niets nieuws voor je maar heb je er wel eens over nagedacht hoe dat komt? In dit verband moet je wel weten dat elektrische stroom niet iets ongrijpbaars is maar bestaat uit ongelooflijk kleine deeltjes. Deze deeltjes noemt men **elektronen**. De draad en de batterijen zitten vol met die elektronen. Aan de kant van de batterij met de lange metalen strip bevinden zich bijzonder veel elektronen. Die lange metalen strip noemen we minpool.

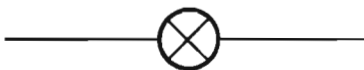
Als we een draad leggen van de minpool van de batterij via de lamp naar de pool met de korte metalen strip – de pluspool – dringen de bij de minpool in overvloed aanwezige elektronen in de leiding en duwen de daarin aanwezige elektronen voor zich uit. Daarbij bewegen alle elektronen tegelijk met dezelfde snelheid. Aan het andere einde van de draad worden ze via de pluspool de batterij weer binnengeduwd.



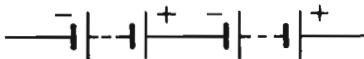
De elektronen die gedurende dit proces door de gloeidraad van de lamp geduwd worden laten die lamp branden. Omdat elektronen altijd in een kring van de min- naar de pluspool bewegen spreekt men van een **stroomkring**. Maak je nu op een zekere plaats de verbindingsdraad los dan gaat de lamp uit. De doorstroming van de elektronen wordt onderbroken omdat er geen gesloten stroomkring meer is.

Opdat we niet van elk onderdeel een goed gelijkende tekening hoeven te maken waardoor ingewikkelder schakelingen heel erg onoverzichtelijk zouden worden, hebben de technici bepaalde afkortingen ontworpen om alles te verduidelijken. Deze afkortingen worden **schakeltekens** of **symbolen** genoemd. Voor de in de eerste schakeling gebruikte onderdelen gelden de volgende symbolen:

Lamp:



Batterij 9 V (2 x 4,5 V):



Afkorting voor minpool:

-

Afkorting voor pluspool:

+

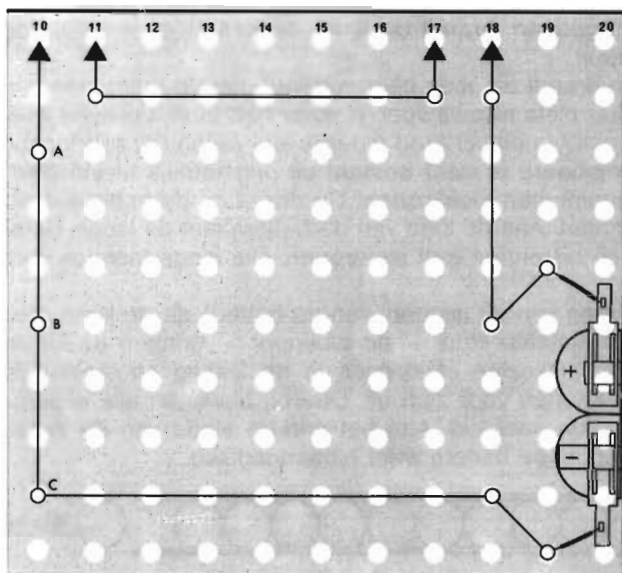
Leiding:



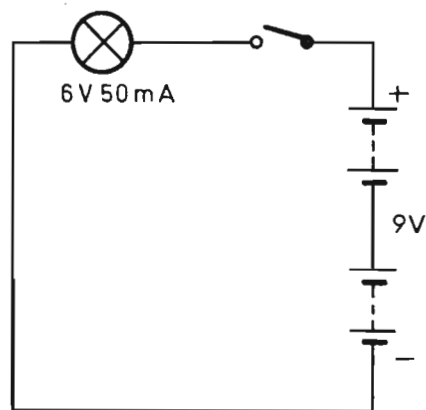
Tekeningen waarin alléén maar symbolen worden gebruikt noemen we **schema's**. Alle draadverbindingen worden zó getekend dat ze verticaal op elkaar staan. De eerste schakeling wordt weergegeven in het schakelschema van afb. 16. Bij elk bouwplan zul je steeds een schema aantreffen.

In de vorige schakeling kon de stroom van elektronen van de minpool (-) naar de pluspool (+) – de stroomkring dus – alléén worden onderbroken als we de verbinding ergens verbraken. Nu gaan we de leiding op één bepaalde plaats onderbreken.

Schakeling 2



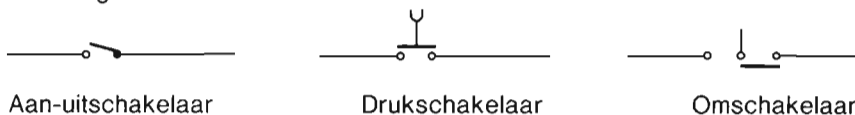
Afb. 18



Afb. 19

Maak de verbinding tussen de klemmen Y en Z los en leg de draad naar de aansluitingen 17 en 18 van het schakelpaneel die verbonden zijn met de schakelaar van de potentiometer. Als je die knop naar rechts draait hoor je een „klik” en de lamp gaat branden (afb. 18).

Daaruit blijkt duidelijk dat de elektronen zich alleen in een gesloten stroomkring kunnen voortbewegen. Als je de schakelaar niet bedient is er een „onderbreking” in de kring die door de elektronen niet kan worden overbrugd.



Het schema van schakeling 2 vind je op afb. 19.

In dat schema kun je zien dat tussen de twee buitenste polen de aanduiding 9 V staat. Wat wil dat nu zeggen?

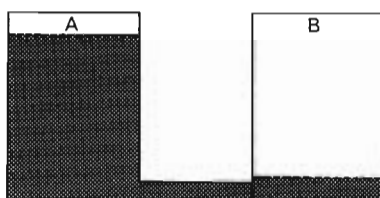
Zoals je al hebt gehoord bewegen de elektronen zich voort in een kring van minpool naar pluspool. Deze beweging is echter alleen maar mogelijk als ze worden opgestuwd.

Deze duwkracht wordt teweeggebracht door de batterij die werkt als een pomp en de elektronen steeds maar weer voortstuwt door de draad tot hun opgeslagen energie is verbruikt. Die voortstuwing berust op het feit dat bij de minpool van de batterij bijzonder veel elektronen aanwezig zijn, bij de pluspool daarentegen weinig. Het verschil tussen veel en weinig elektronen noemt men elektrische **spanning**. Ze wordt gemeten in volt, afgekort V, naar de Italiaan Alessandro Volta.

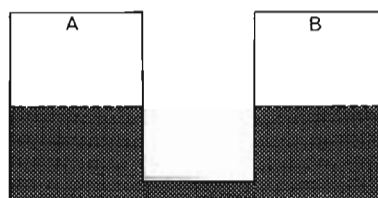
Staat op het schema tussen de min- en de pluspool 9 V dan wil dat zeggen dat daar een elektrische spanning staat van 9 volt.

Door voortdurend gebruik verliest de batterij het vermogen om steeds maar weer elektronen van de minpool door de leiding naar de pluspool te sturen. De spanning tussen de twee polen wordt steeds geringer en verdwijnt op den duur helemaal. Men zegt dan dat de batterij „leeg” is. De spanning is dan 0 v.

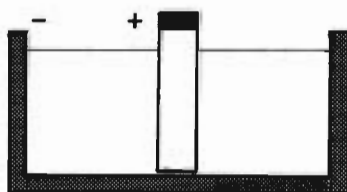
Het begrip elektrische spanning kunnen we verduidelijken aan de hand van een vergelijking met water.



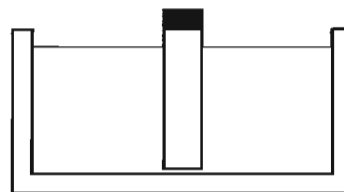
Afb. 20.a



Afb. 20.b



Afb. 21.a



Afb. 21.b

Twee watertanks (A en B) worden zoals op afb. 20 met elkaar verbonden en tank A vullen we met water. In tank A is echter een „wateroverschot” dat door de verbindingsleiding naar tank B loopt. De druk die daarbij wordt uitgeoefend is vergelijkbaar met de elektrische spanning want de elektronen stromen óók van een min- naar een pluspool (afb. 21), net als het water van tank A naar B. Als er in beide tanks evenveel water staat is er geen druk meer. Wanneer de elektronen tussen de polen van de batterij in evenwicht zijn is er ook geen spanning meer; de stroom vloeit niet meer.

De spanningen in elektrische stroomkringen kunnen zeer veel verschillen. In de elektronica komen spanningen voor die veel gróter maar ook veel kleiner zijn dan 1 volt (1 V). De beeldbuis van een televisietoestel werkt bijv. met spanningen van ca 15.000 V. Bij zulke hoge spanningen gebruikt men voor eenheden van 1000 V de afkorting 1 kV. De letter k betekent kilo = duizend (1000 V = 1 kV).

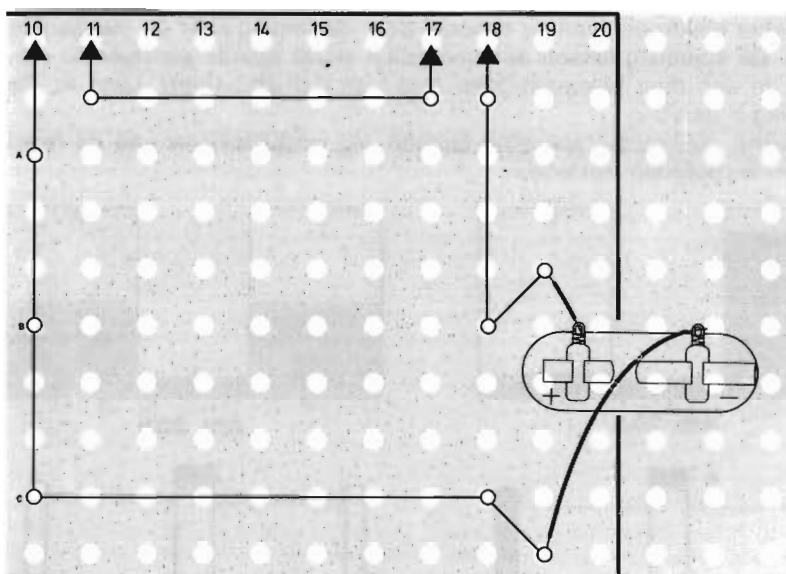
Inplaats van 15.000 V kan men dus ook schrijven 15 kV.

Bij zeer kleine spanningen wordt het duizendste deel van één volt millivolt genoemd, afgekort mV, het miljoenste deel is een microvolt, afgekort μ V. De μ is de Griekse letter my; in verbindingen met het woord volt wordt hij uitgesproken als **micro**.

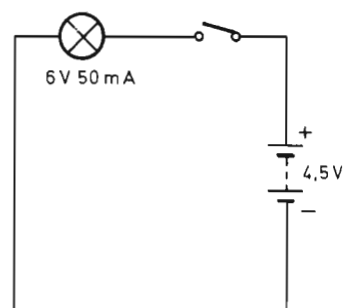
1 kV	=	1000 V
1 V	=	1000 mV = 1.000.000 μ V
1 mV	=	1000 μ V

Alle schakelingen uit de experimenteerdozen van Philips worden gevoed door een spanning van 9 V. Geen enkel toestel werkt beter als je meer dan 9 V gebruikt, integendeel, sommige onderdelen kunnen daardoor stuk gaan.

Schakeling 3



Afb. 22



Afb. 23

Zet de schakelaar in schakeling 2 nog eens aan en let op de helderheid van de lamp. Verwijder nu één batterij, bevestig de draden aan de polen van de andere batterij en schakel weer in. De lamp brandt minder fel omdat één batterij een spanning van maar 4,5 V afgeeft (afb. 22 en 23).

In schakeling 2 waren de twee batterijen zodanig aan elkaar gekoppeld dat er een verbinding bestond van de pluspool van de ene met de minpool van de andere batterij. Daardoor wordt de druk van de elektronen, de spanning dus, verdubbeld en de lamp brandt feller ($4,5 \text{ V} + 4,5 \text{ V} = 9 \text{ V}$).

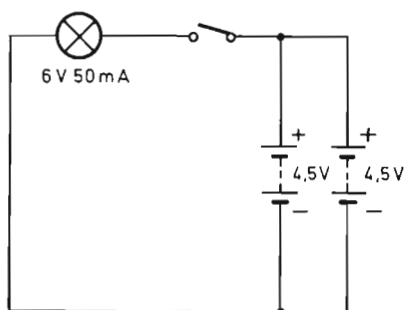
Als men batterijen of andere onderdelen op deze manier in de stroomkring inbouwt spreken we van een **serieschakeling**.

Schakeling 4

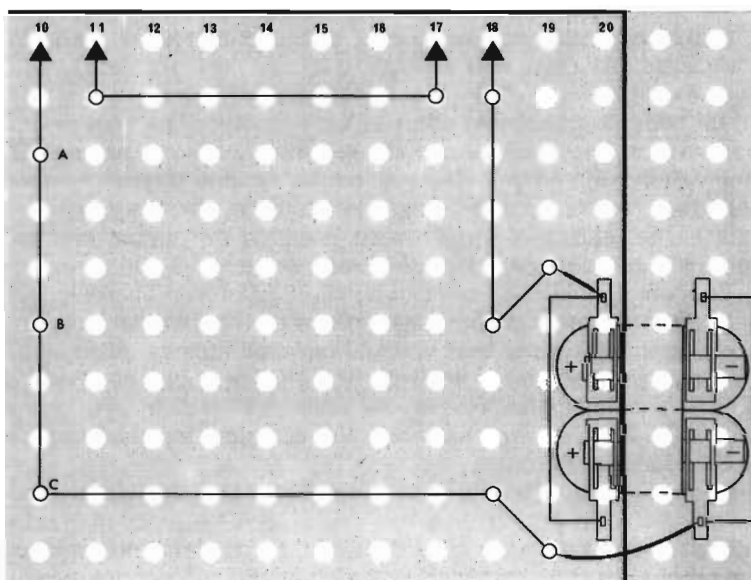
Nu is er nog een andere mogelijkheid om de batterijen in de stroomkring te schakelen. Om die te onderzoeken moet je de twee pluspolen van de batterijen, als ook de twee minpolen met elkaar verbinden.

Bevestig hierna de aansluitdraden aan de pluspool van de ene en aan de minpool van de andere batterij (afb. 24 en 25). Draai de knop van de potentiometer naar rechts en let op de helderheid van de lamp.

De lamp brandt net zo helder alsof er maar één batterij in de stroomkring geschakeld is. Deze soort schakeling noemen we **parallelschakeling**.



Afb. 24



Afb. 25

In dit geval wordt de spanning, dus de druk van de elektronen, niet verhoogd maar er kunnen daarentegen in dezelfde tijd méér elektronen door de draad vloeien. Bij deze parallelschakeling zouden er meer lampen in de stroomkring kunnen worden opgenomen zonder dat de helderheid afneemt.

De hoeveelheid elektronen die in één seconde door de elektrische leiding vloeit is de **stroomsterkte**. Om die stroomsterkte te bepalen gebruiken we de meeteenheid ampère, afgekort A, genoemd naar de Franse natuurkundige André Marie Ampère.

De meeteenheid 1 ampère (1 A) geeft een onvoorstelbaar grote hoeveelheid elektronen aan – meer dan 6 triljoen – die in één seconde de leiding passeren. Deze stroomsterkte is aanwezig als men bijv. een lamp van 200 watt inschakelt bij een spanning van 200 volt (over de meeteenheid watt zullen we het later nog hebben).

Zulke en nog sterkere stromen komen voor in het elektriciteitsnet in ieder woonhuis. Bij de elektronica is men over het algemeen zuiniger met elektronen want hier gebruikt men meestal stromen die duizend of een miljoen maal kleiner zijn dan 1 ampère. Om wat makkelijker over deze zwakke stromen te kunnen spreken noemt men het duizendste deel van een ampère een milliampère, afgekort 1 mA, en het miljoenste deel van een ampère wordt aangeduid als microampère, afgekort 1 μ A (verg. μ V).

1A	=	1000 mA	=	1.000.000 μ A
1 mA	=	1000 μ A		

2.2. Geleiders en isolatoren

Nu je weet dat de stroom in elektrische leidingen bestaat uit elektronen moet je eens een paar verschillende stoffen op hun geleidingsvermogen onderzoeken.

Op het bouwplan (afb. 18) bevinden zich drie klemmen, A, B, en C. Verwijder het stuk draad tussen B en C en houdt dan tussen die twee klemmen achtereenvolgens:

1. een sleutel, een potloodstift en een naaiaald;
2. een stukje touw, een elastiekje, een stukje hout en een stuk draad waarvan de isolatie **niet** verwijderd is.

Bedien elke keer de schakelaar en let op de lamp.

Bij de onder 1. genoemde voorwerpen brandt de lamp als je de schakelaar bedient. Deze voorwerpen zijn van metaal (sleutel, naaiaald) of koolstof (potloodstift) en geleiden elektrische stroom. Daarom noemen we ze **geleiders**. Andere stoffen, zoals het touwtje, het elastiekje, het stukje hout en het stuk geïsoleerd draad geleiden de stroom niet en worden daarom **niet-geleidend** oftewel **isolatoren** genoemd. In geleiders kunnen elektronen zich vrijelijk voortbewegen, in isolatoren daarentegen niet. Dit vindt zijn oorzaak in de bouwstenen van die stoffen, de atomen. Alles op aarde en in de wereldruimte is opgebouwd uit atomen. **Atomen** zijn weliswaar niet zichtbaar maar het wetenschappelijk onderzoek heeft over atomen een model ontwikkeld. In de natuur verschillen alle stoffen alleen maar van elkaar door de samenstelling van hun atoomkernen en de daarbij behorende elektronen.

Het eenvoudigste atoom is dat van waterstof (afb. 26). Het bestaat uit een **proton** als kern en een elektron dat in een vaste baan rond die kern draait, net zoals de maan rond de aarde. Deze banen noemt men schillen. Het proton is elektrisch positief geladen en het elektron negatief.

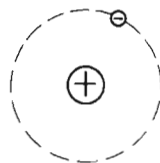
Als een atoom meer dan twee elektronen heeft, bewegen die zich niet allemaal op één baan (schil) rond de kern, maar op twee of meer. Een koper-atoom (afb. 27) bijv. heeft 29 elektronen die rond de kern cirkelen. Deze elektronen zijn dusdanig over vier schillen verdeeld dat op de buitenste schil slechts één elektron draait.

Het enkele elektron dat over de buitenste schil cirkelt kan onder bepaalde voorwaarden uit zijn verband worden losgemaakt en van atoom naar atoom gaan „zwerven”. Zo'n kleine zwerver noemen we ook wel een vrije elektron. Daar een stukje koperdraad uit miljarden atomen bestaat zijn er dus ook miljarden vrije elektronen. Die vrije elektronen bewegen zich echter zeer wanordelijk. Ze kunnen zich door het koperdraad voortbewegen als er spanning op staat. De uit de stroombron vloeiende elektronen schuiven de vrije elektronen door de draad voor zich uit en bewegen zich dan zelf door de draad voort. Elektrische stroom bestaat dus uit elektronen die de kringloop van min- naar pluspool van een stroombron doorlopen.

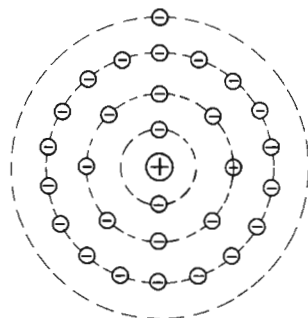
Dit verschijnsel zien we alleen bij metalen en bij koolstof, daarom geleiden deze stoffen ook elektrische stroom. Alle andere stoffen niet; zij bieden een bijna onoverkomelijke weerstand tegen stroom. Als men ze aansluit op een spanningsbron vloeit er geen stroom.

Terwijl bij isolators de weerstand zo hoog is dat er geen stroom kan vloeien hebben elektronen ook bij geleiders te maken met een weerstand die wordt veroorzaakt door wrijving bij de doorstroming van elektronen. We noemen dit **elektrische weerstand**. Echter niet alleen elektrische leidingen hebben een weerstand, ook bij elektronische schakelingen is het vaak nodig de elektronenstroom kunstmatig te beteugelen. Voor dat doel heeft men van een bepaald materiaal onderdelen ontwikkeld die **weerstanden** worden genoemd.

Schakeling 5



Afb. 26



Afb. 27



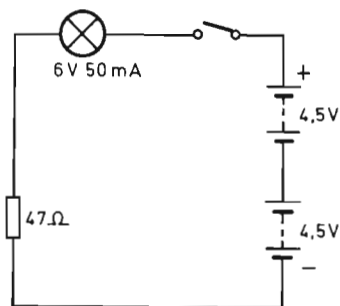
Afb. 28

2.3. De weerstand

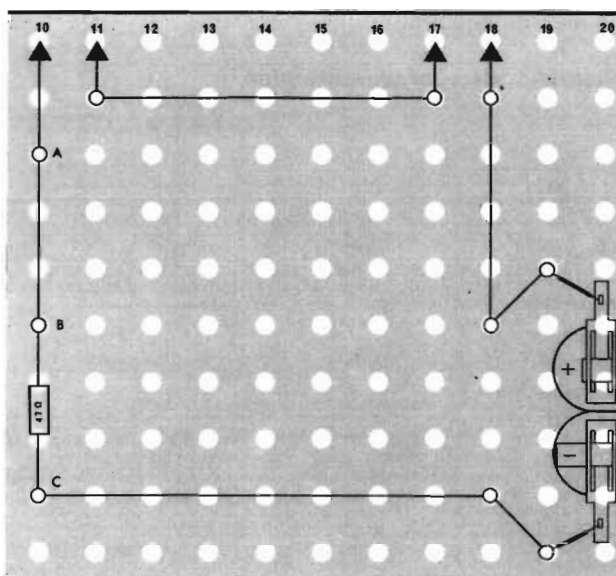
In deze bouwdoos worden koolweerstanden gebruikt. Ze bestaan uit een klein aardewerk buisje waarop een laagje koolstof is aangebracht. Zo'n laagje koolstof heeft een veel grotere weerstand dan bijv. koperdraad. De grootte van de weerstand wordt bepaald door de dikte en de lengte van de koolstoflaag en de fijnheidsgraad van de koolstofdeeltjes.

Op afb. 28 is zo'n weerstand afgebeeld. Om de werking van zulke onderdelen te onderzoeken neem je een weerstand met ringen in de kleuren geel – lila – zwart – goud (of zilver). Je kunt de schakeling uit de vorige proef gebruiken. Om te kunnen vergelijken breng je tussen B en C weer een draadverbinding tot stand; bedien de schakelaar en let op de helderheid van de lamp. Verwijder nu de verbinding tussen de klemmen B en C weer en zet daarvoor in de plaats een weerstand met de hiervoor aangegeven gekleurde ringen (afb. 30). Schakel dan in.

Schakeling 6



Afb. 29



Afb. 30

Je zult bemerken dat de lamp nu niet meer zo helder brandt. Daaraan zie je dat er minder stroom bij de lamp komt als er een weerstand in de leiding is ingebouwd.

De weerstand werkt als een vernauwing in de draad waar de elektronen niet zo makkelijk doorheen kunnen. Daarom bereiken minder elektronen de lamp.

Dit is het symbool voor een weerstand:



Een schema van een stroomkring met weerstand kun je vinden op afb. 29. Je hebt nu een proef genomen met één weerstand maar er zijn er nog veel meer die de elektronenstroom meer of minder afremmen. De Duitse natuuronderzoeker Georg Simon Ohm heeft de weerstand in de elektri-

sche stroomkring zorgvuldiger onderzocht en gemeten. Daarom wordt de waarde van een weerstand aangegeven in **ohm** en men gebruikt daarvoor de Griekse letter Ω (omega).

Grote weerstanden worden aangegeven in kilo-ohm (1000 ohm), afgekort $k\Omega$, of megohm (1.000.000 ohm), afgekort $M\Omega$.

$$1 k\Omega = 1000 \Omega$$

$$1 M\Omega = 1000 k\Omega = 1.000.000 \Omega$$

Omdat men op kleine onderdelen moeilijk getallen kan drukken, gebruikt men gekleurde ringen waaruit men de waarde van een weerstand kan afleiden. Iedere kleur geeft een bepaald getal aan, bovendien moeten we er goed op letten welke plaats, van links naar rechts gezien, de ring inneemt (de goud- of zilverkleurige ring moet altijd aan de rechterkant liggen).

De eerste gekleurde ring betekent het eerste cijfer van een getal, de tweede gekleurde ring van het tweede cijfer. De derde gekleurde ring geeft aan hoeveel nullen er komen achter de eerste twee cijfers.

In onderstaande tabel kun je nakijken welke getalswaarde de verschillende kleuren hebben:

Kleurencode voor weerstanden



Kleur	1e gekleurde ring	2e gekleurde ring	3e gekleurde ring
zwart	0	0	–
bruin	1	1	0
rood	2	2	00
oranje	3	3	000
geel	4	4	0000
groen	5	5	00000
blauw	6	6	000000
lila	7	7	
grijs	8	8	
wit	9	9	

De door de gekleurde ringen aangegeven waarden kunnen echter geringe afwijkingen vertonen. Deze mogelijke afwijking – ook wel **tolerantie** genoemd – wordt aangegeven door een goud- resp. zilverkleurige ring. Een goudkleurige ring wil zeggen dat de weerstand een tolerantie heeft van plm. 5% en een zilverkleurige van plm. 10%.

De waarde van de weerstand die je in de schakeling hebt gebruikt kun je nu zelf vaststellen. Leg deze weerstand voor je neer met de goud- of zilverkleurige ring aan de rechterkant. Van links naar rechts zie je de volgorde van de gekleurde ringen: geel – lila – zwart – (goud of zilver).

Hieruit volgt dan:

1e gekleurde ring: geel	=	4
2e gekleurde ring: lila	=	7
3e gekleurde ring: zwart	=	geen nullen
Totaal:		47 ohm

De goudkleurige ring – tolerantie plm. 5% – duidt er op dat de waarde van deze weerstand kan schommelen tussen 44,65 Ω en 49,35 Ω .

We zullen het nog eens met een andere weerstand proberen. Zoek er een op met drie rode ringen en een goud- of zilverkleurige ring. De goud- of zilverkleurige ring moet aan de rechterkant liggen!

1e gekleurde ring: rood	=	2
2e gekleurde ring: rood	=	2
3e gekleurde ring: rood	=	00 (2 nullen)
Totaal:		2200 ohm

Deze weerstandswaarde kan ook worden aangegeven met 2,2 kΩ. Op schema's zie je ook vaak de aanduiding 2k2. (Andere schrijfwijzen kun je vinden in de codetabel achter in dit boek).

Als je na het inbouwen van deze weerstand de schakelaar bedient worden de elektronen door de hoge weerstand zozeer in hun beweging geremd dat er niet genoeg bij de lamp kunnen komen om die te laten branden.

Overbrug je de weerstand met een stuk draad dat je tegen de klemmen B en C houdt dan brandt de lamp weer fel. De elektronen nemen dan de makkelijkste weg door de draad en ontlopen de weerstand.

Hieruit kunnen we de volgende conclusie trekken: bij gelijke spanning is de vloeiende stroom afhankelijk van de weerstand.

kleine weerstand = grote stroom
grote weerstand = kleine stroom

Bij de parallel- en serieschakelingen van batterijen heb je kunnen vaststellen dat de helderheid van de lamp afneemt naarmate de spanning wordt verlaagd.

Omdat bij het inbouwen van een weerstand de lamp niet zo fel meer brandt moet de weerstand dus ook een daling van de spanning veroorzaken. Deze spanningsverlaging komt voor bij elke weerstand en is afhankelijk van de weerstandswaarde en de stroomsterkte. De door een weerstand veroorzaakte verlaging van de spanning noemt men een **spanningsval**. Op die manier kan bij elektronische schakelingen uit een batterijspanning van bijv. 9 V door het inbouwen van verschillende weerstanden iedere gewenste lagere spanning worden bereikt.

In het algemeen geldt:

Kleine weerstand = geringe spanningsval = grote stroomsterkte en grote weerstand = grote spanningsval = kleine stroomsterkte

De samenhang tussen spanning, stroomsterkte en weerstand is vastgelegd in de **Wet van Ohm**. Tussen de drie genoemde grootheden bestaat de volgende relatie:

1. De stroomsterkte wordt groter als de spanning stijgt of de weerstand daalt.
2. De stroomsterkte wordt kleiner als de spanning daalt of de weerstand stijgt.

Hieruit kun je de volgende formule afleiden:

$$\text{stroomsterkte} = \frac{\text{spanning}}{\text{weerstand}}$$

In de praktijk is deze formule echter te omslachtig. Daarom gebruikt men vastgestelde afkortingen en schrijft i.p.v.:

Stroomsterkte = I
Spanning = V
Weerstand = R

Afgekort ziet de Wet van Ohm er dan zo uit:

$$I = \frac{V}{R}$$

Met behulp van deze wet kan men ook de waarde van de aangelegde spanning vaststellen. De formule wordt dan:

$$V = I \cdot R$$

Voor het berekenen van de weerstand uit stroomsterkte en spanning luidt de formule:

$$R = \frac{V}{I}$$

Bij het toepassen van de Wet van Ohm moeten we er op letten dat de waarde voor V (spanning) in volt, voor I (stroomsterkte) in ampere en voor R (weerstand) in ohm wordt genoteerd. Als de waarden van de respectieve grootheden zijn aangegeven in verschillende meeteenheden – b.v. volt en kilo-ohm – moet je ze eerst omrekenen.

In dit overzicht vind je de in de praktijk gebruikelijke meeteenheden voor spanning, stroomsterkte en weerstand:

Spanning:	1 V = 1000 mV	1 mV = 0,001 V
Stroomsterkte:	1 A = 1000 mA	1 mA = 0,001 A
Weerstand:	1 Ω = 0,001 kΩ	1 kΩ = 1000 Ω
		1 MΩ = 1000 kΩ

Hier volgen twee voorbeelden van de toepassing van de Wet van Ohm:

1. De stroomsterkte moet worden bepaald wanneer bij een spanning van 9 V een weerstand van 47 Ω in een stroomkring wordt geschakeld.

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

2. Hoe groot moet een weerstand zijn wanneer in een stroomkring een stroom van 0,5 A moet vloeien en een batterij van 4,5 V wordt aangesloten?

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

De weerstand moet dan 9 Ω bedragen.

Neem nu de weerstand van 47 Ω tussen duim en wijsvinger en houd beide aansluitdraden heel kort direct tegen de polen van de batterijen. Je zult merken dat de weerstand erg warm wordt.

Dit soort weerstanden ontwikkelt steeds warmte als er een stroom doorheen vloeit. De oorzaak hiervan is de wrijving van de elektronen in het geleidingsmateriaal. Daarom spreekt men van een belastingsweerstand.

Alle elektrische apparaten kunnen in feite als weerstand worden beschouwd want de warmte-ontwikkeling in bijv. strijkijzers en kookplaten wordt veroorzaakt door de weerstandswerking van de gloeidraden.

De elektrische stroom verricht op die plaats arbeid. Die in een bepaalde tijd verrichte arbeid wordt het **vermogen** van elektrische stroom genoemd en gemeten in **watt**, naar de Engelsman James Watt.

Het vermogen wordt aangeduid met de letter W en is het produkt van de spanning V (in volt) en de stroomsterkte I (in ampere).

Hoe groter stroomsterkte en spanning worden, hoe groter ook het vermogen. Bij de vorige proef werd de weerstand zó warm dat je dat kon voelen en dat is iets wat bij elektronische schakelingen beter achterwege kan

Schakeling 7

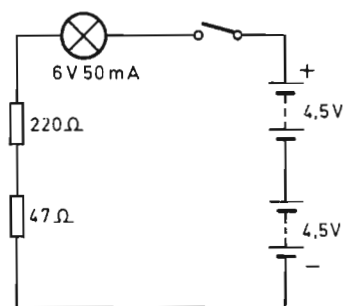


Abb. 31

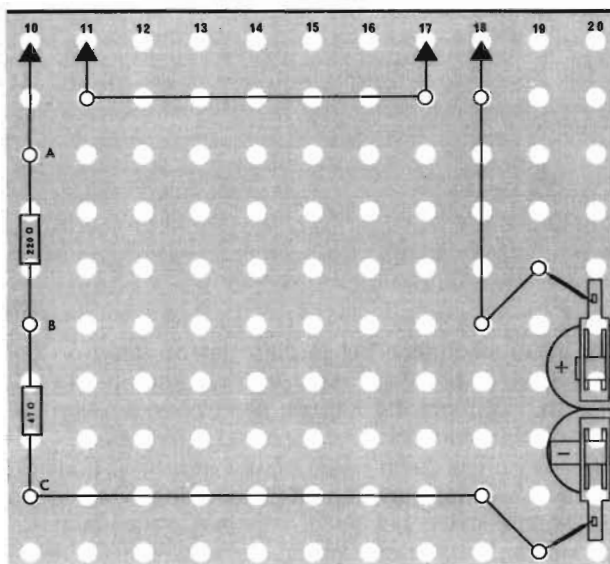


Abb. 32

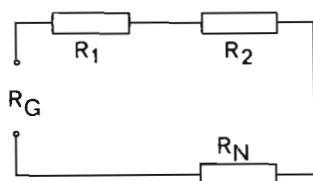
Indien je twee weerstanden achter elkaar in een stroomkring inbouwt werken ze als **één grote weerstand** want de elektronen moeten op hun weg van min- naar pluspool eerst de weerstand van $47\ \Omega$ en dan nog die van $220\ \Omega$ passeren. Beide keren worden de elektronen geremd waarbij de weerstandswaarden bij elkaar worden opgeteld.

De **totale weerstand** (afgekort R_T) kan worden berekend met behulp van onderstaande formule:

$$R_T = R_1 + R_2$$

De totale weerstand van de in de proef gebruikte weerstanden is dus:

$$\begin{aligned} R_T &= 220\ \Omega + 47\ \Omega \\ R_T &= 267\ \Omega \end{aligned}$$

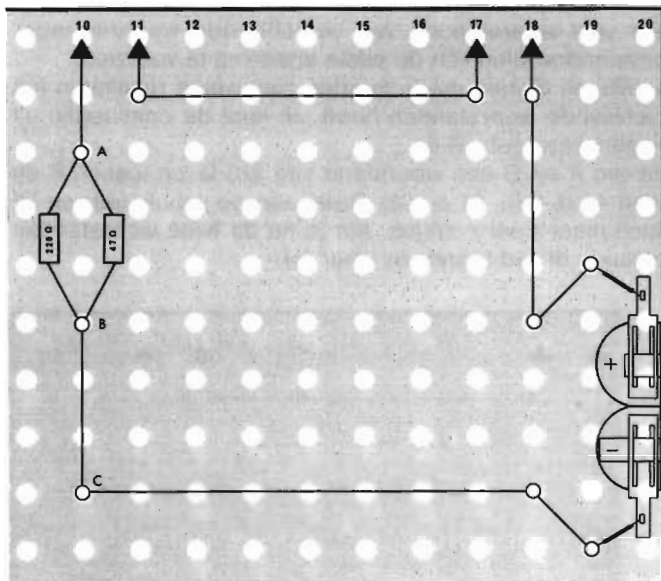


Natuurlijk kunnen we met behulp van deze formule ook de totale weerstand van enkele achter elkaar geschakelde weerstanden berekenen. De formule luidt dan

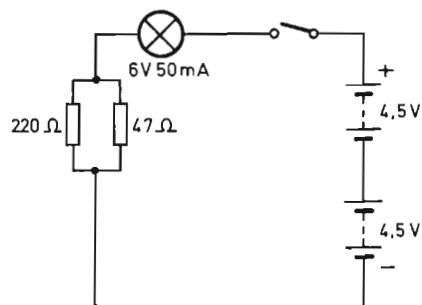
$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$

Omdat beide weerstanden achter elkaar in de stroomkring zijn opgebouwd noemen we dat een **serieschakeling**. Deze term gebruiken we voor alle onderdelen die op deze manier in een stroomkring worden geschakeld. Je kent het begrip al uit de serieschakeling van de batterijen.

Verwijder nu de weerstand van $47\ \Omega$ en bevestig hem **naast** die van $220\ \Omega$ aan de klemmen A en B. Tussen B en C moet je weer een draadverbinding aanbrengen (afb. 33 en 34).



Afb. 33



Afb. 34

Als je nu inschakelt zul je zien dat de lamp nu ongeveer net zo helder brandt alsof er alleen maar een weerstand van $47\ \Omega$ in de stroomkring was aangebracht. De meeste elektronen zoeken de makkelijkste weg en vloeien daarom door de weerstand van $47\ \Omega$.

Als twee onderdelen naast elkaar in een stroomkring worden ingebouwd noemen we dat een **parallelschakeling** (verg. de parallelschakeling van de batterijen). In het geval van een parallelschakeling zou je natuurlijk aannemen dat de elektronen de weg van de minste weerstand zouden kiezen. Dat is niet het geval en je kunt heel makkelijk vaststellen waarom. Maak de weerstand van $220\ \Omega$ los van klem B. Schakel in en let op de helderheid van de lamp. Hou nu de losse aansluiting van de weerstand heel even tegen klem B. Herhaal dat een paar maal en let goed op de lamp.

Elke keer als je klem B aanraakt met de losse aansluiting van de weerstand van $220\ \Omega$ brandt de lamp iets feller. Niet alle elektronen nemen de makkelijke weg door de weerstand van $47\ \Omega$, enkele „wringen” zich ook nog door de grotere weerstand. Bij een parallelschakeling van weerstanden is daarom de totale weerstand altijd kleiner dan die van de kleinste – in ons geval dus die van $47\ \Omega$.

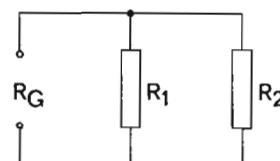
De berekening van de totale weerstand geschiedt met behulp van de volgende formule:

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

In het geval van onze schakeling dus:

$$R_T = \frac{220 \cdot 47}{220 + 47} = \frac{10340}{267} = 38,7\ \Omega \approx 39\ \Omega$$

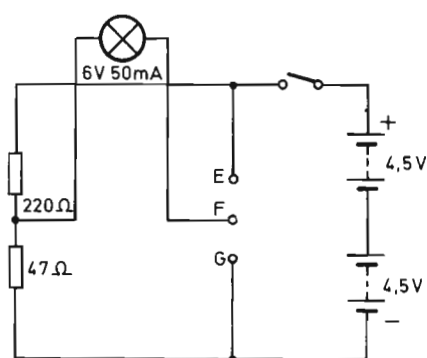
Terwijl de kleinste weerstand van de parallelschakeling een waarde heeft van $47\ \Omega$ is de totale weerstand in werkelijkheid slechts $39\ \Omega$. In een elektronische schakeling vervullen weerstanden een belangrijke rol als schakelement.



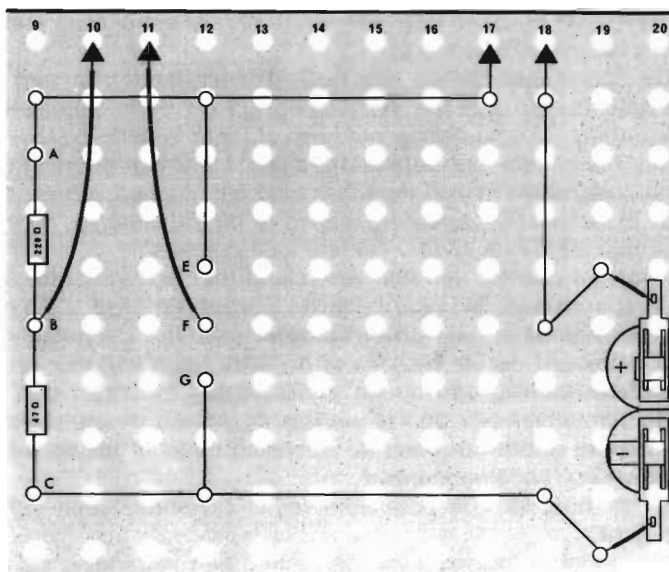
Schakeling 9

Door het gebruik van twee achter elkaar geschakelde batterijen is de bedrijfsspanning voor alle schakelingen van de Philips Experimenteerdoos 9V. Omdat deze spanning niet voor alle bouwelementen geschikt is kan ze door het voorschakelen van een weerstand worden verlaagd. Daardoor wordt voorkomen dat een onderdeel (bijv. een transistor) stuk gaat. Zo'n weerstand noemen we een **voorschakel weerstand**.

Een andere belangrijke taak van weerstanden kun je ontdekken in de volgende schakeling (Indien mogelijk moet je voor deze proef verse batterijen gebruiken). Bouw een stroomkring waarin de weerstanden van $220\ \Omega$ en $47\ \Omega$ tussen de klemmen A – B en B – C in serie worden geschakeld. Leg van klem A een verbinding naar klem E en van C een verbinding naar G. De aansluitingen 10 en 11 van de lamp worden verbonden met de klemmen B en F (afb. 36). Verbind dan de klemmen E en F met een draad-



Afb. 35



Afb. 36

brug, schakel in en let op de lamp.

Verwijder nu de draadbrug tussen E en F en maak een verbinding tussen F en G. Draai aan de schakelaar en let op de lamp. (Je moet nu heel goed kijken en eventueel de kamer verduisteren). In het eerste geval brandt de lamp fel. Door de verbinding van de klemmen E en F wordt bewerkstelligd dat de lamp met weerstand R_2 ($47\ \Omega$) in serie en tegelijkertijd met R_1 ($220\ \Omega$) parallel geschakeld is. In het tweede geval brandt de lamp heel zwak want nu wordt zij door de verbinding van de klemmen F en G met weerstand R_1 ($220\ \Omega$) in serie en met R_2 ($47\ \Omega$) parallel geschakeld. Dit verschijnsel kunnen we verklaren met behulp van de Wet van Ohm.

In de eerste plaats kan met de formule $I = \frac{V}{R}$ de door de weerstand

vloeiende stroom worden vastgesteld. De batterijspanning bedraagt 9 V, de totale weerstand $220 + 47 = 267\ \Omega$.

Hieruit volgt dus:

$$I = \frac{9}{267}$$

$$I \approx 0,0337\ \text{A}$$

Voor R_1 : $V_1 = 220 \cdot 0,0337 = 7,42 \text{ V}$
 $V_1 \approx 7,5 \text{ V}$

Voor R_2 : $V_2 = 47 \cdot 0,0337 = 1,58 \text{ V}$
 $V_2 \approx 1,5 \text{ V}$

In deze serieschakeling verhouden de weerstanden van 220Ω en 47Ω zich ongeveer als 5:1. Uit de berekeningen volgens de Wet van Ohm blijkt dat de verhouding van de deelspanningen óók plm. 5 : 1 is, n.l. $7,5 \text{ V} : 1,5 \text{ V}$. Bij een serieschakeling met weerstand R_2 (47Ω) krijgt de lamp een spanning van $7,5 \text{ V}$ omdat bij R_2 slechts een spanningsval van $1,5 \text{ V}$ optreedt ($9 \text{ V} - 1,5 \text{ V} = 7,5 \text{ V}$). Daarom brandt ze fel. Bij een serieschakeling met weerstand R_1 (220Ω) daarentegen krijgt ze maar een spanning van $1,5 \text{ V}$ omdat bij R_1 een spanningsval van $7,5 \text{ V}$ optreedt ($9 \text{ V} - 7,5 \text{ V} = 1,5 \text{ V}$). Daarom brandt dan de lamp maar heel flauw.

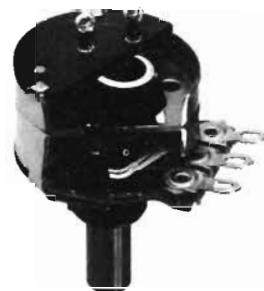
De berekende waarden kloppen niet precies omdat de lamp zelf ook een weerstand heeft en daardoor in de parallelschakeling met R_1 of R_2 de totale weerstand verandert.

De spanningen bij de respectieve weerstanden in een serieschakeling staan dus in dezelfde verhouding als de overeenkomstige weerstandswaarden. Zo'n opstelling van twee of meer in serie geschakelde weerstanden noemt men een **spanningsdelers**. Hij wordt gebruikt om voor bepaalde onderdelen binnen de schakeling spanningen van verschillende hoogte af te nemen. De spanningsdeling is bij vaststaande weerstandswaarden – bijv. 220Ω en 47Ω – echter vast ingesteld.

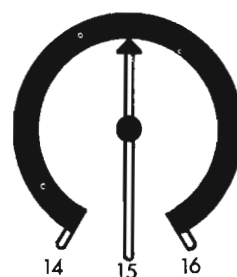
Door het gebruik van een weerstand met een variabele waarde kan ook de spanningsdeling naar believen worden veranderd. Zo'n traploos instelbare weerstand heet **potentiometer** (afb. 37). De potentiometer is zo geconstrueerd dat de weerstand de vorm heeft van een ring. Sluiten we de batterijspanning aan op de aansluitingen 14 en 16 dan wordt de totale weerstand van bijv. $10 \text{ k}\Omega$ werkzaam. Als we de aansluitingen 14 en 15 en 15 en 16 gebruiken daalt de spanning meer of minder al naar gelang de plaats van het sleepcontact.

In het huis van de potentiometer is bovendien een schakelaar aangebracht.

Leg vanaf de pluspool van de batterij een verbinding via de aan- uitscha-

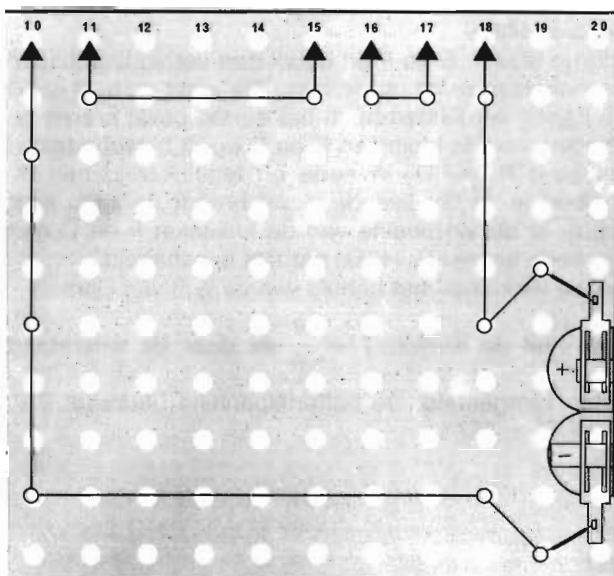


Afb. 37

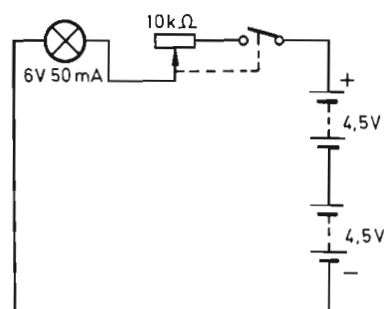


Afb. 38

Schakeling 10



Afb. 39



Afb. 40

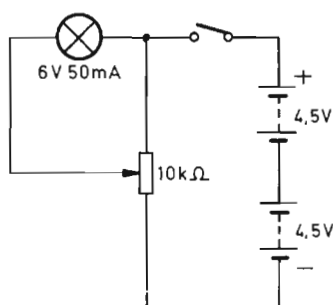
kelaar (aansluitingen 17 en 18) naar aansluiting 16 van de potentiometer (Deze schakeling kan ook worden gebouwd met behulp van de instelpotentiometer uit EE 2004). Verbind dan aansluiting 15 (sleepcontact) met aansluiting 11 van de lamp. Vanaf aansluiting 10 leidt de verbinding naar de minpool van de batterij (afb. 39 en 40).

Het symbool voor een potentiometer ziet er zo uit:

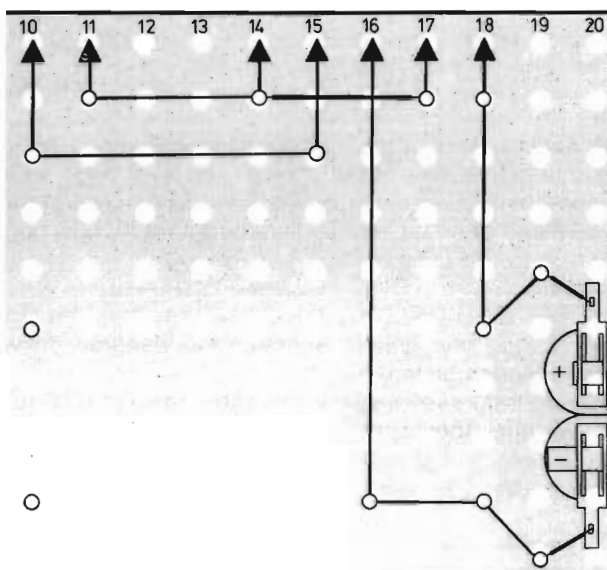


Schakel eerst in en draai dan met de knop het sleepcontact van de potentiometer langzaam steeds verder naar rechts. Eerst brandt de lamp fel. Hoe verder je de knop naar rechts draait, hoe minder fel de lamp gaat branden omdat de weerstand steeds groter wordt. Tenslotte gaat ze helemaal uit omdat de weerstand zo groot geworden is dat er niet meer voldoende spanning is om de lamp te laten branden. Aan het andere einde van weerstandsbaan (tegen de aanslag aan) bedraagt de weerstand 10.000 Ω (10 k Ω).

Schakeling 11



Afb. 41



Afb. 42



Afb. 43

Indien de potentiometer moet fungeren als spanningsdeler moet de batterijspanning worden aangesloten aan aansluitingen 14 en 16. Over sleepcontact 15 kan dan de gewenste deelspanning worden afgenomen (afb. 41 en 42). Een ander onderdeel, de **instelpotentiometer** (afb. 43) werkt net zo, met dit verschil dat hierbij de gewenste spanningsdeling moet worden ingesteld en na het inbouwen niet meer verandert. De totale weerstand van de instelpotentiometer bedraagt 47.000 Ω (47 k Ω).

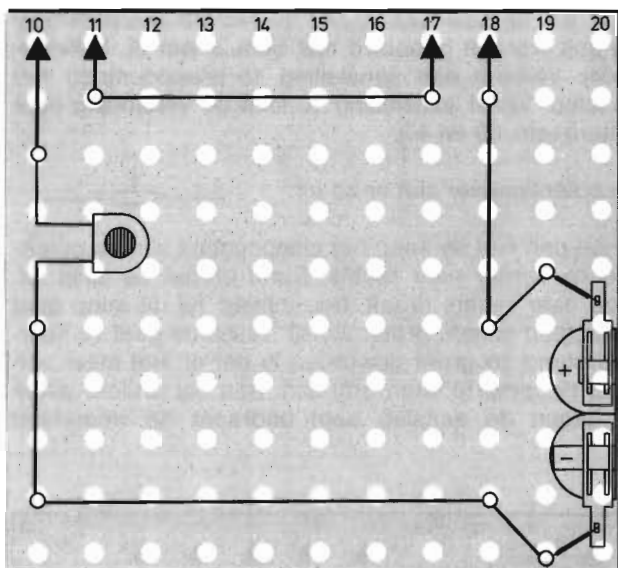
Schakeling 12



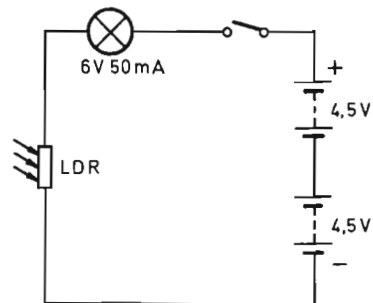
Afb. 44

Nu moet je nog enige bijzondere weerstanden leren kennen die qua constructie zeer veel verschillen van de soorten waarmee je tot dusver hebt gewerkt. De manier waarop ze functioneren kun je ontdekken in het voorbeeld van de **lichtgevoelige weerstand** (afb. 44), afgekort **LDR** (Engels: Light Dependent Resistor = licht afhankelijke weerstand).

Bouw een eenvoudige stroomkring met lamp op. Onderbreek die stroomkring tussen klem A en B, zet de LDR er tussen en laat een lichtstraal – bijv. uit een zaklantaarn – op het gestreepte vlak vallen. Zolang er voldoende licht op de LDR valt blijft de lamp branden (afb. 45 en 46).



Afb. 45



Afb. 46

De constructie van de lichtgevoelige weerstand berust op het feit dat het gebruikte materiaal in het donker een zeer hoge weerstand heeft (plm. 10 mega-ohm). Zo gauw er echter licht op de gestreepte kant valt neemt die weerstand af en bij zeer fel licht bedraagt hij bijv. nog maar ca. 20 Ω .

Symbol:



Hier volgen nog enkele weerstanden waarvan de waarde afhankelijk is van invloeden buitenaf:

1. temperatuurgevoelige weerstand, afgekort **NTC** (Engels: **N**egative **T**emperature **C**oefficient);
2. spanningsafhankelijke weerstand, afgekort **VDR** (Engels: **V**oltage **D**ependent **R**esistor).

De waarde van de NTC-weerstand vermindert bij verwarming, d.w.z. het spanningsverlies wordt kleiner. Hij wordt gebruikt om bijv. bij de verwarming van transistors de basisstroom te sturen (zie transistor).

De VDR is een element waarvan de weerstandwaarde daalt bij een bepaalde spanning. Hij wordt gebruikt bij het stabiliseren van spanningen.

Bij alle tot dusver behandelde schakelingen heb je stroom leren kennen als een permanente kringloop van elektronen van de minpool van de batterij door de leiding naar de pluspool. Dit noemen we **gelijkstroom**.

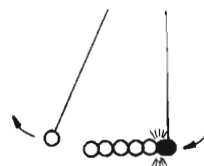
2.4. De wisselstroom

Er bestaat ook een andere manier waarop elektronen zich in de leiding kunnen voortbewegen, n.l. heen en weer. Zo'n stroom noemen we een wisselstroom. Aan de hand van een vergelijking zullen we je duidelijk maken hoe hierbij de stroomvloed tot stand komt.

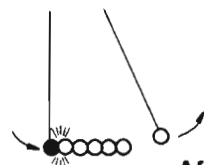
Op afb. 47 zie je een rijtje kogels achter elkaar op een rijtje hangen. Als de rechter kogel in beweging wordt gezet en tegen de andere slaat komt hij onmiddellijk tot stilstand. Op dat zelfde ogenblik komt de meest linkse kogel in beweging en als die weer terugvalt tegen de andere gebeurt hetzelfde, maar nu in tegenovergestelde richting (afb. 48).

Hetzelfde gebeurt ook met de elektronen in de leiding.

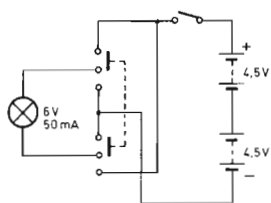
Een heel simpele proef maakt dat duidelijk. Verwijder de LDR uit de vorige



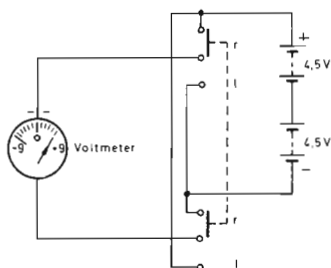
Afb. 47



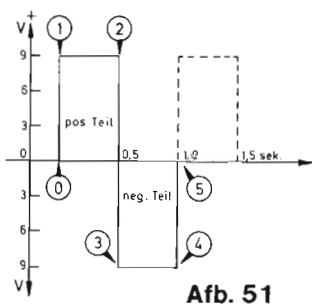
Afb. 48



Afb. 49



Afb. 50



Afb. 51

schakeling en sluit de eenvoudige stroomkring met een draadverbinding. Houd nu telkens de uiteinden van de draden aan de tegenovergestelde pool van de batterij. De lamp brandt weer maar de elektronen bewegen zich nu in een andere richting. Als je de „wissel” tussen de polen van de batterij in snel tempo herhaalt verwisselen de elektronen in de leiding óók elke keer van richting maar ondanks dát laten ze de lamp toch branden. In principe heb je op deze manier het begin van een „wisselspanning” opgewekt – zij het dan in een zeer ongelijkmatige vorm. In werkelijkheid wisselen de elektronen veel sneller van richting. In het lichtnet bijvoorbeeld vloeien ze 1/100 sec. in de ene en 1/100 sec. in de andere richting.

Een betere manier om een wisselspanning op te wekken krijg je als je de schuifschakelaar (uit EE 2004) in de stroomkring inbouwt (afb. 49). Zowel in de linkse als in de rechtse stand van de schakelaar brandt de lamp. Als je een spanningsmeter (voltmeter) inbouwt in plaats van de lamp kun je de richtingsverandering zichtbaar maken. Op de afbeeldingen 50 en 51 zie je een theoretische beschrijving van de wisselstroom.

Indien bij punt 0 de spanning wordt ingeschakeld – schakelaar naar links – slaat de meter uit naar +9 V. Dat komt overeen met punt 1 in het diagram. De verbindinglijn 0 - 1 toont het stijgen van de spanning bij het inschakelen. De aanwezige spanning verandert niet bij deze positie van de schakelaar. Ze blijft staan op +9 V zoals weergegeven door de horizontale lijn van 1 naar 2.

Druk je de schakelaar naar rechts dan worden de batterij-aansluitingen omgepooled en de spanning verandert van richting. Tijdens het omschakelen slaat de wijzer uit over het nulpunt naar de negatieve kant van de schaal en blijft staan bij -9 V (punt 3 op de afbeelding). De verandering van richting wordt weergegeven door de verbindinglijn van 2 naar 3. Zolang de schakelaar in deze stand blijft staan verandert er ook niets aan de spanning van -9 V (verbinding van punt 3 naar 4). Pas wanneer op punt 4 de schakelaar weer in de linkse stand wordt gezet verandert de spanning weer van richting.

Bij het bereiken van de nullijn (punt 5) is de eerste trilling voltooid en begint de tweede.

De totale hoogte van de **trilling** van 0 tot punt 1 resp. van 4 tot 5 heet **amplitude** en deze amplitude heeft in bovenstaand voorbeeld een waarde van 9 V.

Om te komen tot een gelijkmatige curve zou de schakelaar even lang in de „linkse” als in de „rechtse” stand moeten blijven staan – in ons voorbeeld steeds 0,5 sec. De tijdsindeling kan worden afgelezen op een horizontale nullijn. De trillingen van de wisselstroom van punt 0 tot punt 5 in één seconde noemt men **frequentie** (afgekort f) en die wordt gemeten in **hertz**, zo genoemd naar de Duitse natuurkundige Heinrich Hertz. In ons voorbeeld duurt de totale trilling één seconde en heeft diensgevolge een frequentie van 1 hertz. Dat is een zeer lage frequentie. De wisselstroom van het lichtnet heeft een frequentie van 50 hertz, afgekort Hz, d.w.z. in één seconde vinden er 50 trillingen plaats.

$$\text{Frequentie } 1 \text{ Hz} = \frac{1 \text{ trilling}}{1 \text{ seconde}}$$

Bij het ompolen van de spanning met behulp van de schakelaar ontstaat er een z.g. **rechthoekcurve** omdat bij een bepaalde positie van de schakelaar de spanning op één niveau blijft staan.

De wisselstroom van het lichtnet vloeit in een veel meer „afgeronde” curve (afb. 52). Deze curve noemen we „sinuscurve of sinustrilling”.

Voor de radiotechniek zijn dit soort trillingen van fundamentele betekenis want alles wat wij waarnemen als spraak, muziek of andersoortig geluid bestaat uit „geluidsgolven die verschillende frequenties hebben. De laagste, nog hoorbare toon heeft een frequentie van ongeveer 16 Hz – dus 16 trillingen per seconde – en de bovenste grens schommelt tussen 16.000 en 20.000 Hz.

Deze geluidsgolven kan men transformeren tot elektrische trillingen. Een zender zendt trillingen uit als „draaggolven” die gesproken woord, muziek en beelden naar de ontvangers „transporteren” (vergelijk Hoofdstuk 5). Bij zeer hoge frequenties gebruikt men i.p.v. 1000 Hz de aanduiding 1 kHz (kilohertz) en voor 1000 kHz schrijft men ook wel 1 MHz (megahertz).

1000 Hz	=	1 kHz
1.000.000 Hz	=	1000 kHz = 1 MHz

In de elektronica speelt ook de magnetische kracht een grote rol. Je hebt ongetwijfeld al wel eens een magneet gezien en daarbij is je natuurlijk ook opgevallen welke geheimzinnige krachten er in zo'n stuk ijzer schuilten. Het trekt ijzer aan of kan het magnetiseren zodat het zelf als een magneet gaat werken. Helaas is het niet mogelijk om het magnetisme met onze zintuigen waar te nemen en dus moeten we onze toevlucht zoeken tot hulpmiddelen.

Als je eens in de gelegenheid bent om een magneet en wat ijzervijlsel te bemachtigen kun je de magnetische kracht zichtbaar maken. Leg een stuk papier op de magneet en strooi daar het ijzervijlsel overheen. Eerst zullen ze zich tamelijk onregelmatig ophopen aan de uiteinden van magneet, de noordpool en de zuidpool. Als je echter voorzichtig op het papier tikt vormen de deeltjes ijzervijlsel een bepaald patroon dat loopt van pool tot pool.

Dat patroon noemen we de **magnetische krachtlijnen** en die werken in een bepaald gebied rondom de magneet. Dit gebied noemen we het **magnetische krachtveld** of kortweg het **magnetisch veld** (afb. 53).

Ook de elektrische stroom heeft een magnetische werking.

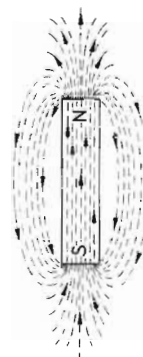
Net als een staafmagneet oefent ook een draad waarop spanning staat een magnetische werking uit. Rond de draad ontstaat een magnetisch krachtveld waarvan de krachtlijnen cirkelvormig verlopen (afb. 54). Als je een geïsoleerde draad wikkelt krijg je een **spoel**. Als je die spoel onder spanning zet ontstaan er ook magnetische krachtlijnen; de magnetische werking is echter veel sterker dan bij één enkele draad. Omdat de wikkelingen naar verhouding dicht naast elkaar liggen werken de magnetische velden van de respectieve wikkelingen als één geheel. De werking wordt tot een bepaalde hoogte bepaald door het aantal wikkelingen van de spoel. Het magnetische veld in het inwendige van de spoel heeft – net als een staafmagneet – aan de uiteinden een noord- en een zuidpool (afb. 55). Het kan nog worden versterkt als je, net als op afbeelding 56, een ijzeren kern (ijzeren staafje) in de onder spanning staande spoel schuift. De ijzeren kern in de spoel wordt zelf magnetisch zolang er stroom door een spoel vloeit. Een spoel met een ijzeren kern die onder spanning staat wordt ook wel **elektromagneet** genoemd. Elektrische stroom kan dus magnetisme veroorzaken.

Dit proces kan ook in omgekeerde richting verlopen zoals blijkt uit de volgende afbeeldingen (afb. 57a tot f).

Op het eerste plaatje zie je een spoel waaraan een meetinstrument is aangesloten dat dient om de spanning en de richting van die spanning aan te wijzen.



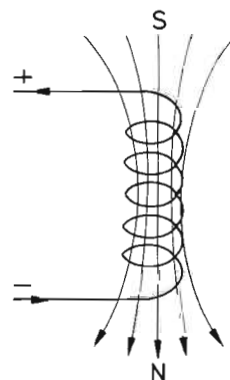
Afb. 52



Afb. 53



Afb. 54



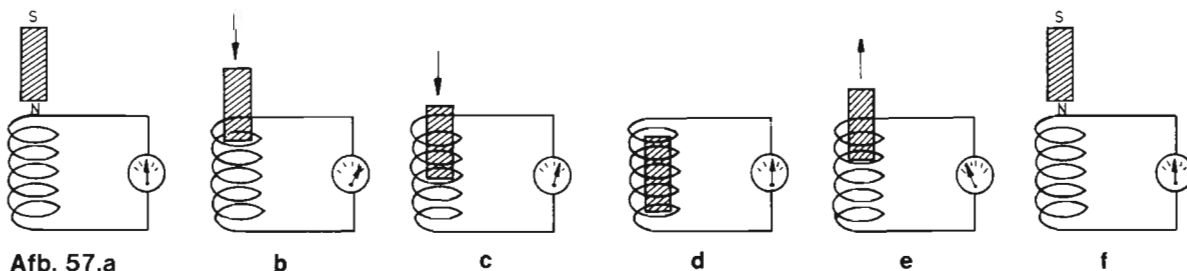
Afb. 55



Afb. 56

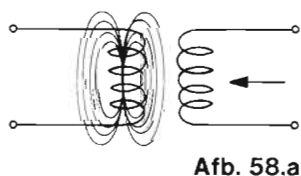
Op afb. 57a zit de magneet nog niet in de spoel. Hij oefent geen enkele werking uit op de spoel en daarom slaat de wijzer van het meettoestel ook niet uit.

Op afbeeldingen 57b en 57c verdwijnt de magneet in het inwendige van de spoel en de wijzer slaat uit naar rechts. Er moet dus spanning in de spoel ontstaan. Op afbeelding 57d staat de magneet stil in de spoel. De wijzer

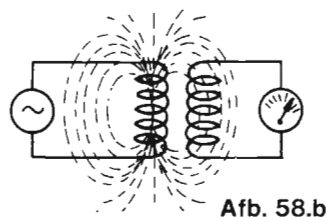


slaat niet uit en er is dus geen spanning. Beweegt de magneet zich echter in de tegenovergestelde richting (afb. 57e) uit de spoel dan registreert het meettoestel weer spanning; dit keer slaat de wijzer uit naar links. Op afbeelding 57f is de magneet weer buiten de spoel. Het meettoestel slaat niet meer uit en er is dus geen spanning meer.

Hieruit volgt dus: alleen wanneer de magneet in beweging is ontstaat er spanning. Bij het op- en neerbewegen kruist zijn krachtveld de bedrading van de spoel en daardoor wordt spanning opgewekt. Wordt de magneet snel op en neer bewogen dan ontstaat er een wisselspanning. De frequentie hiervan is afhankelijk van het aantal keren dat de magneet op en neer wordt bewogen. Een spanning die op deze manier wordt opgewekt noemt men **inductiespanning**. Het proces waarbij spanning wordt opgewekt met behulp van een magnetisch veld wordt dan ook aangeduid als **elektromagnetische inductie**.

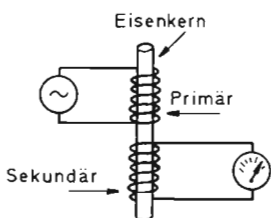


Bij inductie kruisen de krachtlijnen van de magneet de wikkelingen van de spoel en wekken zo spanning op. Omdat ook een draad onder spanning een magnetisch krachtveld heeft kan met het krachtveld van een onder spanning staande spoel (verg. afb. 55) door inductie spanning worden opgewekt. Indien deze spanning ook moet worden opgewekt in een tweede spoel dan moet die binnen het krachtveld gebracht worden van de spoel die reeds onder spanning staat.



In de tweede spoel kan alleen dan inductie plaatsvinden als hij binnen het krachtveld van de eerste wordt gebracht (afb. 58) en als het krachtveld van de eerste spoel door in- en uitschakelen van de elektrische spanning voortdurend wordt opgebouwd en afgebroken. De eerste, onder spanning staande spoel noemt men **primaire spoel**, de tweede **secundaire spoel**.

Omdat in elektronische schakelingen noch een mechanische beweging van de secundaire spoel, noch een voortdurend in- en uitschakelen van de stroom van de primaire spoel mogelijk is heeft men naar een betere oplossing gezocht. Indien namelijk de primaire spoel onder een wisselspanning staat verandert de stroom (zie Wisselstroom, afb. 51) voortdurend van richting. Daardoor wordt ook het magnetische veld met zijn krachtlijnen in het zelfde ritme periodiek omgepoold. De spoelen hoeven dus niet meer van plaats veranderd te worden want de wisselstroom van de primaire spoel induceert ook een wisselspanning in de secundaire spoel omdat beide door krachtlijnen aan elkaar gekoppeld zijn. De werking kan ook in dit geval weer versterkt worden door een ijzeren kern. Dat kun je zien op afb. 59.



Op afbeelding 60 zie je verschillende transformatoren die van elkaar verschillen in uitvoering en door het gebruikte materiaal.

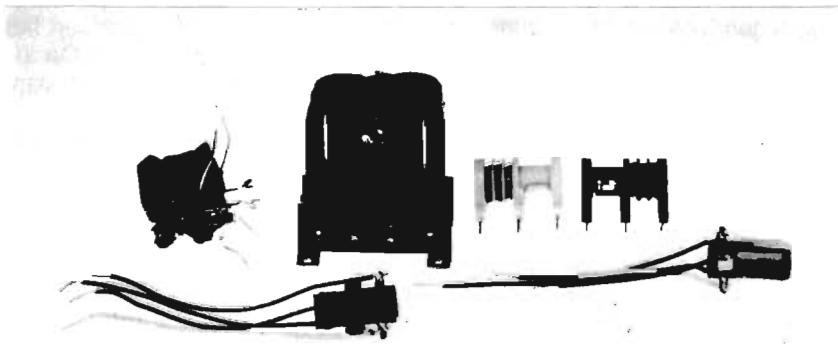
Met een transformator kunnen o.a. lage spanningen verhoogd worden en omgekeerd. Van belang hierbij is het aantal wikkelingen op de twee spoelen die daarbij worden gebruikt.

Hier volgt een voorbeeld:

Primaire spoel = 300 wikkelingen

Secundaire spoel = 600 wikkelingen

Als je op de primaire spoel een wisselspanning van 25 V aansluit stijgt de spanning in de secundaire spoel tot ca 50 V. Tegelijkertijd wordt de stroom tot op de helft terug getransformeerd. De wikkelingen van beide spoelen staan in een verhouding 1 : 2; diensgevolge verhouden de optredende spanningen zich net zo, precies omgekeerd echter (2 : 1) de stromen. Hieruit wordt duidelijk dat het aantal wikkelingen op een spoel een zeer belangrijke rol speelt. Bovendien heb je al geleerd dat het gebruik van een ijzeren kern de werking van een spoel versterkt. In het algemeen spreekt men over een **spoelkern**.



Afb. 60

2.5. De spoel

De **elektronische eigenschappen** van een spoel worden bepaald door de afmeting van de spoelkern en het aantal wikkelingen en worden samengevat onder het begrip **inductie**.

Om de inductie van een spoel te kunnen vaststellen gebruikt men de meeteenheid **henry** – zo genoemd naar de Amerikaanse natuurkundige Joseph Henry. Het symbool van de inductie is de hoofdletter L. Als bij een verandering van een stroom van 1 ampère in één seconde in de spoel een inductiespanning van 1 volt wordt geïnduceerd bedraagt die inductie 1 henry.

Omdat de henry een tamelijk grote eenheid is – in de praktijk worden veel geringere waarden dan 1 henry gemeten – gebruikt men de onderverdelingen millihenry, afgekort mH, voor één duizendste henry en microhenry, afgekort μH , voor één miljoenste henry.

$$1 \text{ H} = 1000 \text{ mH} = 1.000.000 \mu\text{H}$$

$$1 \text{ mH} = 1000 \mu\text{H}$$

Een spoel heeft nog een andere belangrijke functie. Hij kan onder bepaalde voorwaarden ook als weerstand worden gebruikt.

Om de werking van een wisselstroomkring te kunnen begrijpen moet je nog het volgende weten:

Iedere spoel vormt een magnetisch veld als er stroom doorheen vloeit (verg. pagina 34). Bij een verandering van het magnetisch veld wordt een inductiespanning opgewekt die de bestaande elektromagnetische toestand tegenwerkt, d.w.z. de stroom door de spoel wordt afgezwakt.

Omdat het magnetische veld steeds weer wordt opgebouwd en weer afgebroken bij het aanleggen van een wisselspanning aan de spoel ontstaat er door inductie voortdurend weerstand. Dit noemen we **wisselstroomweerstand** of **inductieve weerstand**. Daarbij gaat het niet om de al bekende weerstand van Ohm (gelijkstroomweerstand) van de spoeldraad die afhankelijk is van de lengte en de doorsnede en die bij het aansluiten van gelijkstroom als vaststaande waarde kan worden gemeten. Bovendien is er nog de term **schijnbare weerstand** of, met een vakterm, **impedantie**. De inductieweerstand wordt ook in ohm gemeten en aangeduid met de letters X_L .

De wisselstroomweerstand van een spoel – de inductieweerstand dus – wordt groter naarmate het magnetische veld sneller verandert. Dat betekent dat bij wisselstromen met een hoge frequentie een grote weerstand optreedt in de spoel en bij wisselstromen met een lage frequentie een lage weerstand. Bij gelijkstroom ontstaat geen inductieweerstand.

hoge wisselstroomfrequentie = grote inductieweerstand
lage wisselstroomfrequentie = lage inductieweerstand

Dit feit komt bijvoorbeeld van pas als men twee wisselstromen van verschillende frequentie of gelijk- en wisselstromen van elkaar wil scheiden. Daarom spreekt men van een **smorende werking** van de spoel voor wisselstroom en een voor dat doel ingebouwde spoel noemt men dan een **smoorspoel**.

De smoorspoel in de elektronica-experimenteerdoo van Philips bestaat uit koperdraad dat om een ferroxcubekern is gewikkeld. Als bescherming zit er een laagje was omheen.

In elektronische schakelingen worden zulke smoorspoelen gebruikt om bijv. storende frequenties in radio- en televisietoestellen uit te schakelen. Indien men spoelen in serie schakelt dan wordt de totale inductie (L) groter en wel ongeveer volgens de volgende formule.

$$L_{\text{tot}} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_x$$

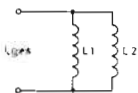
Parallel geschakelde spoelen hebben – net als weerstanden – een lagere totaal – inductie dan die van de kleinste spoel. Je kunt die berekenen aan de hand van de volgende formule:

$$L_{\text{tot}} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

2.6. De diode

Uit de tot dusver behandelde schakelingen heb je geleerd dat elektrische stroom bestaat uit de beweging van vrije elektronen in metaal. Als je een spanningsbron aansluit aan een metalen geleider (bijv. koperdraad) bewegen de negatieve elektronen zich altijd van de negatieve naar de positieve spanningspool.

Ongeveer 50 jaar geleden ontdekte men dat elektronen zich onder bepaalde voorwaarden ook in een luchtledige ruimte (een vacuüm) kunnen bewegen. Om een vacuüm op te wekken wordt alle lucht uit een glazen buis weggezogen. In deze glazen buis worden tevoren twee elektrische



polen in de vorm van metalen plaatjes vastgesmolten. Die polen noemen we **anode** en **katode**. Zo'n constructie heet een **radiobuis**.

Verbinden we nu de anode met de pluspool en de katode met de minpool van een spanningsbron en verhitten we bovendien de katode (met behulp van een extra ingebouwde gloeidraad) dan treden bij een bepaalde temperatuur elektroden uit de katode in de vrije ruimte. Ze worden aangetrokken door de met de pluspool verbonden anode. Daardoor wordt de stroomkring gesloten en er ontstaat een stroom (afb. 61).

Omdat deze buis twee elektrische polen heeft (anode en katode) noemt men hem ook wel **diode** (di = twee) of diodebuis.

Als nu de spanningsbron wordt omgepoold, d.w.z. de anode verbonden met de minpool, worden de elektronen die vrijkomen uit de verhitte katode afgestoten. Ze vormen een wolk rond de katode en kunnen niet weg uit diens „invloedssfeer”. De elektronenstroom is onderbroken en de diode blokkeert de stroom (afb. 62).

Ongeveer 25 jaar lang werden in de radiotechniek uitsluitend buizen gebruikt. Door de ontdekking dat voor deze doeleinden ook zogenaamd **halfgeleidend materiaal** gebruikt kan worden werd de ontwikkeling van de elektronica ingrijpend veranderd.

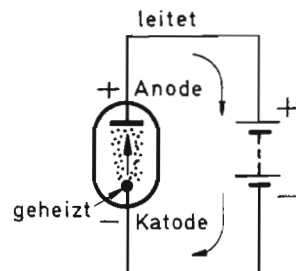
Halfgeleiders zijn stoffen waarvan het geleidend vermogen ligt tussen isolators en goede geleiders (bv. koper) (zie Geleiders en isolatoren). De tegenwoordig meest gebruikte halfgeleidende stoffen zijn **germanium** en **silicium**.

Een diode die van dit materiaal is gemaakt heet een halfgeleiderdiode. Uit de beschrijving van de diodebuis heb je kunnen opmaken dat het elektrisch geleidingsvermogen maar in één richting bestaat.

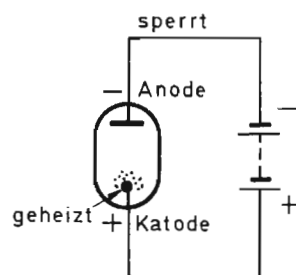
Om te onderzoeken of de halfgeleiderdiode uit je Philips elektronica experimenteerdoos (afb. 65) aan dezelfde voorwaarden voldoet bouw je een stroomkring en zet de diode zodanig tussen de klemmen B en C dat de rode zijde in de richting van de minpool van de batterij wijst (afb. 63 en 64).

Als je de schakelaar bedient brandt de lamp.

Zet de diode nu andersom in de stroomkring – de rode punt in de richting van de pluspool. Als je nu de schakelaar bedient brandt de lamp niet (afb. 66). Ook de diode, die uit halfgeleidend materiaal bestaat, laat de elektronen maar in één richting door.

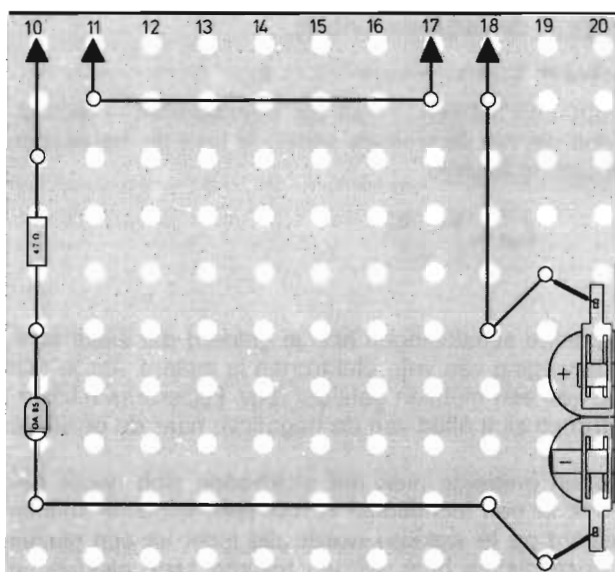


Afb. 61

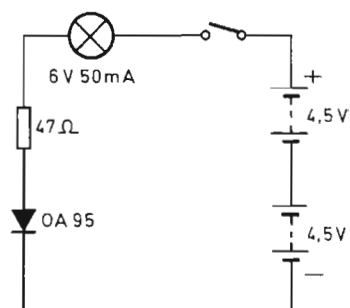


Afb. 62

Schakeling 13



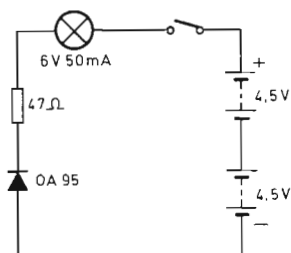
Afb. 63



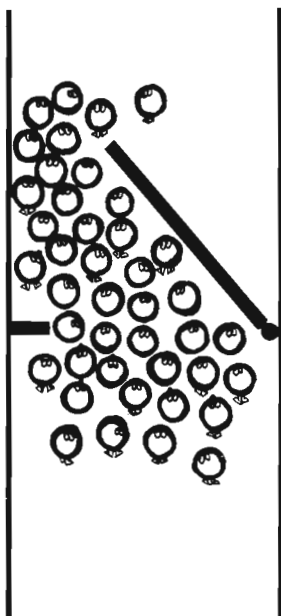
Afb. 64



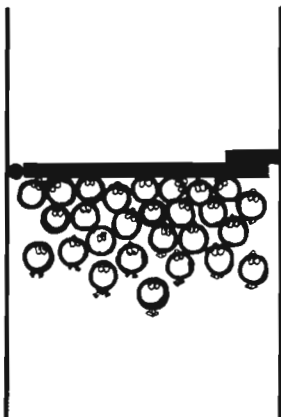
Afb. 65



Afb. 66



Afb. 67



Afb. 68

Aan de hand van de volgende modelvoorbeelden kun je de werking van een diode leren kennen.

Je moet je voorstellen dat er in een diode een zwaai deur zit ingebouwd die maar naar één kant open gaat!

Als de rode punt in de richting van de minpool van de batterij wijst stromen de elektronen tegen die deur, die gaat open en de elektronen kunnen er door (afb. 67).

Men zegt dan dat de diode in de **doorlaatrichting** (geopende deur) is geschakeld (afb. 64).

Symbol voor een diode:



Als je een diode in de tegenovergestelde richting in de stroomkring monteert stromen de elektronen tegen de andere kant van de deur en drukken die dicht (afb. 68). De diode is dan in de **sperrichting** geschakeld.

De twee modeltekeningen verduidelijken weliswaar de werking van een diode maar in werkelijkheid is het proces veel ingewikkelder.

Het is wel noodzakelijk dat je je nog eens verdiept in de opbouw van het atoom.

Op afb. 27 heb je kunnen zien dat het vrije elektron (losse elektron) op de buitenste schaal doorslaggevend is voor het geleidingsvermogen van het koper want de gerichte beweging van deze vrije elektronen tussen de atomen is elektrische stroom.

Bij isolatoren komen **geen** losse elektronen voor.

Daartussen liggen de halfgeleiders zoals germanium en silicium.

Op de buitenste schil van deze elementen liggen vier elektronen zeer vast verankerd. Bij een buitentemperatuur van -273°C (het absolute nulpunt) bewegen ze in het geheel niet. Het elektrisch geleidingsvermogen is dan nihil. Bij kamertemperatuur is er sprake van een zwak geleidingsvermogen omdat enkele elektronen door het materiaal zwerven.

Het doorslaggevend verschil tussen de geleiders bestaat hierin dat de vier buitenste elektronen van een atoom met de elektronen van het volgende door middel van een soort „tanding” verbonden zijn. (afb. 69).

Raakt er nu door verwarming of spanning een elektron uit deze verbinding los dan ontstaat er op die plaats een leemte; deze leemte noemen we een **elektronengat**.

Het „weggesprongen” elektron vult op zijn beurt weer het gat in een ander atoom.

Door dit tweedelige proces:

1e. het losraken van het elektron uit zijn verband, en

2e. het opvullen van een elektronengat door een elektron

ontstaat enerzijds een elektronenbeweging in de richting van de pluspool van de batterij, anderzijds echter schijnen ook de elektronengaten in de richting van de minpool van de batterij te trekken. Het verschijnsel dat de elektronengaten in de atoomsamenstellingen steeds in de richting van de minpool „trekken” betitelt men als **gatenstroom**. De totale stroom in een halfgeleider bestaat diensgevolge uit een elektronen- en een gatenstroom.

Het zwakke „eigen geleidingsvermogen” van het materiaal waaruit de halfgeleider is opgebouwd is echter niet voldoende voor technische doeleinden. Daarom worden er sporen van andere elementen toegevoegd die op hun buitenste schil of vijf of slechts drie elektronen hebben. Men noemt dat **doteren**. Wordt aan een germaniumkristal een element, bijv. antimoon, dat **vijf** buitenelektronen heeft, toegevoegd dan werkt die als extra elektronendonor. Bij het aansluiten van een spanning trekken de elektronen van de min- naar de pluspool. Verwisselen we nu de batterij-aansluitingen dan keren de elektronen om en trekken in de tegenovergestelde richting,

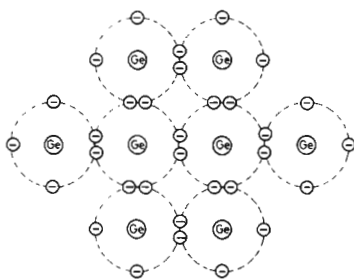
maar wéér van min- naar pluspool. Het halfgeleiderkristal gedraagt zich als een normale geleider. Het door inbrengen van vreemde atomen „verontreinigde” kristal heeft dus een **elektronenoverschot** ($N = \text{negatief}$) dat **N-geleidingsvermogen** wordt genoemd (afb. 70).

Omgekeerd kunnen aan het halfgeleiderkristal ook elementen worden toegevoegd, die maar **drie** elektronen op hun buitenste schil hebben, b.v. indium. Daarbij ontstaat een gebrek aan elektronen omdat bij de verbinding aan het naastgelegen atoom een elektron te weinig is. Er ontstaat een leemte die ook elektronengat wordt genoemd.

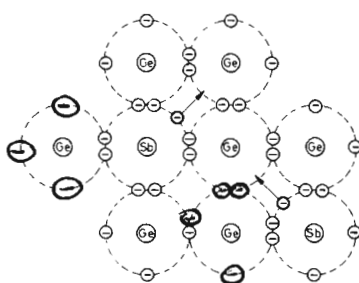
Bij het aansluiten van een spanning komen er ook elektronen in beweging maar die leggen maar een korte afstand af, niet verder dan tot aan een „elektronengat” dat ze moeten opvullen. Daardoor ontstaat er op de plaats die het elektron verlaat een nieuw gat. Dit proces gaat steeds maar door zodat er elke keer nieuwe gaten ontstaan. Bij deze vorm van „verontreiniging” is er dus sprake van een **elektronentekort** ($P = \text{positief}$), ook wel **P-geleidingsvermogen** genoemd (afb. 71).

De bewegingsrichting van de elektronen die steeds weer nieuwe gaten opvullen verloopt zoals gewoonlijk in de richting van de pluspool. Gelijktijdig verschuiven de daarbij ontstaande gaten in tegenovergestelde richting, naar de minpool.

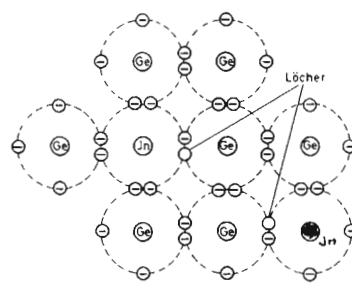
Men zou kunnen zeggen dat de gaten een positieve lading hebben en daarom door de minpool worden aangetrokken.



Afb. 69



Afb. 70

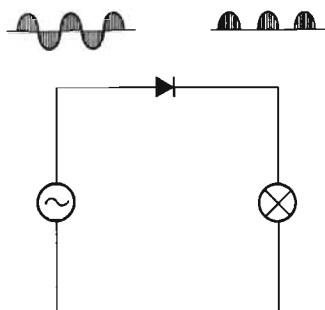


Afb. 71

De in de laatste schakeling gebruikte diode is zo geconstrueerd dat hij aan de ene kant een **gatenoverschot** (**P**) en aan de andere kant een **elektronenoverschot** (**N**) heeft. In het midden ontstaat dan een zone waarin die twee gebieden elkaar raken. Dit grensgebied noemen we de **PN-overgang**. In dit gebied trekken elektronen door de zwakke eigen geleiding uit het N-gebied naar het P-gebied en vullen daar de gaten op, omgekeerd gebeurt hetzelfde. Daardoor ontstaat een zeer dunne, neutrale laag. Andere elektronen resp. gaten kunnen dan niet meer overspringen.

Als de diode, zoals in schakeling 13, zo in de stroomkring wordt gemonteerd dat de kant met het elektronenoverschot (de rode kant) is verbonden met de minpool dan worden door de elektrische spanning elektronen van de ene en gaten van de andere kant in het grensgebied van de PN-overgang gedrukt. De weerstand bij deze laag wordt zo klein dat hij nu een stroom doorlaat. De halfgeleider geleidt – de diode is in de doorlaatrichting geschakeld (zie pag. 39).

Bij het verwisselen van de batterij-aansluitingen ligt de pluspool aan de kant met het elektronenoverschot en de minpool aan de kant met het gatenoverschot. Nu worden zowel elektronen als gaten door de overgangslaag weggezogen. Daardoor wordt de PN-overgang breder en er vloeit geen stroom. De halfgeleider spert – de diode is in de sperrichting geschakeld (zie pag. 39).



Afb. 72

In een wisselstroomkring verandert de poling voortdurend. Dit betekent dat de diode de stroom in één richting laat passeren en in de andere richting spert. Omdat de wisseling zo snel verloopt is het wegvallen van een deel van het proces alleen maar merkbaar aan de in de stroomkring geschakelde lamp die weliswaar blijft branden maar wel minder fel. De wisselspanning wordt een pulserende gelijkspanning (afb. 72). Dit proces wordt in de elektronica betiteld als **gelijkrichten**. In deze functie is de diode een gelijkrichter.

2.7. De transistor

Er is nauwelijks een element te noemen dat de elektronica zo fundamenteel heeft veranderd als de transistor. Zonder transistors geen zakradio's, geen ruimtevaart en geen computers. En toch is het pas 30 jaar geleden dat Amerikaanse wetenschapsmensen bij het onderzoeken van dioden bij toeval eigenschappen ontdekten die kenmerkend zijn voor de transistor. Dat woord is overigens ontstaan uit **transfer resistor** dat zoveel betekent als „overdracht van weerstand”.

Hoe dit element aan zijn naam komt en welke eigenschappen het heeft zullen we in de volgende schakeling duidelijk maken.

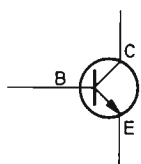
Eerst moet transistor BC 238 (wit plaatje) worden ingebouwd. Bouw de schakeling volgens afb. 73 en 74. Bedien na de controle van de constructie de schakelaar en let op de lamp.

Verander dan de schakeling zodanig dat contact B – **Basis** – van de transistor verbonden wordt met de minpool van de batterij en E – **Emit-ter** – van de transistor met de weerstand van $47\ \Omega$ (afb. 75 en 76). Bedien daarna de schakelaar. Als contact B via de weerstand, de lamp en de schakelaar verbonden is met de pluspool van de batterij brandt de lamp. Ze brandt niet wanneer contact E is verbonden met de pluspool van de batterij.

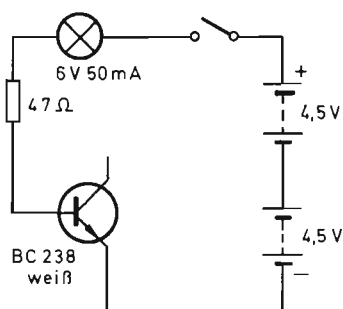
De werking van de transistor wanneer alleen de contacten B en E zijn aangesloten, is precies eender als van de diode. Er kan alleen een stroom vloeien wanneer de basis van transistor BC 238 aan de pluspool van de batterij ligt en de emitter aan de minpool.

Hoe is de werking van de transistor als de aansluitingen B en C gebruikt worden?

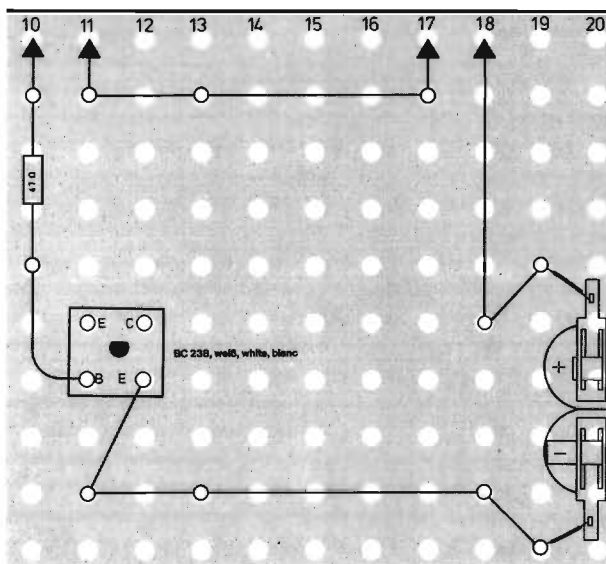
Symbol van de NPN-transistor



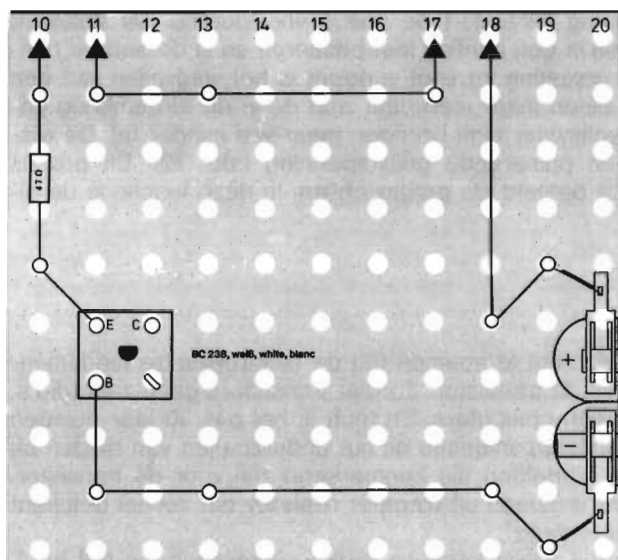
Schakeling 14



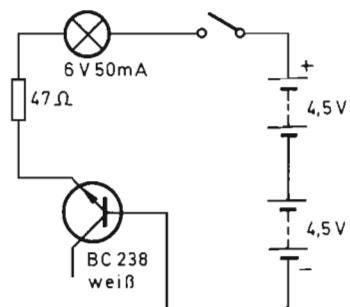
Afb. 73



Afb. 74



Afb. 75



Afb. 76

Schakeling 15

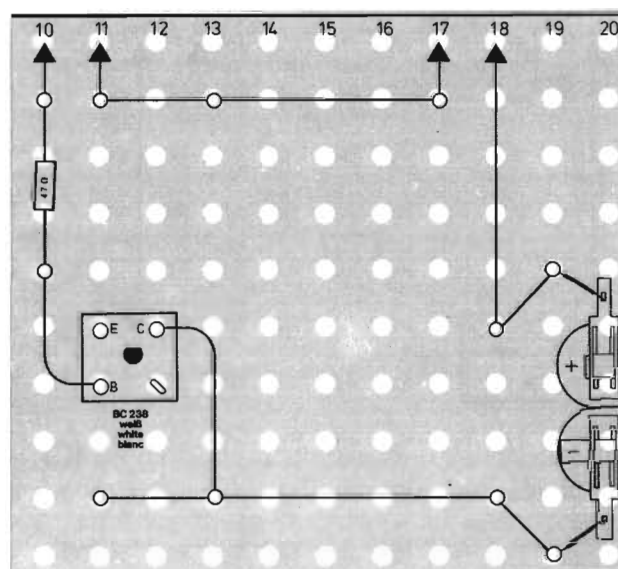
Bouw een schakeling volgens afb. 77 en 78. Onderzoek of de lamp brandt als je de schakelaar bedient.

Verander dan de montage volgens afb. 79 en 80, zodat de **collector** (C) over de weerstand, de lamp en de schakelaar in verbinding staat met de pluspool en de basis (B) direct in verbinding staat met de minpool van de batterij. Brandt de lamp nu ook?

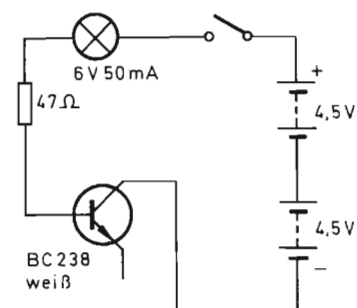
De lamp brandt alleen wanneer de basis aan de pluspool van de batterij ligt. Het maakt overigens niets uit of er, zoals in deze schakeling, ook nog een weerstand, een lamp en een schakelaar tussen liggen. De basis blijft desondanks verbonden met de pluspool.

Ook de twee contacten basis en collector vertonen hetzelfde gedrag als een diode.

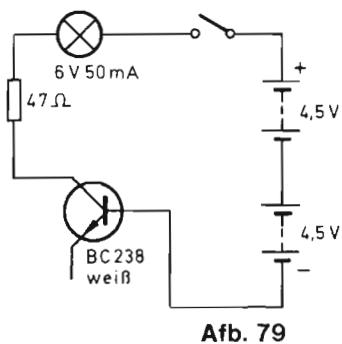
Schakeling 16



Afb. 77

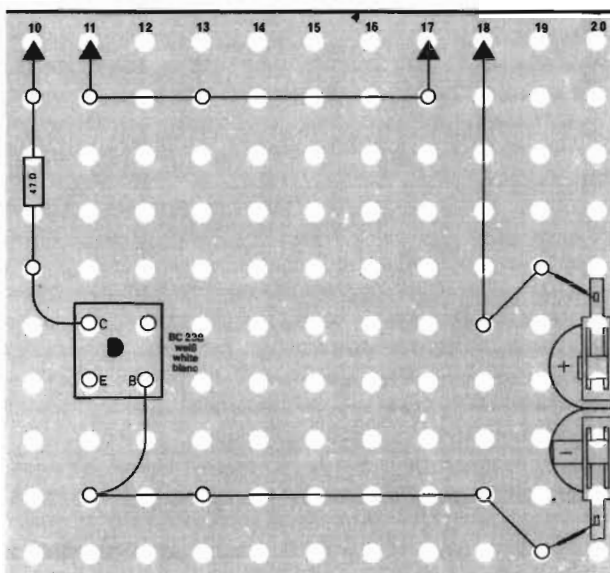


Afb. 78



Afb. 79

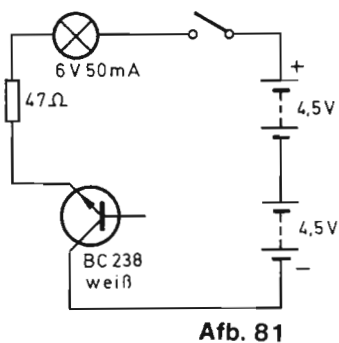
Afb. 80



Schakeling 17

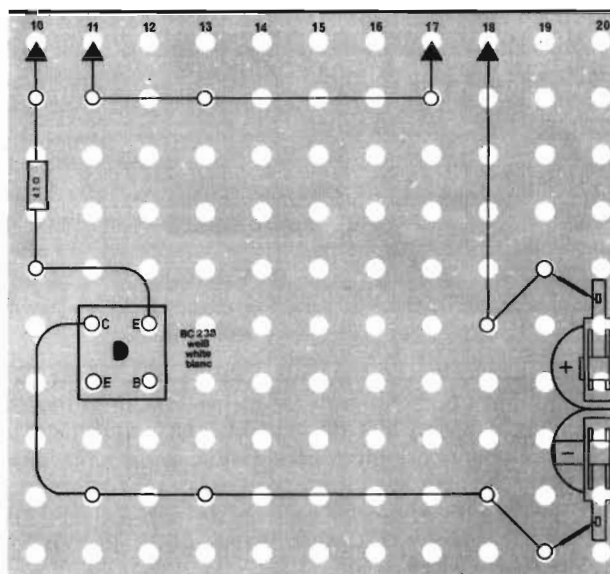
Nu moet je eens onderzoeken hoe de twee contacten (emitter en collector) zich gedragen in een stroomkring. Bouw de schakeling volgens de afb. 81 en 82. Brandt de lamp?

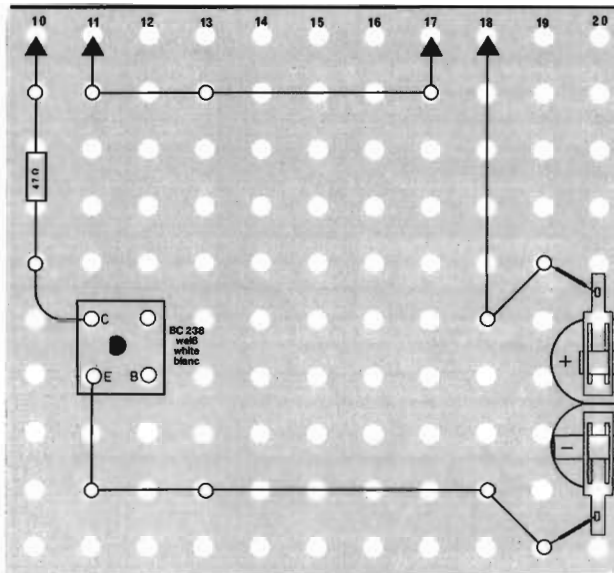
Schakeling 18



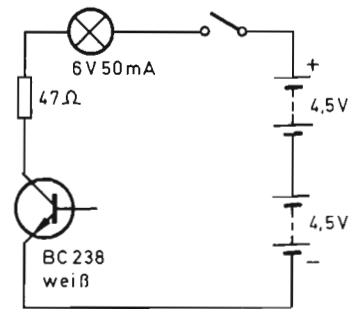
Afb. 81

Afb. 82





Afb. 83



Afb. 84

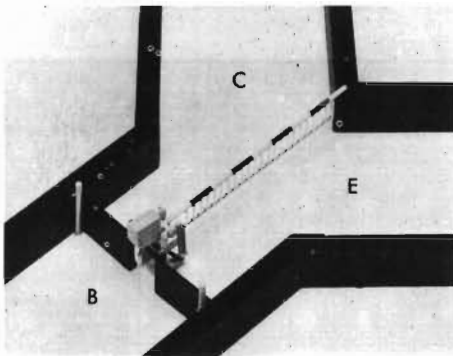
Schakeling 19

Verwissel dan weer de aansluitingen en bedien de schakelaar (afb. 83 en 84).

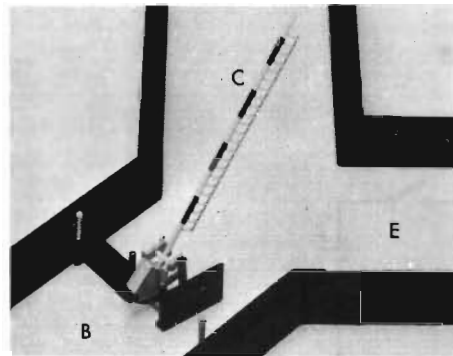
In beide schakelingen brandt de lamp niet. Er vloeit dus geen stroom door de transistor als de twee contacten, de collector en de emitter, zijn aangesloten.

De uitvoerige verklaring van het proces in een transistor zullen we aan de hand van een vergelijking wat verduidelijken:

Stel je eens voor dat er tussen B en E en tussen B en C een poort is die maar in één richting kan worden geopend. Dat komt overeen met het resultaat van je proefnemingen. Misschien kun je je dan ook voorstellen dat er tussen de aansluitingen E en C een „overwegboom” ligt die niet opzij gedrukt kan worden. Deze „overwegboom” in de transistor kan alleen met behulp van een schakel-trucje omhoog gaan, waarna er een stroom kan lopen.



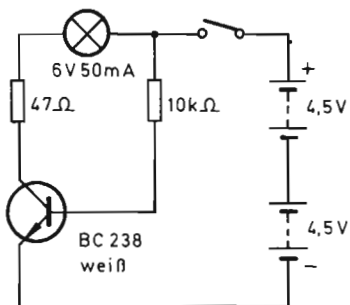
Afb. 85



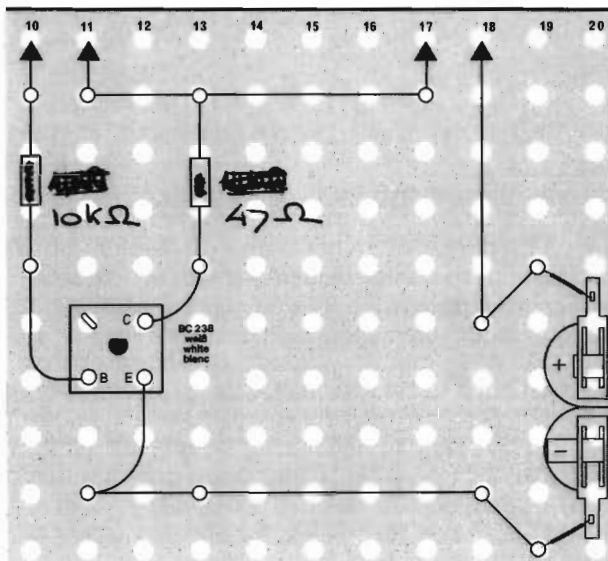
Afb. 86

Schakeling 20

De schakeling kun je bouwen volgens afb. 87 en 88. Het valt je zeker op dat alle drie contacten van de transistor zijn aangesloten. De constructie komt dus overeen met die van afb. 83 waarbij de lamp niet brandt. Het enige verschil is dat bij deze schakeling de basis over een weerstand van $10\text{ k}\Omega$ is verbonden met de pluspool van de batterij. Schakel weer in en let op de lamp. Verander daarna de schakeling zodat de basis over de weerstand van $10\text{ k}\Omega$ aan de minpool van de batterij ligt. Bedien weer de schakelaar.



Afb. 87

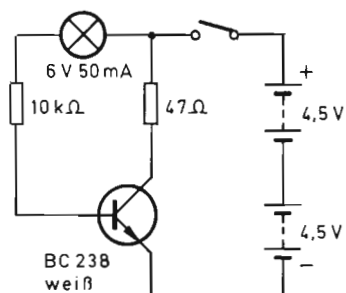


Afb. 88

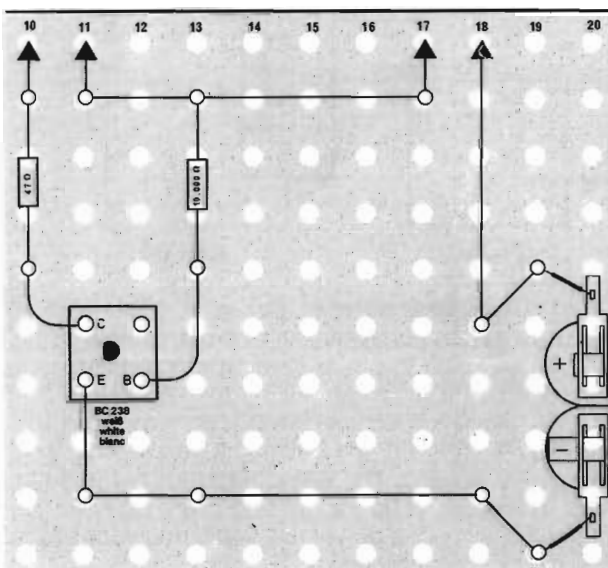
Bij de eerste montage brandt de lamp. Over de weerstand van $10\text{ k}\Omega$ vloeit een relatief kleine stroom door de emitter en de basis naar de pluspool. Deze stroom is sterk genoeg om de „overwegboom” op te tillen zodat er nu een grote stroom vloeit tussen E en C en de lamp kan branden. Ligt de basis daarentegen aan de minpool dan brandt de lamp niet.

Je kunt snel bewijzen dat er inderdaad een zeer zwakke stroom vloeit in de **basisstroom** – dat is de stroomkring van de emitter naar de basis – door een lamp in de basisstroomkring te schakelen (afb. 89 en 90). Nu brandt de lamp niet hoewel de constructie vrijwel ongewijzigd is gebleven en er dus nog steeds een stroom van de emitter naar de collector in de **collectorstroomkring** vloeit. De stroom door de basis is te zwak om de lamp te laten branden.

Schakeling 21



Afb. 89

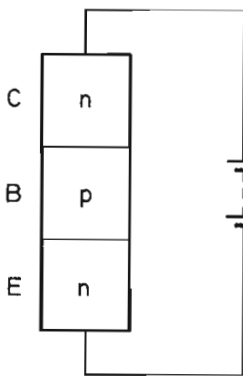
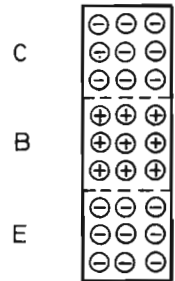
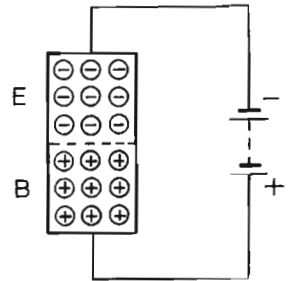
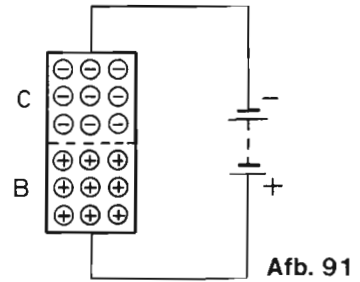


Afb. 90

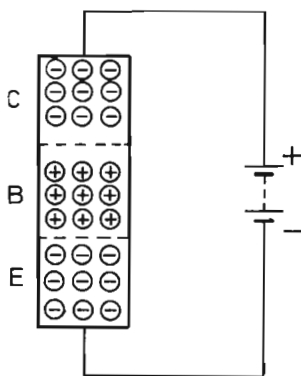
We moeten nog wat dieper ingaan op de vergelijking waarmee we het proces in de transistor hebben uitgelegd. Het is belangrijk dat je goed onthoudt dat een zwakke stroom van de minpool van de batterij over de emitter en de basis naar de pluspool de „overwegboom” opent voor een grotere stroom van de minpool over de emitter en de collector naar de pluspool.

Bij schakelingen met de transistor heb je al geleerd dat twee aansluitingen samen dezelfde werking kunnen hebben als een diode en wel de basis en de emitter of de basis en de collector (afb. 91). De twee afbeeldingen van de „transistor-dioden” kunnen nu, omdat er een dubbele basis is, samengevoegd worden tot één schema waarvan de basis het middelpunt vormt (afb. 92). Dientengevolge bestaat transistor BC 238 (wit) uit 3 halfgeleidende lagen met de volgorde N-P-N en daarom spreken we van een **NPN-transistor**. De twee buitenste lagen zijn N-geleidend. Tussen de basis en de collector resp. tussen de basis en de emitter bevinden zich twee **PN-overgangen**. Zo noemt men de grenslagen tussen P- en N-geleidendes lagen. Sluiten we de emitter en de collector aan op een spanningsbron (afb. 93) dan loopt er geen stroom zoals je al met de schakelingen 18 en 19 hebt bewezen. Nu een wat uitgebreider uitleg: de negatieve ladingsdragers op de bovenste N-laag worden aangetrokken door de pluspool van de batterij zodat de grenslaag tussen B en C breder wordt. Omdat deze grenslaag blokkeert kan er geen stroom vloeien (afb. 94).

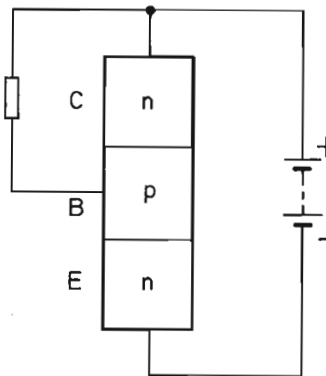
Volgens de schakelingen moet de basis over een voorschakelweerstand eveneens met de pluspool van de batterij worden verbonden zodat er een stroom van de emitter naar de collector kan vloeien. Een schematische voorstelling hiervan vind je op afb. 95. Door het aansluiten van de P-geleidende basis aan de pluspool van de spanningsbron wordt verhinderd dat de bovenste grenslaag breder wordt. Daarvoor loopt er een zeer kleine stroom van de emitter naar de basis en tegelijkertijd wordt de weg vrijgemaakt voor een zeer grote stroom van de emitter naar de collector. Op afb. 96 zie je van dit proces een schematische voorstelling.



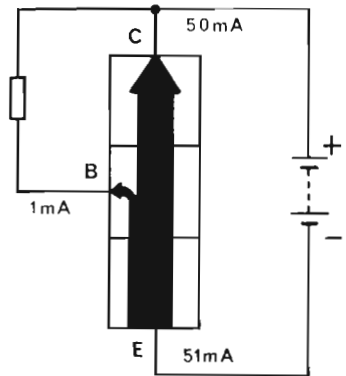
Afb. 93



Afb. 94



Afb. 95

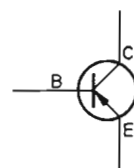


Afb. 96

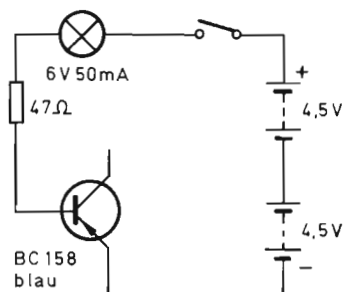
(Alleen uitvoerbaar als je de dozen EE 2004 en EE 2007 bezit)

Na deze eerste schakelingen met betrekking tot de functie van transistor BC 238 (wit) kun je het andere type transistor onderzoeken dat ook behoort tot de Philips elektronica-experimenteerdoos. Het zijn de transistors BC 158 (blauw) uit EE 2007 en BC 328 (groen) uit EE 2004. Tussen deze en BC 238 (wit) bestaat een belangrijk verschil dat in de volgende schakelingen duidelijk wordt. Het eenvoudigste is als je de serie proeven achter elkaar uitvoert en in de handleiding naast de betreffende schakeling noteert of de lamp brandde of niet. De verklaring voor alle schakelingen vind je na de volgende bouwplannen.

Symbol van PNP-transistor

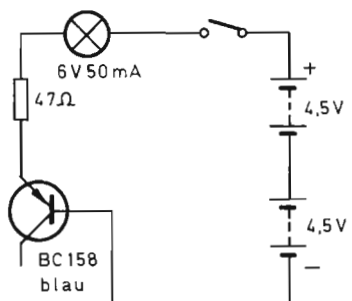


Schakeling 22



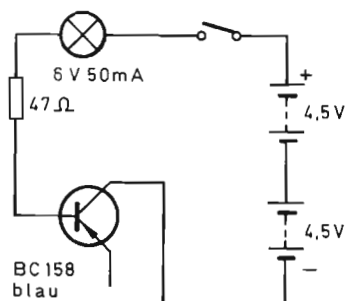
Afb. 97

Schakeling 23

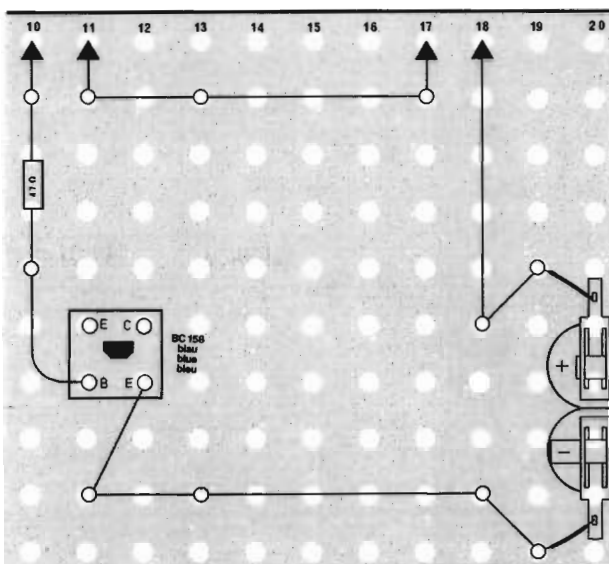


Afb. 99

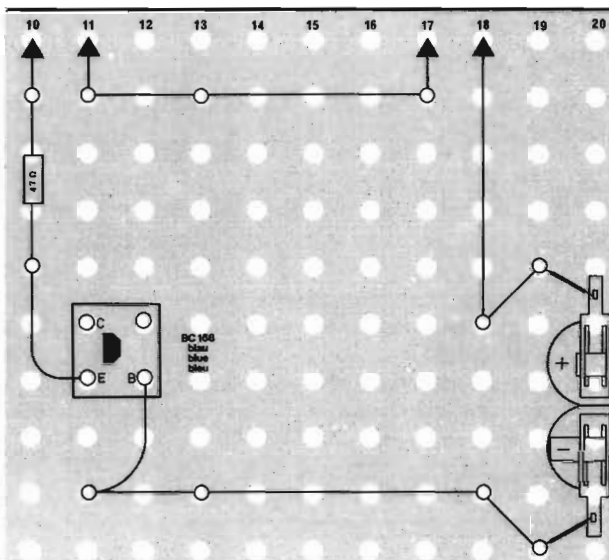
Schakeling 24



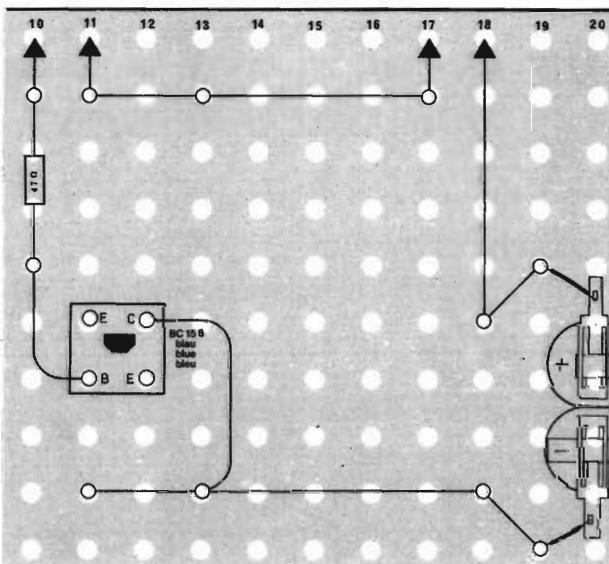
Afb. 101



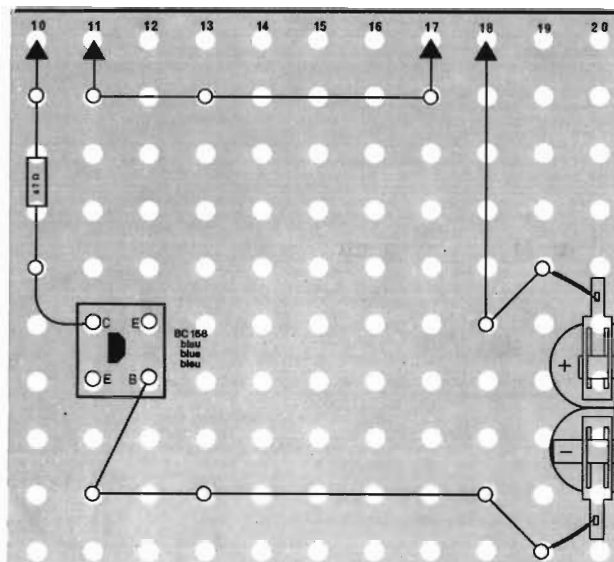
Afb. 98



Afb. 100

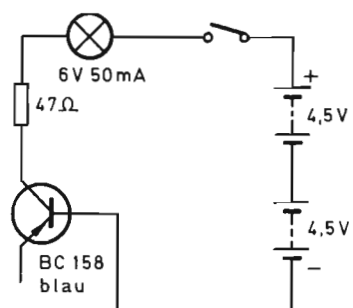


Afb. 102

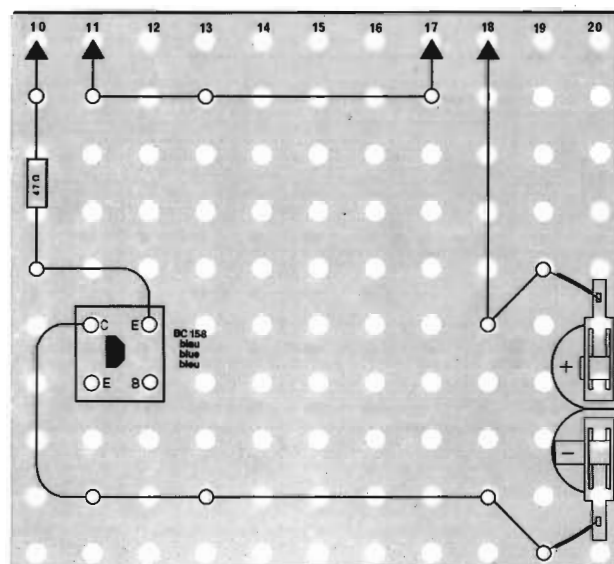


Afb. 103

Schakeling 25

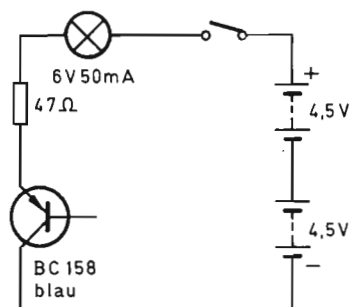


Afb. 104

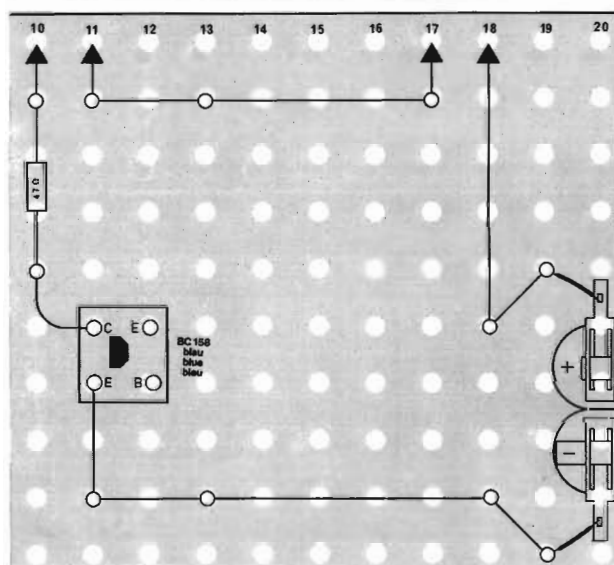


Afb. 105

Schakeling 26

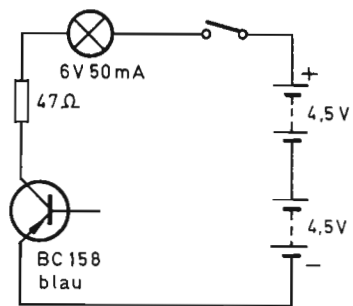


Afb. 106



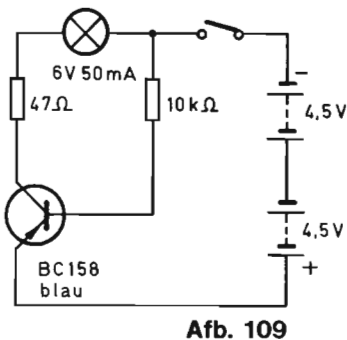
Afb. 107

Schakeling 27

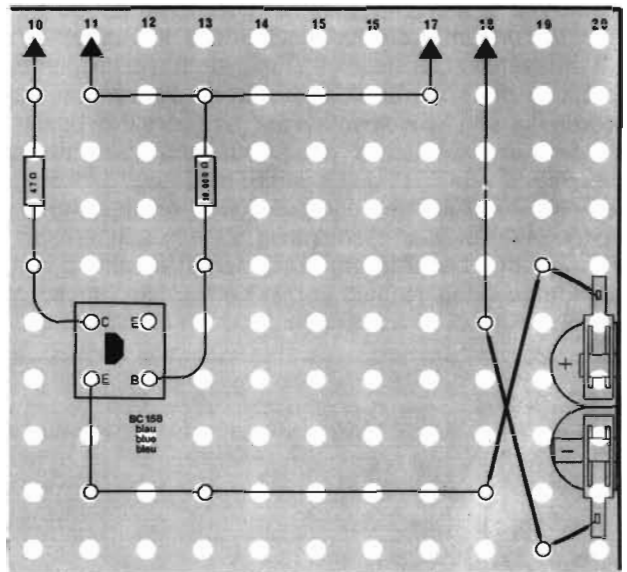


Afb. 108

Schakeling 28



Afb. 110



Als je alle schakelingen goed gebouwd hebt brandt de lamp alleen bij de schema's volgens de afb. 99, 104 en 109. Misschien is het je al opgevallen dat in die gevallen waar de lamp wel brandde de basis van transistor BC 158 (blauw) resp. BC 328 (groen) steeds verbonden was met de minpool van de batterij. De „overwegboom” voor de stroom door C en E werd dan steeds geopend.

Het doorslaggevende verschil met BC 238 (wit) bestaat hierin dat bij BC 158 de 3 lagen in de volgorde P-N-P liggen. Daarom noemen we hem ook **PNP-transistor**. Er kan alleen stroom door de twee grenslagen van de emitter naar de collector lopen als de basis – die negatieve ladingsdragers bevat – verbonden is met de negatieve pool van de spanningsbron. In beginsel kunnen NPN- en PNP-transistors dezelfde taken vervullen. Er moet echter wel op de overeenkomstige poling van de transistor-aansluitingen worden gelet.

Als je je wat meer diepgaand met transistors wilt gaan bezighouden zal het je ook wel interesseren welke gevolgtrekkingen we moeten maken uit de typeaanduidingen. Aan de eerste letter kun je zien van welk halfgeleidend materiaal de transistor is gemaakt.

A = halfgeleidend materiaal germanium

B = halfgeleidend materiaal silicium

Uit de tweede letter kun je de toepassingsmogelijkheden aflezen. De „C” bij BC 158, BC 238 en BC 328 wil zeggen dat het hier gaat om transistors die worden ingebouwd in een **LF**-(laagfrequent) gebied en dus bijvoorbeeld worden gebruikt bij het bouwen van versterkers. De „F” van transistor BF 194 wil zeggen dat het hier gaat om een **HF**-(hoogfrequent) transistor die wordt ingebouwd in de ingangstrappen van radiotoestellen. Als er een versterker met een groot uitgangsvermogen (10 watt of meer) moet worden gebouwd heeft men daarvoor **vermogenstransistors** nodig waarvan de tweede letter van de type-aanduiding een „D” is (b.v. AD 161).

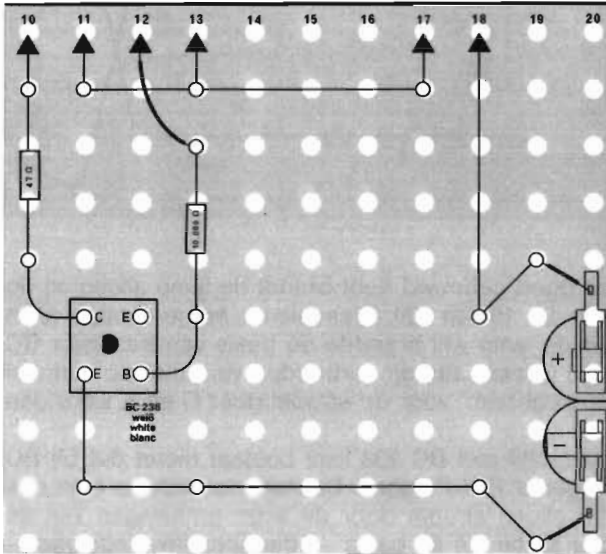
De cijfers na de twee letters dienen alleen maar om onderscheid te kunnen maken tussen verschillende transistors van dezelfde soort. Tot zover ons uitstapje naar de type-aanduidingen van transistors. Nu moet je nog een paar proeven nemen met de transistor zodat je begrijpt welke functie ze hebben in de verschillende toestellen. Voor de volgende schakelingen moet je steeds transistor BC 238 (wit) gebruiken.

2.8. De transistor als schakelaar

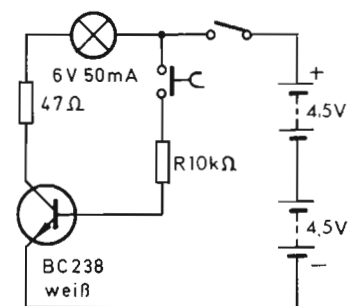
Bouw een schakeling naar het voorbeeld op de afb. 111 en 112. Bij het bestuderen van het schakelschema is je vast en zeker al opgevallen dat de drukschakelaar nu alleen maar de basisstroom regelt.

De lamp gaat pas branden als je de schakelaar hebt ingedrukt want nu wordt de weg vrijgemaakt voor een zwakke basisstroom. Als die vloeit gaat de „overwegboom” open voor de grotere stroom over de emitter, de weerstand van $47\ \Omega$ en de lamp. Men zegt dan ook dat de transistor geleidend wordt als de leiding collector-emitter wordt vrijgegeven. De transistor werkt bij deze schakeling als een schakelaar: door middel van een zeer geringe basisstroom wordt een stroomkring met een grotere stroomsterkte gesloten. Nu heb je een belangrijke functie van de transistor leren kennen. Hij kan stroomkringen openen en sluiten als een schakelaar.

Schakeling 29



Afb. 111

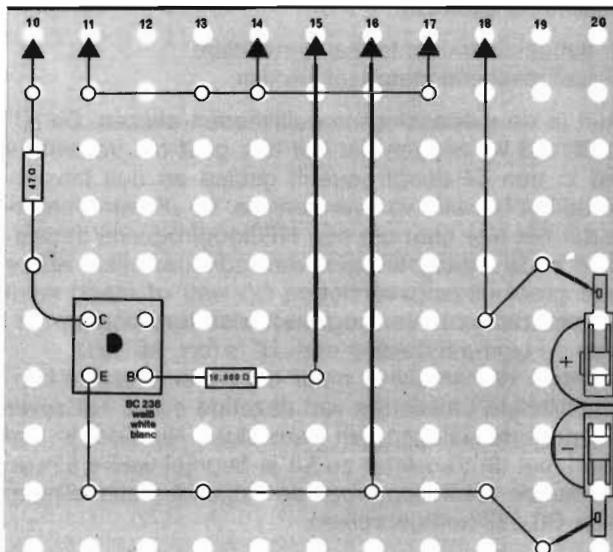


Afb. 112

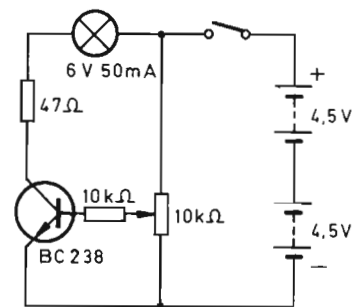
2.9. De transistor als versterker

In de volgende schakeling zul je kennis maken met een zeer belangrijke functie van de transistor. Bouw de schakeling op volgens de afb. 113 en 114. Draai dan de knop van de potentiometer helemaal naar links en dan langzaam terug naar rechts. Let daarbij op de lamp.

Schakeling 30



Afb. 113



Afb. 114

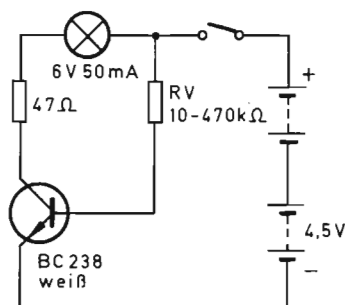
Als de knop ongeveer in zijn middelste stand staat brandt de lamp heel flauwtjes en hoe verder je de knop naar rechts draait, hoe feller ze gaat branden. Zolang de lamp niet brandt ligt aan de basis van de transistor een negatieve spanning. Pas wanneer het sleepcontact van de potentiometer de middelste stand voorbij is krijgt de basis een zeer geringe, positieve spanning. Dan brandt de lamp heel flauw. Hoe groter deze spanning wordt – ze stijgt door het kleiner worden van de weerstand bij de potentiometer – des te feller brandt de lamp. Desondanks is de basisstroom nog zeer gering want in serie met de middelste aansluiting van de potentiometer ligt nog een weerstand van 10 kΩ. Als je je de proeven met de weerstanden herinnert weet je dat door een weerstand van 10 kΩ zo'n geringe stroom vloeit dat de lamp niet brandt. Deze zeer geringe basisstroom is echter voldoende om de transistor zodanig te **sturen** dat er een emitter-collectorstroom vloeit die groot genoeg is om de lamp te laten branden. Met een transistor kunnen zeer geringe stromen worden versterkt zoals je bij deze schakeling hebt gezien. Hoe groter de basisstroom, des te groter ook de stroom door de emitter en de collector.

Een transistor kan stromen versterken

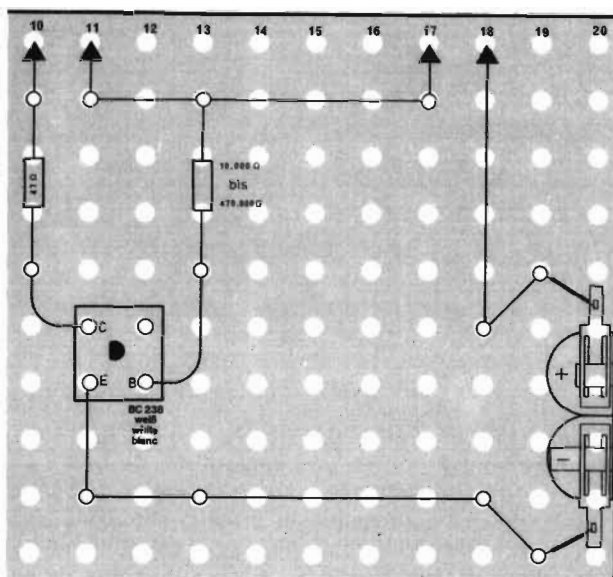
Misschien heb je je wel eens afgevraagd waarom voor de basis altijd een **voorschakelweerstand** wordt geschakeld. Zonder die voorschakelweerstand zou er toch een veel grotere basisstroom vloeien waardoor men ook een betere versterking zou verkrijgen. Ook de weerstand tussen de pluspool van de batterij en de collectoraansluiting verkleint alleen de stroom die door de transistor vloeit. Desondanks zijn die twee weerstanden noodzakelijk om de transistor niet te vernielen en een nuttig gebruik te garanderen. Met deze twee weerstanden wordt het **werkpunt** van de transistor ingesteld, d.w.z. de voorwaarden waaronder hij optimaal kan werken.

Om het werkpunt in te stellen kun je de volgende proef nemen: bouw de schakeling op volgens de afb. 115 en 116. Let op de helderheid van de lamp. Vervang dan voor korte tijd de voorschakelweerstand van 10 kΩ door een van 2,2 kΩ. Verandert er iets aan de helderheid van de lamp?

Schakeling 31



Afb. 115



Afb. 116

Hoewel er een veel grotere stroom door de weerstand van 2,2 kΩ vloeit verandert er niets aan de helderheid. Door deze grotere stroom wordt geen betere versterking verkregen maar de transistor wordt zwaar belast.

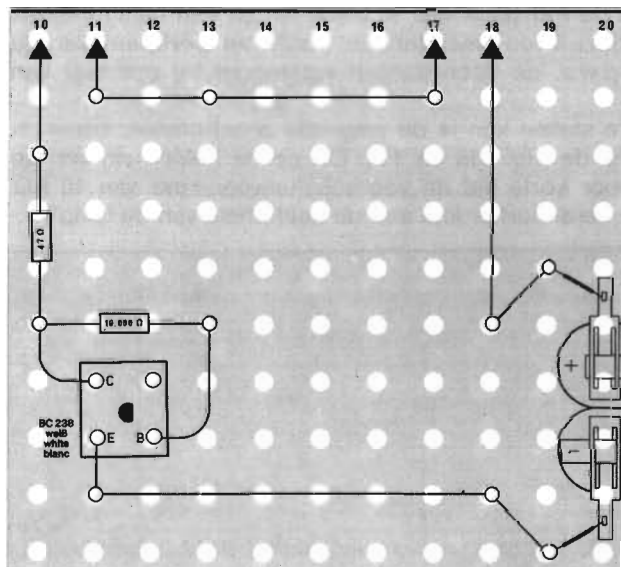
De stroom door collector en emitter wordt namelijk begrensd door de weerstand van $47\ \Omega$, de **belastingsweerstand**. De stroom kan niet groter worden dan de batterijspanning die bij de belastingsweerstand en de lamp verloren gaat. Bij de transistor – tussen collector en emitter – kan dan geen spanningsverlies meer optreden. Vervang de voorschakelweerstand achtereenvolgens door weerstanden met een waarde van $47\ \text{k}\Omega$, $100\ \text{k}\Omega$, $220\ \text{k}\Omega$ en $470\ \text{k}\Omega$. Let elke keer op de helderheid van de lamp. Bij $47\ \text{k}\Omega$ brandt de lamp nog zwak en bij $100\ \text{k}\Omega$ gloeit zij nauwelijks nog. Bij $220\ \text{k}\Omega$ en $470\ \text{k}\Omega$ brandt ze helemaal niet meer. De batterijspanning van $9\ \text{V}$ wordt verlaagd door de voorschakelweerstand. Voor de transistor BC 238 moet de spanning zover worden verlaagd, dat hij nog maar ca. $620\ \text{mV}$ bedraagt. Dit wordt bewerkstelligd door de weerstand van $10\ \text{k}\Omega$ waar in dit voorbeeld precies de juiste basisstroom doorheen vloeit.

Inplaats van een voorschakelweerstand kan voor het instellen van het werkpunt ook een spanningsdeler worden gebruikt. Dat heb je al eens gedaan in de schakeling voor het versterken van de werking van de transistor.

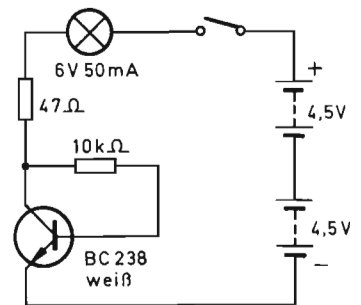
Een goed gekozen voorschakelweerstand van een transistor is bij de meeste schakelingen niet toereikend. Als hij een tijdje in bedrijf is, wordt de transistor vaak warm en dan vloeit er een grotere stroom doorheen waardoor het werkpunt wordt verschoven. Het is daarom noodzakelijk dat we de juiste maatregelen nemen om hem te **stabiliseren**.

Een schakeling met dat doel kun je zien op afb. 117 en 118.

Schakeling 32



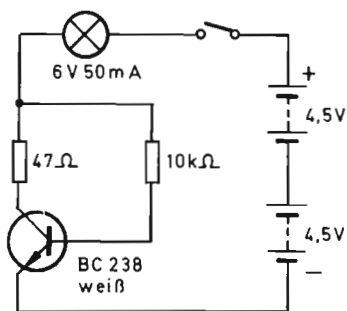
Afb. 117



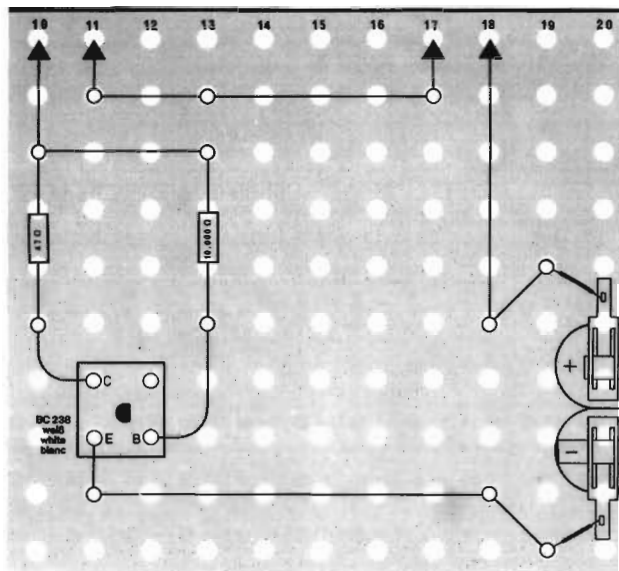
Afb. 118

De lamp brandt veel minder helder dan het geval zou zijn indien de basisvoorspanning direct van de pluspool van de batterij wordt afgenomen.

Bij dit soort schakelingen – men noemt ze **tegenkoppeling** – wordt het werkpunt van de transistor als volgt gestabiliseerd: als de collectorstroom stijgt daalt de collectorspanning want bij de lamp en bij de weerstand van $47\ \Omega$ ontstaat daardoor een groter spanningsverlies. Dit spanningsverlies verlaagt ook de basispanning zodat de transistor minder wordt uitgestuurd. Dat heeft weer tot gevolg dat de collectorstroom daalt en de verhoudingen bij de transistor normaliseren.



Afb. 119



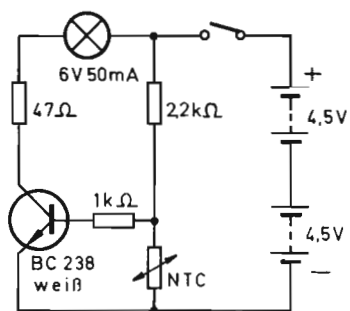
Afb. 120

Schakeling 33

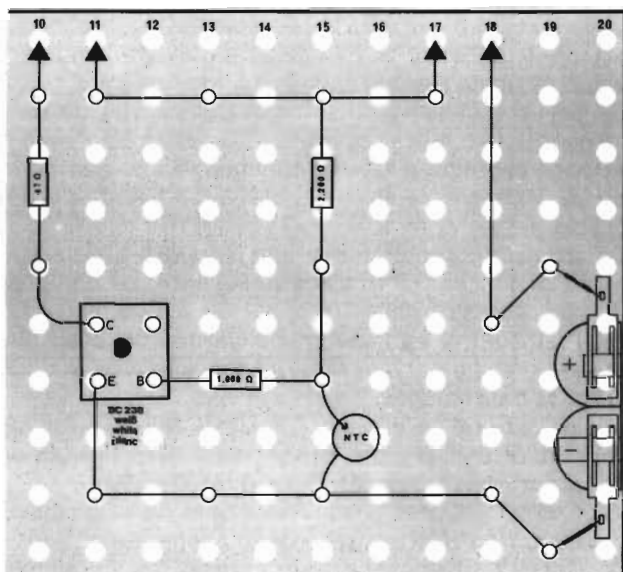
Sluiten we daarentegen de basisweerstand aan tussen de lamp en de weerstand van $47\ \Omega$ dan brandt de lamp feller (afb. 119 en 120). De tegenkoppeling is in dit geval geringer geworden.

Het werkpunt kan ook gestabiliseerd worden door het gebruik van NTC-weerstanden die worden aangebracht in de buurt van de transistor. Stijgt nu de temperatuur bij de transistor dan daalt de weerstand van de NTC. Daardoor wordt zijn spanningsverlies kleiner en de positieve basisspanning daalt ook (afb. 121 en 122). De basisstroom wordt kleiner en dat brengt een daling van de collectorstroom met zich mee. Nu koelt de transistor weer af.

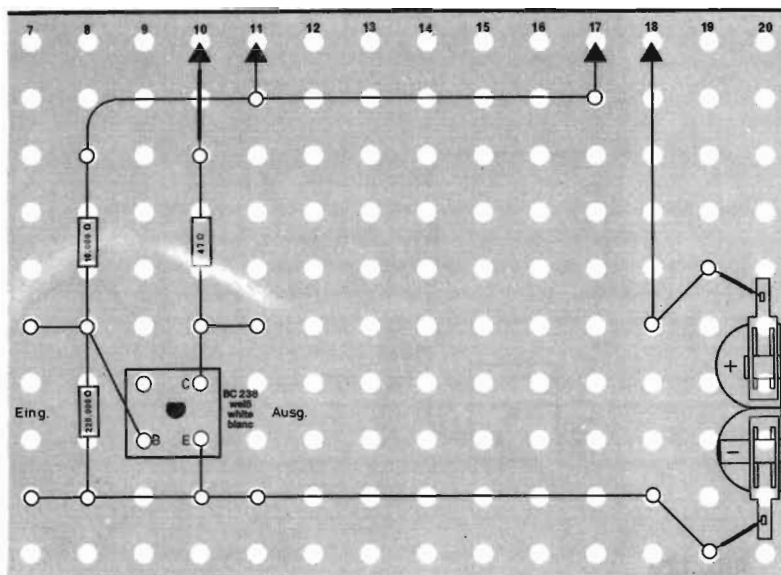
Schakeling 34



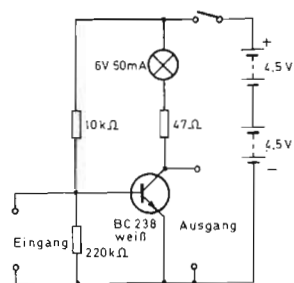
Afb. 121



Afb. 122



Afb. 123



Afb. 124

Transistors kunnen in toestelschakelingen op verschillende manieren werken. Men onderscheidt daarbij, naast toepassingen als schakelaar en versterker, drie grondschemingen en wel: **basisschakeling**, **emitterschakeling** en **collectorschakeling** – soms ook wel **emittervolger** genoemd. Die namen zijn afgeleid van het feit dat aan de betreffende transistor aansluitingen zowel de **ingangs-** als de **uitgangskring** is aangesloten. In het hiernavolgende zul je die grondschemingen en hun voor- en nadelen voor de schakeltechniek leren kennen.

De eerste grondscheming die je kunt bouwen volgens de schema's op afb. 123 en 124 is de **emitterschakeling**. Bij deze schakeling is aan de basis en de emitter – over een voorschakelweerstand natuurlijk – een spanningsbron aangesloten waarvan de stroom moet worden versterkt. Deze stroomkring is de ingangskring (afb. 125). Door deze geringe stroom wordt de transistor gestuurd en in de uitgangskring (afb. 126) kan een stroom vloeien van de minpool over emitter, collector en lamp.

Net zoals bij deze proef een batterij in de ingangskring ligt kan er b.v. ook een microfoon worden aangesloten. Het versterkte signaal wordt dan tussen de collector en de emitter afgenomen en naar een luidspreker gevoerd die in de praktijk in de collectorleiding ligt.

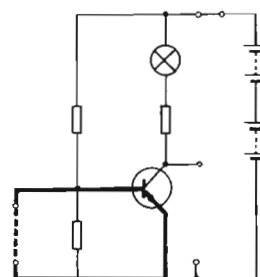
De emitterschakeling is de belangrijkste van de drie grondschemingen en wordt het meest gebruikt. Daarmee kan men namelijk een grote **stroomversterking** teweeg brengen, d.w.z. een geringe verandering van de basisstroom heeft een grote verandering van de collectorstroom tot gevolg.

De grootste collectorstroom kan natuurlijk alleen dan vloeien als er geen weerstand meer in de collectorkring ligt maar dan bestaat er een kans dat de transistor stuk gaat.

Daarom moet er een weerstand worden gekozen die het mogelijk maakt dat er een zo groot mogelijke stroom kan vloeien zonder evenwel de transistor te beschadigen.

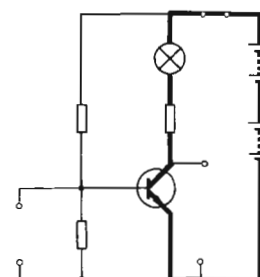
Het onklaar raken van een transistor wordt weliswaar niet direct veroorzaakt door een te grote stroom maar door het feit dat zo'n stroom in de transistor warmte opwekt. Die warmte is funest.

Voor elke transistor is als kenwaarde de maximale dissipatie (vermogen dat in de transistor verloren gaat) aangegeven. Voor de BC 238 bedraagt die 200 mW. Uitgaande van de formule $W = V \cdot I$ betekent dat er bij een be-



Afb. 125

Schakeling 35



Afb. 126

paalde spanning slechts een hoogst toelaatbare stroom mag vloeien. Een voorbeeld: tussen de collector en de emitter ligt een bedrijfsspanning van 3 V. De hoogste stroom wordt dan als volgt berekend:

$$I = \frac{W}{V}$$

$$I = \frac{0,2}{3}$$

$$I = 0,066 \text{ A} = 66 \text{ mA}$$

Stel je voor dat door een kortsluiting in de schakeling plotseling de volle bedrijfsspanning van 9 V aan de transistor wordt toegevoerd. Bij een door de basisvoorschakelweerstand ingestelde stroom van 66 mA bedraagt het vermogen dan

$$\begin{aligned} 9 \text{ V} \cdot 0,066 \text{ A} &= 0,594 \text{ W} \\ &= 594 \text{ mW} \end{aligned}$$

Dit vermogen is te hoog en leidt tot het onklaar raken van de transistor. Ook voor de stroom is er een grens, hij mag hoogstens 100 mA bedragen. Bij een emitterschakeling kan de stroomversterking – afgekort V_I – al naargelang het type transistor tussen 20 en 1000 liggen. Een voorbeeld: een basisstroom van 0,02 mA wordt gevolgd door een collectorstroom van 8 mA. Daar de collectorstroom 400 keer zo groot is als de basisstroom bedraagt de stroomversterking 400.

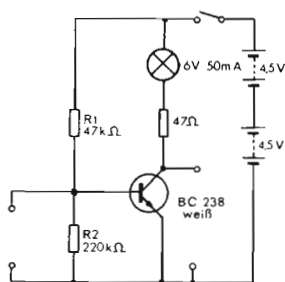
Het is ook mogelijk met een emitterschakeling een hoge **spanningsversterking V_V** op te wekken. Voor dat doel moeten we in de collectorkring een weerstand schakelen waardoor een spanningsverlies ontstaat. In het hoofdstuk over weerstanden heb je kunnen lezen dat bij een grote weerstand een groot spanningsverlies optreedt. Als je echter een te grote weerstand kiest wordt de stroomversterking kleiner. Voor dit doel moet de weerstand zo klein mogelijk zijn en dus moet je een weerstand berekenen met een optimale werking. Dan kan de spanningsversterking tussen 100 en 1000 bedragen. Dat betekent dat een verandering van de basisspanning van 0,01 V de collectorspanning met 1 – 10 V kan veranderen. Als de emitterschakeling zo wordt aangelegd dat er tegelijkertijd zowel een stroom- als een spanningsversterking kan worden opgewekt dan spreken we van een **vermogensversterking**. De vermogensversterking V_W kan worden berekend met behulp van de vergelijking

$$V_W = V_V \cdot V_I$$

De emitterschakeling wordt trouwens gekenmerkt door nog een bijzonderheid: bij het sturen van de basis met een wisselstroom ontstaat er bij de collector een **fazedraaiing**.

Om deze fazedraaiing te verklaren moet je de schakeling van afb. 123 bouwen. Verwissel de weerstand van 10.000 Ω voor een van 47.000 Ω .

Het schakelschema vind je op afb. 127.



Afb. 127

Met behulp van de spanningsdeler R_1 , R_2 wordt de lamp ingesteld op een gemiddelde helderheid. Door parallelschakeling van de weerstand van 10 k Ω naar R_1 vloeit er een grotere stroom door de basis en de lamp gaat feller branden. Daardoor ontstaat er bij R_2 een groter verlies van positieve spanning. Tegelijkertijd neemt de spanning tussen emitter en collector af. Schakelen we nu de weerstand van 10 k Ω parallel aan R_2 dan neemt de positieve basisspanning af – ze wordt negatiever. De stroom door de transistor wordt kleiner en de spanning tussen emitter en collector groter. Daardoor brandt de lamp minder helder.

	Basis	Lamp	Collector-emitter
1.	620 mV	4,5 V	4,5 V
2.	640 mV	8 V	1 V
3.	600 mV	1	8 V

Uit deze tabel kun je het volgende opmaken:

Als de spanning positiever wordt (van 620 mV tot 640 mV) dan wordt de spanning tussen collector en emitter negatiever (van 4,5 V naar 1 V). Omgekeerd geldt hetzelfde.

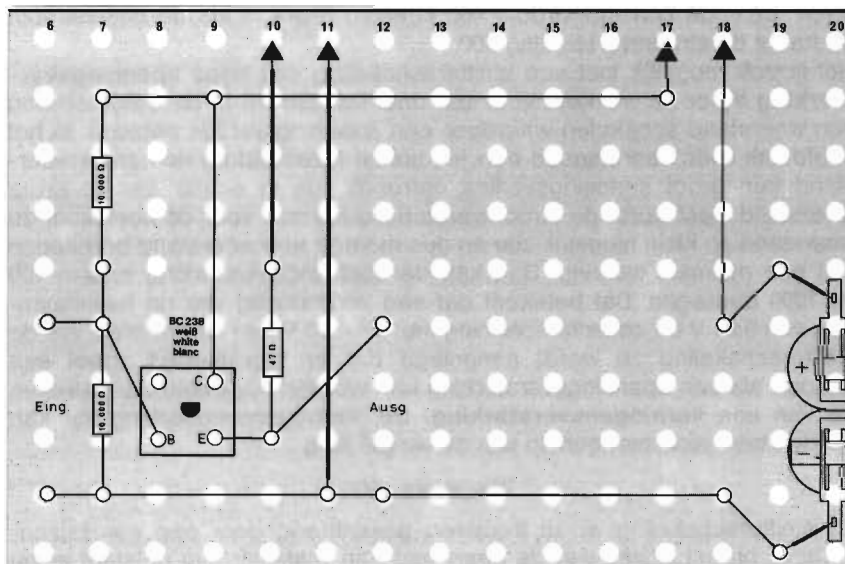
In het geval van een wisselspanning wil dat dus zeggen:

De basis krijgt een positieve halve golf. Dan stijgt bij een NPN-transistor de collectorstroom. Dat heeft een verlaging van de spanning bij de collector tot gevolg en daar ontstaat een negatieve halve golf. Voeren we vervolgens de negatieve halve golf van de wisselspanning naar de basis dan daalt samen met de basisstroom ook de collectorstroom en de spanning bij de collector stijgt. Dientengevolge ontstaat er in de uitgangskring een positief verlopende halve golf.

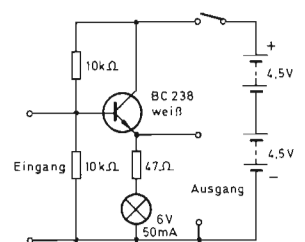
De fazedraaiing komt alleen voor bij de emitterschakeling, niet bij de collector- en de basisschakeling.

Bij de collectorschakeling die je kunt bouwen naar het voorbeeld op de afb. 128 en 129 wordt de collectoraansluiting van de transistor gebruikt als gemeenschappelijke aansluiting voor de ingang en de uitgang. De lamp ligt bij deze schakeling in de emitterkring.

Schakeling 36

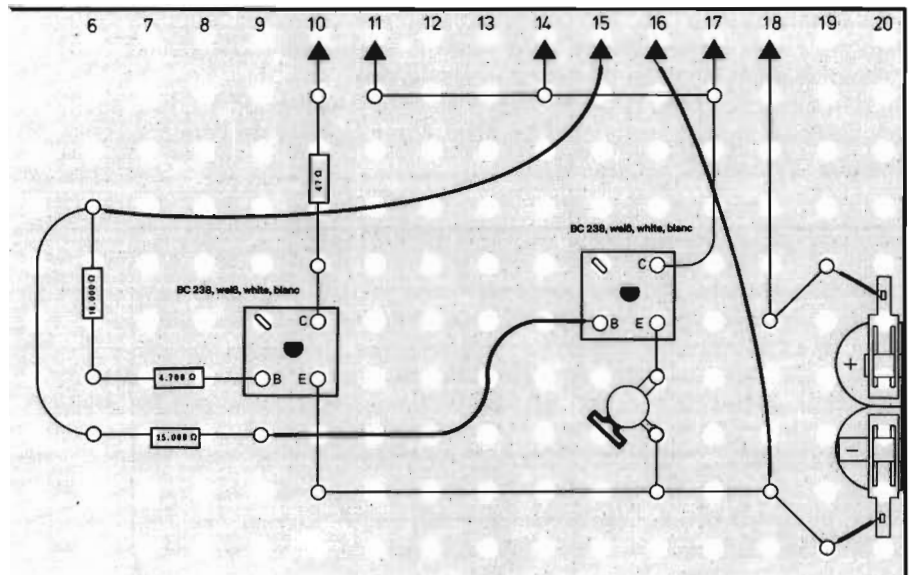


Afb. 128

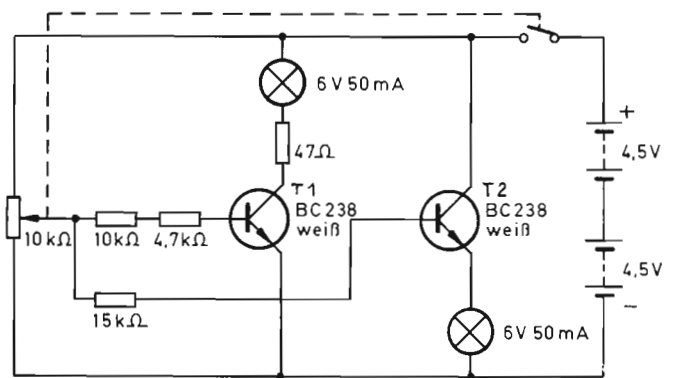


Afb. 129

Met de collectorschakeling kun je een spanningsversterking opwekken die kleiner is dan 1. Deze schakeling wordt daarom ook nooit gebruikt voor het versterken van de spanning. Daarentegen kunnen we wel een stroomversterking tussen 10 en 100 opwekken. Met behulp van de vergelijking $V_W = V_U \cdot V_I$ kun je berekenen dat de vermogensversterking van een collectorschakeling ook maar 10 tot 100 kan bedragen. Desondanks wordt de collectorschakeling wel gebruikt en wel o.a. als **impedantie-omvormer**. (**Impedantie betekent schijnbare weerstand**). De collectorschakeling heeft namelijk een betrekkelijk hoge **ingangsweerstand** (ca. 200-500 kΩ) en een geringe **uitgangsweerstand** (100-500 Ω). Daarom kunnen met behulp van collectorschakelingen versterkertrappen met een hoge uitgangsweerstand worden „aangepast” aan versterkertrappen met een lage ingangsweerstand. Vroeger gebruikte men daarvoor transformatoren.



Afb. 130



Afb. 131

Schakeling 37

Het verschil in spanningsversterking van een emitterschakeling (transistor T_1) en een collectorschakeling (transistor T_2) kun je onderscheiden in de schakeling volgens afb. 130 en 131. Schakel de lamp eerst in de collectorkring van transistor T_1 .

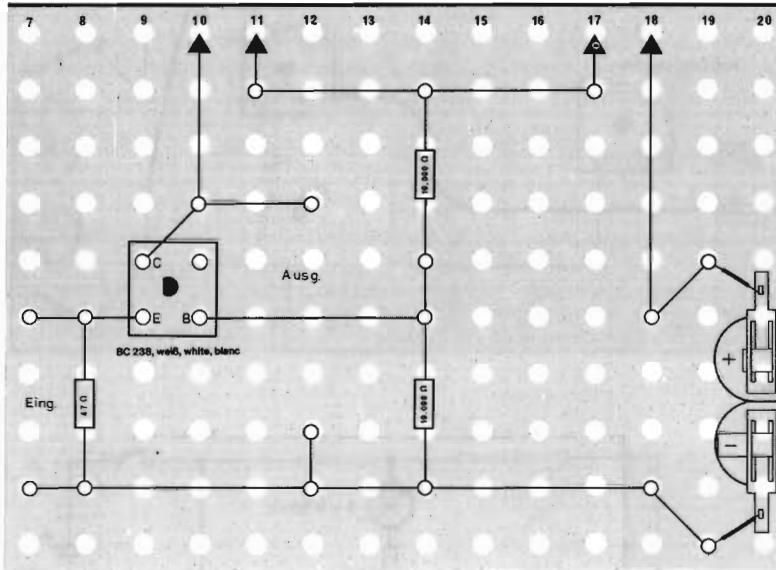
Draai aan de potentiometer en let daarbij op de lamp.

De lamp begint al te branden bij een zeer geringe, positieve basisspanning – ongeveer bij de middelste stand van de regelknop – en in de uiterste stand van de knop brandt ze het felst. Kleine veranderingen aan de potentiometer – die geringe veranderingen in de basisspanning tot gevolg hebben – veroorzaken belangrijke verschillen in de helderheid van de lamp, dus hoge collectorspanningen.

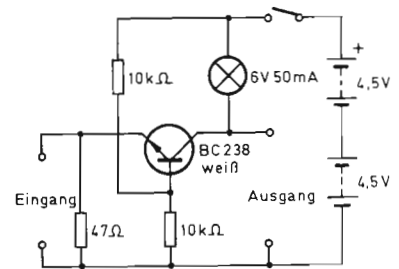
Schakel nu de lamp in de emitterkring van transistor T_2 en draai weer aan de potentiometer. De lamp begint pas te branden als de knop bijna in zijn uiterste stand staat en als die stand is bereikt brandt ze maar flauw. Dat is het bewijs dat de spanningsversterking van de collectorschakeling maar heel klein is want spanningsveranderingen aan de basis hebben maar kleine spanningen in de emitterkring tot gevolg.

De basisschakeling (afb. 132 en 133) wordt hoofdzakelijk ingebouwd in HF (hoogfrequent) versterktrappen. De basis is de gemeenschappelijke aansluiting voor het ingangs- en het uitgangssignaal. Bij de basisschakeling is de stroomversterking kleiner dan 1 en de spanningsversterking ligt tussen 100 en 1000. Daardoor ligt de vermogensversterking ook tussen 100 en 1000.

Schakeling 38



Afb. 132



Afb. 133

2.10. Condensatoren

Als laatste element in deze „Inleiding tot de elektronica” zullen we nu de condensator voorstellen. Alnaargelang het gebruikte materiaal bestaan er verschillende typen condensatoren die elk een andere toepassingsmogelijkheid hebben. Het zijn keramische condensatoren, polyester condensatoren, elektrolytische condensatoren en variabele condensatoren. Dit zijn hun schakelsymbolen:

Keramische en polyester condensator:

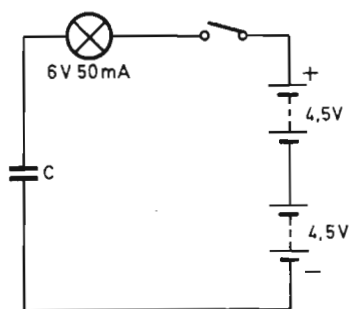
Elektrolytische condensator:

Variabele condensator:

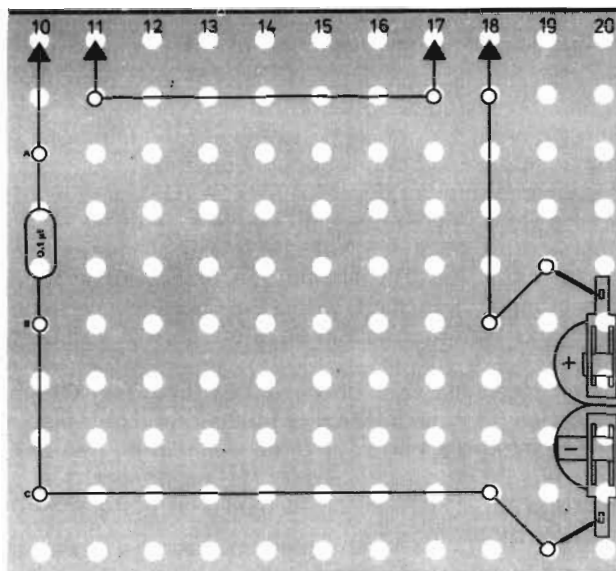
De overeenkomsten tussen al die typen zullen we in het nu volgende hoofdstuk behandelen.

Bouw nog eens de eenvoudige stroomkring met lamp en schakelaar (afb. 134 en 135). Tussen de klemmen A en B moet je eerst de polyester condensator met het opschrift $0,047 \mu\text{F}$ en dan die met het opschrift $0,1 \mu\text{F}$ inbouwen. Bedien elke keer de schakelaar en let op de lamp. Pool de condensatoren ook om. Bij geen van beide condensatoren brandt de lamp, ze blokkeren dus de gelijkstroom. In principe bestaan alle condensatoren uit

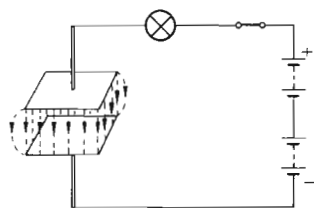
Schakeling 39



Afb. 134



Afb. 135



Afb. 136

twee tegenover elkaar liggende plaatjes die geen contact met elkaar maken. Ze zijn zelfs door een isolator van elkaar gescheiden. Er kan dus helemaal geen stroom doorheen. Toch speelt er zich, onzichtbaar voor jou, een belangrijk proces af: bij het bedienen van de schakelaar wordt de ene aansluiting van de condensator met de minpool en de andere met de pluspool van de batterij verbonden. Van de minpool vloeien elektronen op het ene „plaatje” zodat daar een elektronenoverschot ontstaat; het is dus negatief geladen. Van het andere plaatje stromen de aanwezige elektronen naar de pluspool. Daar is dus sprake van een elektronentekort en het is diengevolge positief geladen.

Tussen de twee verschillend geladen plaatjes vormt zich een elektrisch veld dat op afb. 136 schematisch is weergegeven. Net als het magnetische veld is ook het elektrische veld niet zichtbaar. Je kunt het alleen herkennen aan bepaalde uitwerkingen. Een sterk elektrisch veld – opgewekt door hoge spanningen – trekt stofdeeltjes aan. Het beeldscherm van een televisietoestel is vaak erg stoffig omdat de hoge spanning van plm. 15.000 V een zeer sterk veld vormt.

Als je de laatste schakeling weer uitschakelt blijft het verschil in elektronen tussen de twee plaatjes bestaan en dus ook het elektrische veld. Een condensator kan dus worden **opgeladen**. Men zou kunnen zeggen dat hij elektronen opslaat.

Bij de keramische condensatoren wordt het **diëlektricum** (het isolatiemateriaal) gevormd door een keramisch plaatje of buisje. Door hierop twee metalen plaatjes op te dampen, ontstaat een condensator. De condensatoren die we in deze bouwdoos gebruiken worden door een speciale lak beschermd tegen vocht en mechanische beschadigingen.

Polyester is een kunststof die heel geschikt is voor het vervaardigen van condensatoren, deze kunststof wordt gebruikt als isolatiemateriaal. Op een velletje van deze kunststof wordt een laagje metaal (zilver) aangebracht. Als men twee van zulke velletjes op elkaar legt en ze stevig in elkaar rolt heeft men een condensator. Hij wordt beschermd door een gele laag die voorkomt dat er vocht binnendringt.

Elektrolytische condensatoren worden overal ingebouwd waar hoge capaciteitswaarden bij verhoudingsgewijs kleine afmetingen noodzakelijk zijn. Dat bereikt men door één pool – een metaalfolie – van een uiterst dunne oxydelaag te voorzien die als isolatie dienst doet. De tweede pool wordt gevormd door een geleidende – elektrolytische – vloeistof die contact maakt met een tweede metaalfolie.

Bij de variabele condensator kan de capaciteit worden veranderd als de twee polen (groepen metalen plaatjes) naar elkaar toe worden bewogen. Hoe meer de plaatjes elkaar bedekken (zonder elkaar te raken), hoe groter de capaciteit. De isolatie van de variabele condensator bestaat uit dunne lagen kunststof folie. Het bevattingsvermogen voor elektronen wordt **capaciteit** genoemd en is afhankelijk van de grootte van de plaatjes.

Als meeteenheid voor de capaciteit (afkorting **C**) gebruikt men de **farad** (zo genoemd naar de Engelse natuurkundige Michael Faraday); afgekort tot F. Omdat dat een zeer grote eenheid is, gebruikt men liever kleinere, net zoals bij de stroomsterkte. Het miljoenste deel van een farad is een **microfarad** (μF), het miljardste deel een **nanofarad** (nF) en het biljoenste deel een **pico**farad (pF).

$$\begin{aligned} 1 \text{ F} &= 1.000.000 \mu\text{F} \\ 1 \mu\text{F} &= 1000 \text{ nF} \\ 1 \text{ nF} &= 1000 \text{ pF} \end{aligned}$$

Condensatoren kunnen worden gebruikt in serie- of parallelschakelingen, net als weerstanden.

Bij een serieschakeling ontstaat er een capaciteit die kleiner is dan de capaciteit van de kleinste condensator. De berekening wordt uitgevoerd met behulp van de volgende formule:

$$\frac{1}{C_{\text{tot}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_x}$$

Bij een parallelschakeling wordt de capaciteit groter en kan worden berekend met de volgende formule:

$$C_{\text{tot}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_x$$

Voor het vaststellen van de waarde van keramische condensatoren geldt dezelfde tabel als voor de weerstanden. Alleen ontbreekt de goud- of zil-verkleurige ring. De grondkleur heeft overigens ook geen betekenis. In plaats daarvan hebben ze echter een vierde of vijfde ring alnaargelang de belastbaarheid met betrekking tot temperatuur en spanning.

De keramische condensator heeft twee aansluitdraden. Als je goed kijkt, zie je dat één draad dichter bij het einde is vastgezet dan de andere. Dit korte einde leg je altijd aan de linkerkant. Dan kun je de waarden van de drie gekleurde ringen net zo aflezen als bij de weerstanden (afb. 137 a-d):

a) drie gekleurde ringen

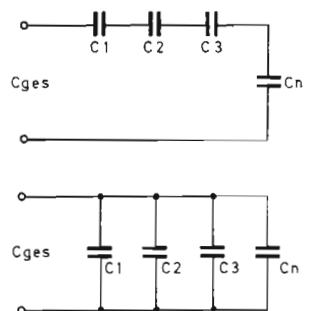
Ze geven de capaciteit aan in pF volgens de tabel.

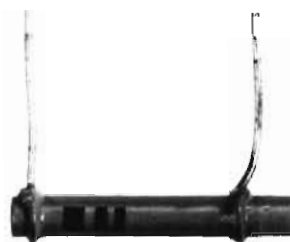
b) vier gekleurde ringen

De eerste drie ringen geven de capaciteit aan in pF volgens de tabel en de vierde blijft buiten beschouwing.

c) vijf gekleurde ringen

De twee buitenste ringen blijven buiten beschouwing en de drie binnenste geven de capaciteit aan in pF volgens de tabel.





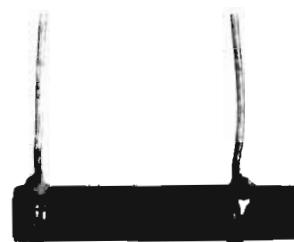
Afb. 137.a



Afb. 137.b



Afb. 137.c



Afb. 137.d

d) opgedrukte getallen

Niet alle keramische condensatoren hebben gekleurde ringen. Op sommige staat de waarde in cijfers afgedrukt. Staat dat getal alleen dan drukt het de capaciteit in pF uit. Wordt het gevolgd door een **kleine** letter dan geldt de meeteenheid:

$$\begin{aligned} p &= \text{pF} \\ n &= \text{nF} = 1000 \text{ pF} \\ k \text{ (kilo pF)} &= \text{nF} = 1000 \text{ pF} \end{aligned}$$

Hoofdletters hebben **geen** betekenis voor het vaststellen van de waarde.

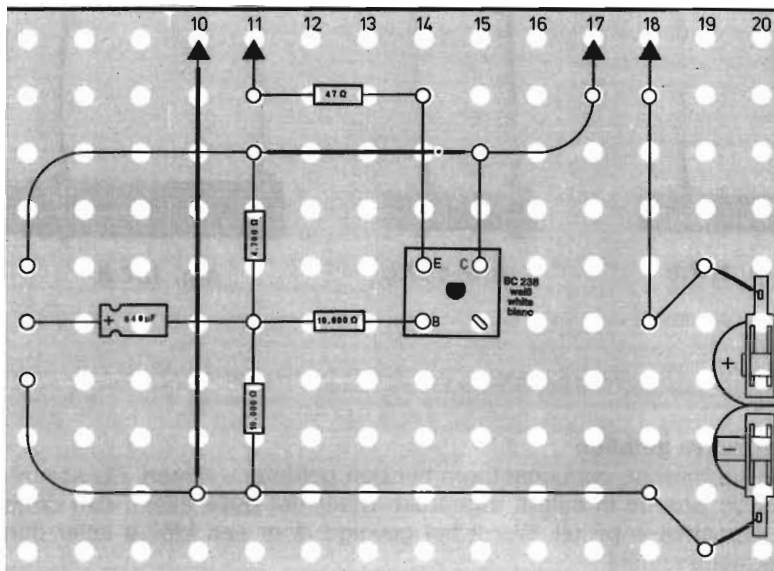
Waarde	Kleurcode	of opschrift					
10 pF	bruin zwart zwart	10	10 p				
22 pF	rood rood zwart	22	22 p				
47 pF	geel lila zwart	47	47 p				
68 pF	blauw grijs zwart	68	68 p				
100 pF	bruin zwart bruin	100	100 p				
180 pF	bruin grijs bruin	180	180 p				
220 pF	rood rood bruin	220	220 p				
330 pF	oranje oranje bruin	330	330 p				
470 pF	geel lila bruin	470	470 p				
1000 pF	bruin zwart rood	1000	1000 p	1 k		1 n	
2700 pF	rood lila rood	2700	2700 p	2,7 k	2 k 7	2,7 n	2 n 7
4700 pF	geel lila rood	4700	4700 p	4,7 k	4 k 7	4,7 n	4 n 7
10.000 pF	bruin zwart oranje	10.000	10.000 p	10 k		10 n	

Op polyester condensatoren zijn de waarden weergegeven in pF, nF en μF . Met behulp van onderstaande tabel kun je die omrekenen

$$\begin{aligned} 22.000 \text{ pF} &= 22 \text{ nF} = 0,022 \mu\text{F} \\ 47.000 \text{ pF} &= 47 \text{ nF} = 0,047 \mu\text{F} \\ 100.000 \text{ pF} &= 100 \text{ nF} = 0,1 \mu\text{F} \\ 220.000 \text{ pF} &= 220 \text{ nF} = 0,22 \mu\text{F} \end{aligned}$$

Op elektrolytische condensatoren zijn de waarden afgedrukt:

$$\begin{aligned} &4,7 \mu\text{F} \\ &10 \mu\text{F} \\ &100 \mu\text{F} \\ &680 \mu\text{F} \end{aligned}$$



Afb. 138

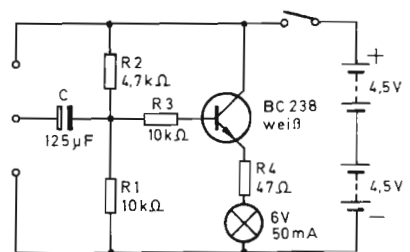
Met behulp van een transistor-versterker kan het **opladen** resp. het **ont-laden** van een condensator worden weergegeven. Bouw de schakeling van de afb. 138 en 139 op. Het werkpunt van de transistor is over de spanningsgeleider R_1/R_2 zo vastgesteld dat er slechts een middelgrote stroom door de transistor vloeit en de lamp dus ook niet erg fel brandt. Verbinden we nu de losse aansluiting van de elektrolytische condensator met de pluspool van de batterij dan gaat de lamp opeens veel feller branden. Die helderheid neemt echter langzamerhand weer af. Door het **opladen** van de condensator loopt er gedurende korte tijd een veel grotere basisstroom en daardoor wordt de collectorstroom óók groter met als gevolg dat de lamp feller brandt.

Als daarna de vrije aansluiting van de elektrolytische condensator met de minpool van de spanningsbron wordt verbonden gaat de lamp eerst gedurende korte tijd uit maar even later brandt hij weer. Bij het **ontladen** van de condensator vindt over R_1 een uitwisseling plaats van elektronen tussen de plaatjes. Tot het moment waarop de condensator geheel is ontladen, wordt de basisstroom onderbroken – daardoor wordt de transistor geblokkeerd. De lamp brandt niet. De condensator wordt nu tegengesteld geladen en hoe sterker de condensator is opgeladen, des te kleiner is de laadstroom en des te groter wordt de basisstroom. Dan brandt de lamp weer met een grotere helderheid.

Nog een belangrijke opmerking: alléén bij deze proef mag je de ene aansluiting van de elektrolytische condensator afwisselend aan de min- en de pluspool aansluiten. Bij alle schakelingen waarbij de elektrolytische condensator gebruikt wordt moet je er erg goed op letten hoe hij moet worden ingebouwd, anders werkt de schakeling niet en het kan zelfs gebeuren dat de elektrolytische condensator stuk gaat. Let altijd goed op de groef aan de kant van de positieve aansluiting!

Tot dusver hebben we alle schakelingen met condensatoren aangesloten op gelijkspanning. Je ontdekte steeds dat de condensator de gelijkspanning niet doorliet.

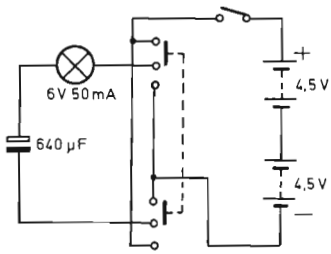
Hoe gedraagt hij zich nu in een wisselspanningskring, dus wanneer de stroom voortdurend van richting verandert? Dat kun je onderzoeken als je de schakeling bouwt van de afbeeldingen 140 en 141. Bedien dan de omschakelaar (uit EE 2004).



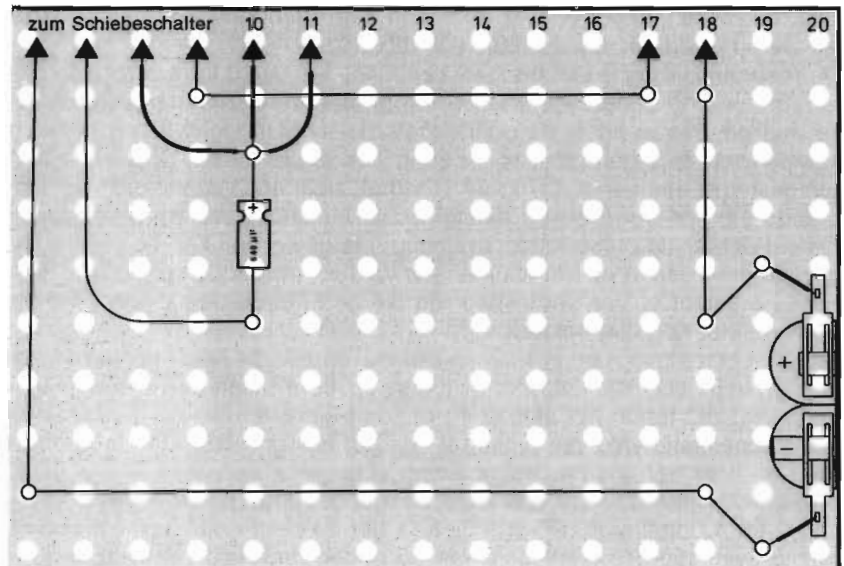
Afb. 139

Schakeling 40

Schakeling 41



Afb. 140



Afb. 141

Als je langzaam omschakelt brandt de lamp steeds heel even en hoe sneller je schakelt, hoe gelijkmatiger ze brandt.

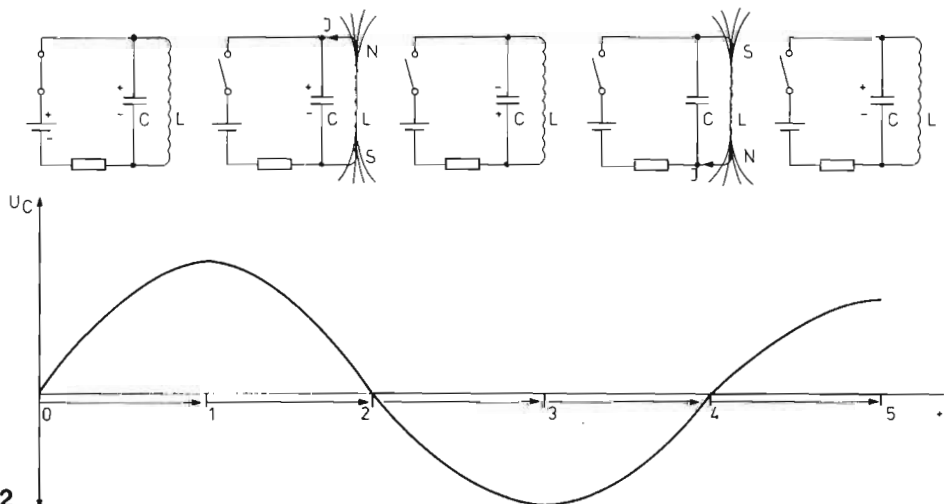
Bij wisselspanning die je krijgt door het voortdurende omschakelen schijnt er een stroom door de condensator te vloeien. Hij vloeit er echter niet doorheen maar de platen worden voortdurend opgeladen en weer ontladen. Er is dus sprake van een laad- en ontlaadstroom. Dat is in ieder geval genoeg om de lamp te laten branden. Een condensator blokkeert de wisselspanning niet maar fungeert slechts als weerstand. Men noemt dit een **capacitieve weerstand** (X_C). De weerstand wordt kleiner naarmate de frequentie van de wisselstroom hoger en de capaciteit van de condensator groter wordt.

Hoge frequentie en grote capaciteit = kleine capaciteitsweerstand.

Lage frequentie en geringe capaciteit = grote capaciteitsweerstand.

2.11. De resonantiekring

De parallelschakeling van een condensator met een spoel vormt een element dat voor de elektronica van grote betekenis is. We noemen zo'n element een **resonantiekring**.

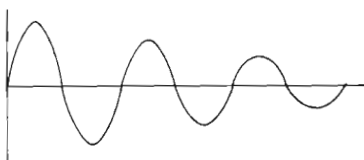


Afb. 142

Wat dit woord inhoudt en wat er zich in zo'n resonantiekring afspeelt zullen we nu uitleggen aan de hand van afb. 142.

De resonantiekring is slechts gedurende de tijd van 0 tot 1 verbonden met een batterij, de condensator C wordt opgeladen tot zijn maximale positieve waarde. Pas wanneer de condensator helemaal opgeladen is begint de spoelstroom te lopen (de stroom ijlt in een spoel na ten opzichte van de aangesloten spanning). In spoel L vormt zich een magnetisch veld dat steeds sterker wordt en op tijdstip 2 zijn maximale sterkte heeft bereikt. Omdat echter de condensatorspanning 0 is geworden kan er geen spoelstroom meer lopen en het magnetisch veld verdwijnt. Op grond van de inductie ontstaat er een spoelspanning die gedurende de tijd van 2 tot 3 de condensator negatief oplaadt.

Als de condensatorlading haar maximale amplitude heeft bereikt (3), begint er weer een spoelstroom te lopen. Er vormt zich een nieuw magnetisch veld dat tegen het tijdstip 4 precies tegenovergesteld gericht is aan het magnetische veld van tijdstip 2. Als het zijn grootste sterkte heeft bereikt (4), lost het op. De magnetische energie wordt weer in elektrische energie veranderd en de condensator met dezelfde polariteit als in de tijd van 0 tot 1 opgeladen. Dit proces kan net zo lang doorgaan tot door de ohmse weerstanden (verliezen) van de spoel, de totale eenmaal in de resonantiekring opgeslagen energie is opgebruikt. De ontstane trilling heeft dus niet steeds dezelfde amplitude maar wordt na enige tijd steeds kleiner tot ze tot 0 is gereduceerd. Men spreekt daarom van een gedempte trilling (afb. 143). Om deze reden is het dus niet genoeg om de resonantiekring slechts éénmaal van energie te voorzien maar verschillende keren (tijd 0-1, 4-5 enz.). Alleen dan kunnen de eigen verliezen in de resonantiekring worden aangevuld en kan men spreken van het „in resonantie zijn” van een schakeling.



Afb. 143

3. DEELGEBIEDEN VAN DE ELEKTRONICA

Nu je de belangrijkste elektronische bouwelementen hebt leren kennen en weet hoe ze werken, willen we in dit hoofdstuk enige onderdelen van de elektronica behandelen die betrekking hebben op de toestellen in de elektronica-experimenteerdozen van Philips. We zullen je wat belangrijke informatie aangaande deze gebieden verstrekken en die, indien mogelijk, verduidelijken met enige eenvoudige schakelingen. De technische bijzonderheden van de toestellen kun je vinden aan het einde van de desbetreffende handleiding.

3.1 Elektro-akoestiek

Elektro-akoestische toestellen dienen voor de versterking van spraak en muziek zodat bijvoorbeeld met behulp van luidsprekers grote ruimten, ja, zelfs stadions, voorzien kunnen worden van muziek o.i.d. Hoe kunnen we nu spraak of muziek zo „toebereiden” dat we ze kunnen versterken?

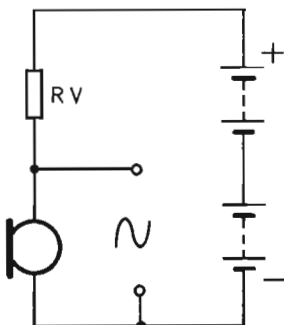
Als je een blad papier aan een hoek vasthoudt op een afstand van 5 cm voor de luidspreker van een op volle sterkte spelende radio zie je dat het papier vibreert op het ritme van de tonen. Omdat het papier niet in aanraking komt met de radio kan die vibratie (trilling) dus alleen maar veroorzaakt worden door luchtdeeltjes tussen het papier en de luidspreker. Dezelfde, zij het niet zo sterke, vibratie treedt op wanneer je spreekt met een blad papier voor je mond. Bij het spreken wordt namelijk de lucht om ons heen zodanig in beweging gebracht dat er **geluidsgolven** ontstaan die zich door een ruimte verspreiden. De frequentie van die geluidsgolven verandert alnaargelang de toonhoogte – hoge toon = hoge frequentie, lage toon = lage frequentie. De amplitude van deze trillingen wordt beïnvloed door de geluidssterkte. Omdat b.v. bij het spreken voortdurend tonen worden voortgebracht van verschillende frequentie en geluidssterkte veranderen de geluidsgolven in hetzelfde ritme.

Deze golven moeten zodanig worden veranderd dat ze versterkt kunnen worden. Daarvoor gebruikt men een **microfoon**. We zullen deze verandering demonstreren aan de hand van de **koolmicrofoon** (afb. 144). In de huls van de microfoon bevindt zich kolengruis (kleine korreltjes kool) onder een zeer dun **membraan**. Door twee tegenover elkaar liggende aansluitingen kan een stroom door het kolengruis vloeien. Omdat het gruis zeer losjes van samenstelling is, is de weerstand zo groot dat er maar een geringe stroom kan vloeien. Wordt het membraan nu geraakt door een geluidsgolf dan buigt dit door en drukt de korreltjes wat dichter tegen elkaar. Daardoor wordt de **overgangsweerstand** tussen de deeltjes kleiner en er loopt een grotere stroom. Als het membraan daarna terugveert neemt de druk op het gruis af en er loopt geen stroom meer. De overgangsweerstand verandert dus in hetzelfde ritme waarmee het membraan door de geluidsgolven wordt ingedrukt. Daardoor ontstaat er een voortdurend veranderende stroom in de microfoon. Men kan ook zeggen dat er in de microfoon een wisselende spanning ontstaat, de **spreekwisselspanning** (afb. 145 en 146) want er kan alleen een stroom lopen als er sprake is van spanning.

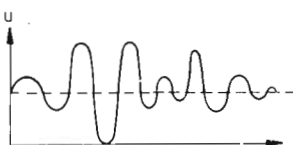
De spreekwisselspanning wordt via een condensator naar de basis van de eerste transistor in de versterker gevoerd indien de microfoon b.v. tussen de basis en de emitter aangesloten is. Die condensator is onmisbaar om te voorkomen dat de basisstroom wegvloeit over de microfoon. Bij de schakelingen met transistors heb je geleerd dat de basis altijd een voorspanning krijgt. Nu ben je misschien verbaasd over het feit dat ook de spreekwisselspanning naar de basis wordt geleid. Zou die alléén dan niet voldoende zijn om de transistor te sturen? In theorie zeker wél, maar



Afb. 144



Afb. 145



Afb. 146

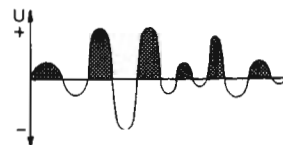
de kwaliteit van de versterkte tonen zou erg veel te wensen overlaten. De reden is gemakkelijk te begrijpen: de NPN-transistor bijvoorbeeld moet altijd verbonden zijn met de positieve pool van de spanningsbron omdat hij anders spert. De spreekwisselspanning die naar de basis wordt geleid bestaat echter uit negatieve en positieve halve golven. De transistor versterkt dus alleen de positieve (bij de NPN) maar spert bij negatieve halve golven (afb. 147). Dit verschijnsel – het gelijkrichteffect – ken je al van de diode. Bij zo'n versterking worden de tonen vervormd weergegeven. De gelijkspanning moet aan nóg een voorwaarde voldoen: ze moet groter zijn dan de grootste amplitude van de wisselspanning zodat de uiterste punten niet toch nog tot in het negatieve gebied reiken.

Elektronische versterkers zijn niet in staat een spreekwisselspanning in één trap (met één transistor) zodanig te versterken dat er uit de luidspreker tonen klinken. Het in de eerste transistor versterkte signaal wordt daarom naar de basis van de tweede transistor geleid en daar nog een keer versterkt. Dat kan bijv. drie keer gebeuren en we spreken dan van een **drietrap versterker**.

De verschillende trappen van de versterker worden **gekoppeld** door een condensator om te verhinderen dat de collectorspanning van b.v. 7 V – bij de uitgang van de eerste trap – direct de basis van de tweede trap bereikt. De condensator scheidt de gelijkspanningen van de verschillende trappen van elkaar.

Tot dusver hebben we steeds gesproken over het versterken van een microfoonsignaal maar precies hetzelfde geldt ook voor platenspelers en bandopname-apparaten.

Door middel van een proef kun je duidelijk zien hoe uit wisselspanning weer een toon kan worden opgewekt (afb. 150 en 151). Verbind de luidspreker (uit EE 2051) zo direct met de batterij dat de aansluiting met de rode punt aan de minpool ligt. Let op het membraan. Pool daarna om. Als de met een rode punt gemerkte aansluiting aan de minpool van de batterij ligt, wordt het membraan naar buiten gedrukt, omgekeerd wordt het binnen getrokken. In het inwendige van de luidspreker bevindt zich een spoel. Leggen we nu de versterkte spreekwisselspanning aan die spoel dan ontstaat er een magnetisch veld dat voortdurend van richting en sterkte verandert. De conus (het membraan) wordt nu in trilling gebracht in hetzelfde ritme. Deze trillingen planten zich voort door de lucht en onze oren nemen die trillingen waar als tonen.



Afb. 147

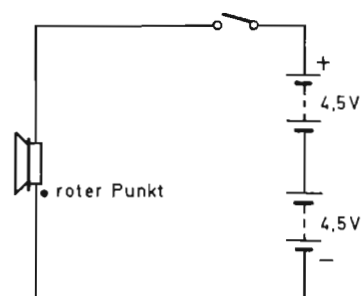
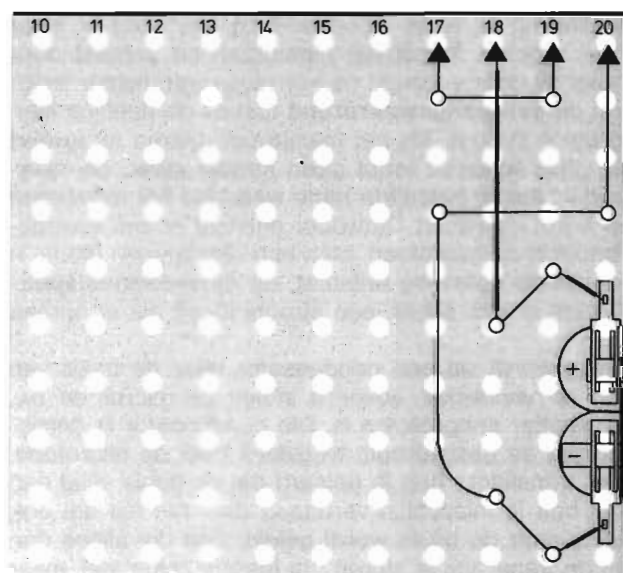


Afb. 148



Afb. 149

Schakeling 42



Afb. 151

Afb. 150

3.2. Telegraaf- en telefoontechniek

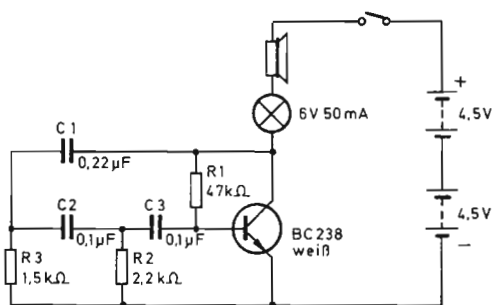
In dit hoofdstuk maak je kennis met toestellen die van belang zijn voor het overbrengen van berichten.

Sommige van die toestellen hebben schakelementen waarmee tonen kunnen worden voortgebracht. Deze onderdelen noemen we **oscillatoren** of **generators**. De grondschakelingen van deze oscillatoren (trillingsopwekkers) kun je aan de hand van het hiernavolgende bouwen en zodoende hun functie leren kennen.

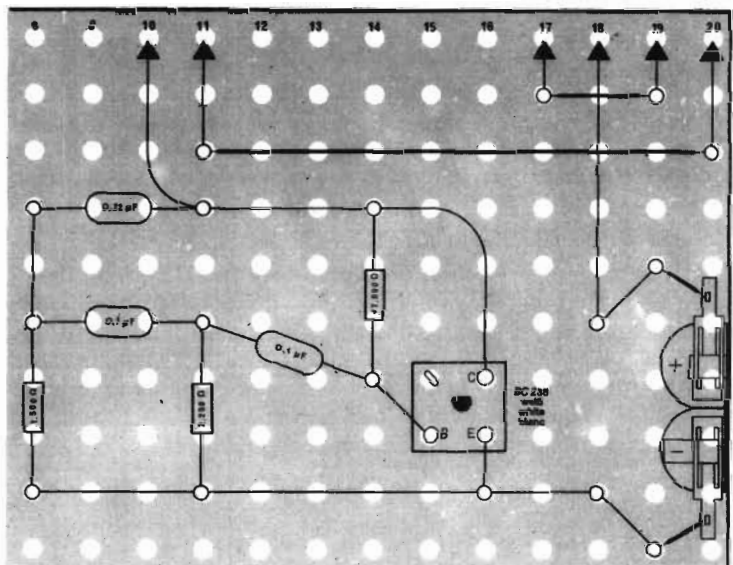
Op de afb. 152 en 153 zie je een **R-C-oscillator**. Die naam is ontstaan doordat deze trillingsopwekker gebouwd wordt met gebruikmaking van weerstanden (R) en condensatoren (C).

Bij het bedienen van de schakelaar hoor je een lage toon, de lamp brandt zeer flauw. Na het inschakelen stijgt de collectorstroom langzaam omdat er maar een geringe basisstroom over de tamelijk grote weerstand $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$ kan vloeien. De collectorspanning daalt evenveel als de collectorstroom stijgt. Ze wordt over de condensatoren C_1 , C_2 en C_3 en de weerstanden R_3 en R_2 teruggevoerd naar de basis. Deze bouwelementen veroorzaken bij een bepaalde frequentie een fazedraaiing. Dat betekent dat het dalen van de collectorspanning een stijging van de positieve basisvoorspanning tot gevolg heeft. Daardoor wordt de collectorstroom zo veel versterkt tot hij onder invloed van de weerstanden van de lamp en de luid-

Schakeling 43



Afb. 152



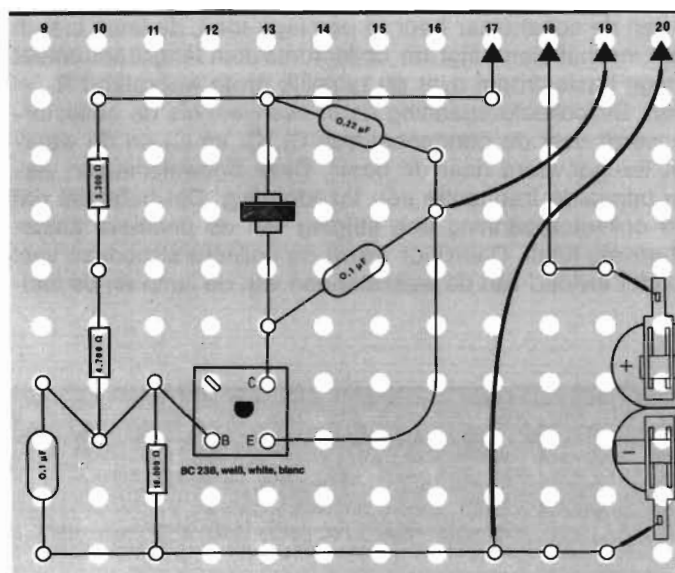
Afb. 153

spreker niet meer groter worden kan. Nu verandert de spanning aan de collector niet meer. Dat heeft een daling van de basisspanning tot gevolg en de basisstroom wordt geringer. Wanneer als gevolg daarvan de collectorstroom lager wordt, stijgt de collectorspanning weer. Door de fazedraaiing neemt de teruggekoppelde spanning van de basisstroom zo veel af dat de collectorstroom terugloopt tot 0. Nu ontstaat er geen verandering van de spanning meer. De basisstroom stijgt weer en het proces begint weer van voren af aan.

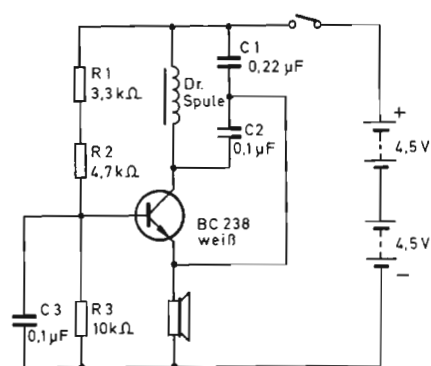
Omdat dit proces zich steeds weer herhaalt, ontstaat er aan de luidspreker een wisselspanning die een toon opwekt.

De frequentie van die toon wordt bepaald door de condensatoren C_1 , C_2 en C_3 en de weerstanden R_3 en R_2 zoals je al weet. Hoe kleiner de waarden van deze onderdelen, hoe hoger de frequentie. In elk geval moeten de weerstanden even groot zijn en dat geldt ook voor de condensatoren. Op afb. 155 zie je een **L-C-oscillator** (uit EE 2052). De frequentie van deze schakeling wordt bepaald door de spoel (L) en de condensatoren (C) C_1 en C_2 . Vandaar ook de naam.

Het bouwplan voor een L-C-oscillator kun je vinden op afb. 154. Na het bedienen van de luidspreker klinkt uit de luidspreker een toon met een zeer hoge frequentie ($> 10\text{ kHz}$).



Afb. 154



Afb. 155

Bij het inschakelen worden de condensatoren C_1 en C_2 , die een **capacitieve spanningsdelers** vormen, door de collectorstroom opgeladen. De resonantiekring wordt daarbij op gang gebracht en begint te oscilleren. Om verliezen van de spoel tegen te gaan en het afzwakken van de trilling te verhinderen wordt een gedeelte van de spoelspanning teruggevoerd naar de emitter. Daardoor worden niet-gedempte trillingen opgewekt die door de luidspreker als tonen worden weergegeven.

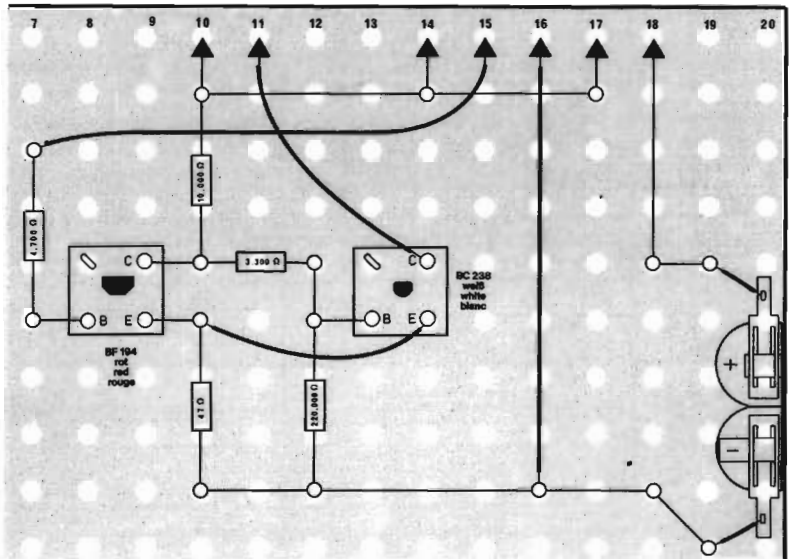
3.3. Elektronische signaalapparaten

Tot dusver hebben we het gehad over de transistor als versterker maar nu willen we eens iets zeggen over de functie als schakelaar. Bij het versterken kwamen de veranderingen van de basisstroom overeen met de veranderingen van de collectorstroom. Daarom spreekt men van lineaire versterkers. In de schakelingen in dit hoofdstuk werken de transistors echter volgens een ander principe, en wel als schakelaar met de functies Aan-Uit. Daarbij zijn de transistors of geleidend of gesperd, d.w.z. er loopt wel of er loopt geen stroom. Als er wel stroom loopt ligt er vrijwel geen spanning over de transistor. Is de transistor gesperd (geen stroom) dan kunnen we er een spanning meten.

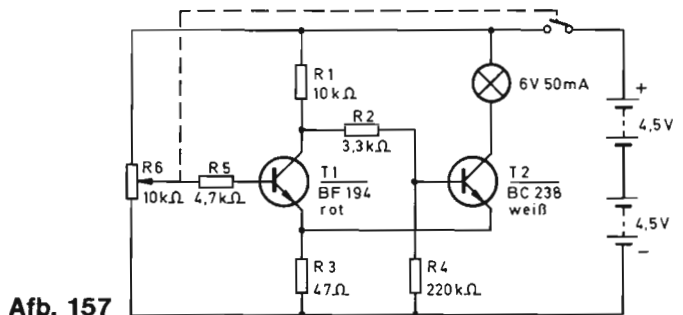
Uit deze beschrijving blijkt dus dat de transistor als een doorgewone schakelaar werkt. Als je een batterij, een lamp en een schakelaar in serie schakelt, gebeurt er precies hetzelfde. Zo gauw de schakelaar wordt ingeschakeld loopt er een stroom doorheen waarvan de grootte wordt bepaald door de lamp en de batterijspanning. Is hij uitgeschakeld dan staat de batterijspanning over de contacten. Schakelkringen zoals ze hierna worden beschreven, worden in de praktijk gebruikt in b.v. elektronische rekenmachines en computers. De schakelkringen hebben normaliter twee transistors waarvan de ene in de „aan“-stand en de andere in de „uit“-stand staat. De transistor in de „aan“-stand houdt de andere in de „uit“-stand en omgekeerd.

Er zijn talrijke varianten van deze zogenaamde **ja-neenschakelingen**. Op afb. 156 zie je het bouwplan voor een **Schmitt-trigger** (drempelwaarde-schakelaar) en het bijbehorende schema staat op afb. 157.

Schakeling 45



Afb. 156



Afb. 157

Als je aan de knop van de potentiometer draait verandert er niets aan de helderheid van de lamp maar in een bepaalde stand – de **drempelwaarde** – gaat ze plotseling aan of uit.

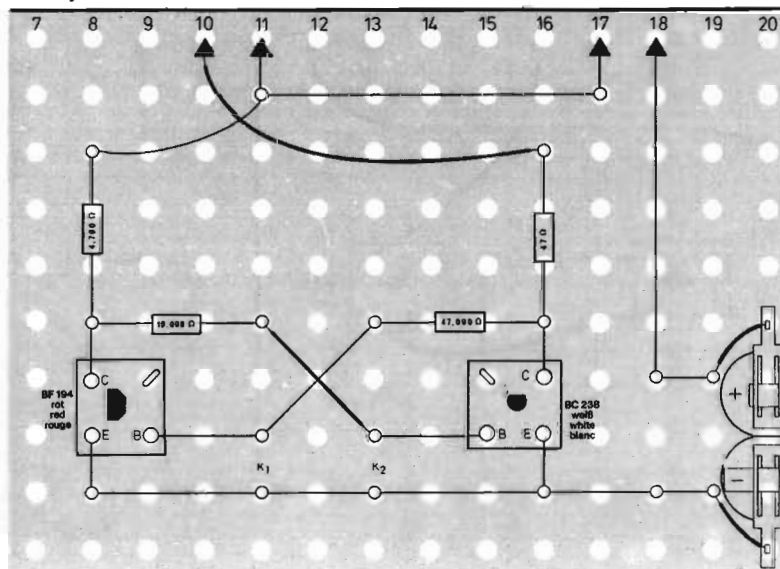
Als de transistor over de potentiometer op een negatieve basisvoorspanning wordt aangesloten is de collector-emitter leiding van die NPN-transistor gesperd. Bij de collectorweerstand ontstaat een spanning die over R_2 naar de basis van transistor T_2 wordt geleid. Daarom wordt hij geleidend en de lamp brandt.

Wanneer door het draaien aan de potentiometer de spanningsverdeling zodanig wordt veranderd dat T_1 plotseling een positieve basisspanning toegevoerd krijgt dan wordt de collector-emitterleiding doorgeschakeld en er loopt stroom. Daardoor verandert het spanningsverlies echter plotseling en de basis van T_2 krijgt een negatieve spanning over R_3 , emitter en R_2 , T_2 wordt dus geblokkeerd en de lamp gaat uit.

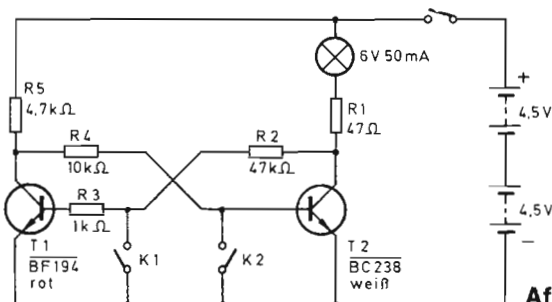
Als je nu met de potentiometer de basisspanning van T_1 weer verandert gaat de lamp weer branden.

Een andere schakeling is de **flip-flop**, ook wel **bistabiele multivibrator** genoemd. Multivibrator zou je kunnen vertalen met „veeltriller” (bi betekent twee, stabiel betekent bestendig, vast). Men kan zeggen dat deze schakeling bestaat uit twee vaste toestanden. Wat dat betekent zal je duidelijk zijn als je deze schakeling hebt gebouwd. Hoe dat moet kun je zien op afb. 158.

Als je de schakeling aansluit op de bedrijfsspanning brandt de lamp aanvankelijk niet. Wanneer je met een draadbrug contact K_1 sluit begint ze te branden en ze blijft branden, ook wanneer je bij K_1 de stroomkring weer onderbreekt. Pas wanneer je contact K_2 heel even sluit gaat de lamp uit en blijft uit.



Afb. 158



Afb. 159

Schakeling 46

Als je het schakelschema (afb. 159) goed bekijkt zie je dat, wanneer de contacten open staan de basis van T_1 over R_1 , R_2 en R_3 een positieve basisspanning krijgt. T_1 is dus geleidend en de basis van T_2 krijgt daarom over emitter-collector T_1 en R_4 een negatieve basisspanning. T_2 is dus geblokkeerd en de lamp brandt niet. Sluiten we nu K_1 , dan is de basis T_1 negatief en de collector-emitterleiding wordt geblokkeerd. Door het spanningsverlies bij R_5 krijgt de basis van T_2 over R_4 een positieve voorspanning zodat T_2 geleidend wordt: de lamp brandt. Ze blijft ook branden wanneer K_1 weer open staat omdat er steeds sprake is van voorspanning. Dat is de ene bestendige toestand waar we het al over gehad hebben.

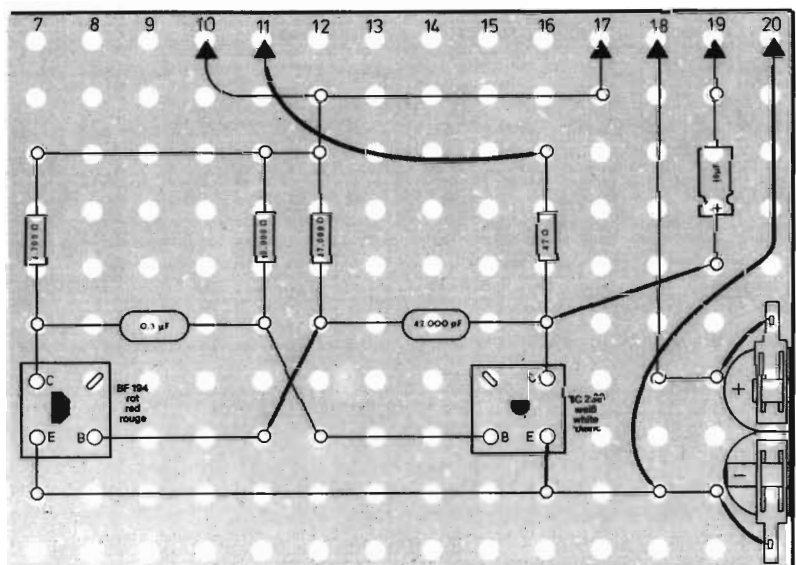
Wordt nu K_2 gesloten dan is de basis van T_2 negatief, hij blokkeert. Nu krijgt de basis van T_1 weer een positieve spanning en T_2 blijft geblokkeerd. De lamp brandt dus niet. Daarmee is de tweede bestendige toestand bereikt. De volgende schakeling die je zult leren kennen is de **astabiele multivibrator** (afb. 160). Als de bedrijfsspanning van 9 V op de astabiele multivibrator wordt aangesloten klinkt uit de luidspreker een toon en de lamp gaat branden. Vervang weerstand $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$ achtereenvolgens door de weerstanden van $22 \text{ k}\Omega$ en van $15 \text{ k}\Omega$.

Hoe kleiner de weerstand R_1 , hoe hoger de toon.

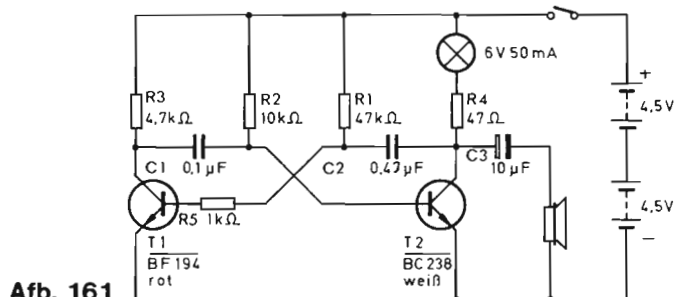
Verwissel dan C_1 of C_2 voor een condensator van 10.000 pF . De frequentie van de toon wordt weer hoger. Hoe kleiner de condensatoren worden, des te hoger de frequentie.

Vervang je echter C_1 door de elektrolytische condensator van $125 \mu\text{F}$ en C_2 door die van $4 \mu\text{F}$ dan knippert de lamp met een constante snelheid en uit de luidspreker klinkt alleen nog tikken.

Schakeling 47



Afb. 160



Afb. 161

Bij de astabiele multivibrator is geen sprake meer van een stabiele toestand. De standen „aan” en „uit” veranderen voortdurend.

Wanneer T_1 geleidend is, wordt T_2 gesperd (afb. 161). Door het terugkoppelen van het uitgangssignaal van de collector naar de basis van de andere transistor wordt nu T_1 geblokkeerd en T_2 geleidend. Dat gebeurt vanzelf in een ritme dat bepaald wordt door de condensatoren C_1 en C_2 en de weerstanden R_1 en R_2 .

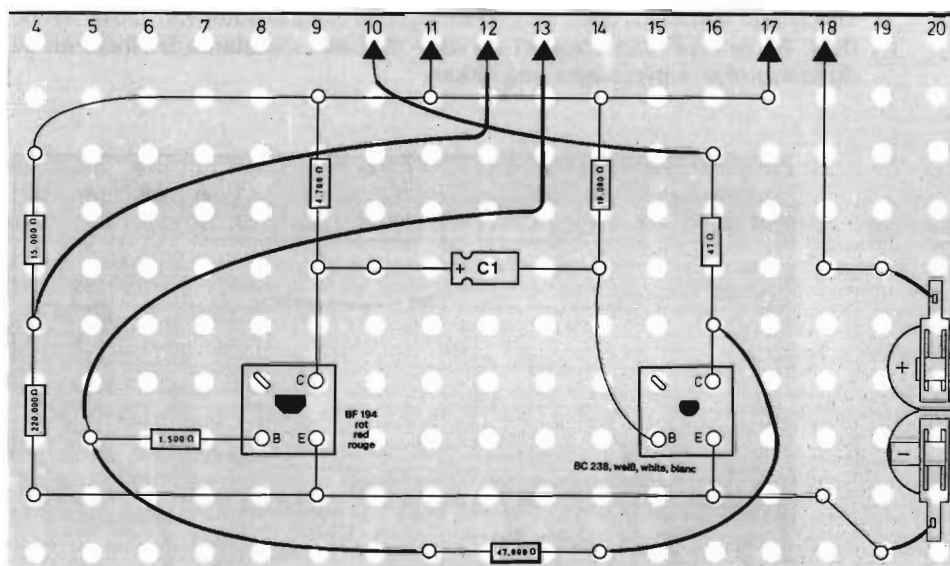
De laatste schakeling die we hier zullen behandelen is de monostabiele multivibrator. Hij heeft maar één stabiele toestand. Het bouwplan kun je vinden op de afb. 162 en 163.

Monteer eerst voor C_1 de elektrolytische condensator van μF in de schakeling. De lamp gaat branden. Als je de drukschakelaar kort indrukt gaat de lamp uit, maar even later brandt ze weer.

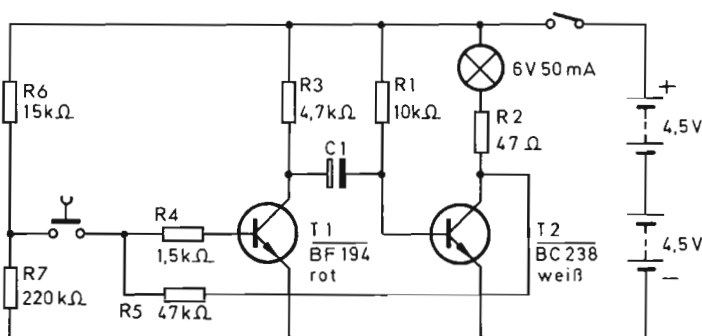
Bij het aansluiten op de bedrijfsspanning krijgt T_2 over R_1 een positieve basisspanning en de collector-emitterleiding wordt vrijgegeven. Nu wordt C_1 negatief opgeladen en de basis van T_2 krijgt geen positieve voorspanning. Daardoor wordt T_2 geblokkeerd. Aansluitend wordt C_1 echter over R_1 weer positief opgeladen en de basis van T_2 wordt ook weer positief met als gevolg dat de lamp weer gaat branden.

Hoe groter C_1 , des te langer blijft de lamp uit omdat het oplaadproces dienovereenkomstig langer duurt.

Schakeling 48



Afb. 162



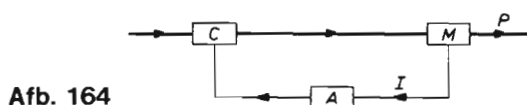
Afb. 163

3.4. Meet- en regeltechniek

Onder meten verstaan we het bepalen van hoeveelheden, afmetingen of andere eenheden. Lengten worden gemeten met een lineaal en gewichten met een weegschaal. Deze metingen zijn niet meer dan een vergelijking met een bekende lengte of een bekend gewicht. Veel metingen echter worden ook uitgevoerd door het overbrengen van onbekende afmetingen en hoeveelheden in andere eenheden. Weegschalen met een veer b.v. wijzen het gewicht aan op een schaal. Een thermometer geeft een bepaalde temperatuur aan via het volume van een hoeveelheid kwik. Stijgt de temperatuur dan wordt ook het volume groter. In de elektronische meettechniek worden alle mogelijke hoeveelheden, afmetingen enz. omgezet in elektrische stromen en spanningen die in elektronische schakelingen worden verwerkt en dan zichtbaar gemaakt. In deze systemen worden elektrische spanningen en stromen niet alleen gebruikt om meetresultaten te laten zien maar ze beïnvloeden ook een controle-eenheid die de gemeten waarde vergelijkt met een gewenste, vooraf berekende waarde.

Men heeft bijvoorbeeld een machine gebouwd die automatisch koolweerstand maakt. Er wordt een dun koollaagje aangebracht op het kokertje isolatiemateriaal en dan worden de weerstanden automatisch gemeten. De berekende weerstandswaarde wordt omgezet in een spanning die men naar een controle-eenheid leidt en daar vergelijkt met een standaardspanning. Het verschil tussen de twee spanningen bepaalt of er meer of minder kool moet worden aangebracht. Verandert men de standaardspanning dan produceert de machine weerstanden met een andere waarde.

In alle controlesystemen of, zoals men zegt „meet- en regelkringen”, wordt de informatie over het resultaat van een proces teruggevoerd naar het punt waarop het resultaat kan worden beïnvloed. Automatische controles van processen vinden om die reden altijd plaats in een gesloten regelkring waar een stroom van informatie en een stroom van resultaten zó gekoppeld worden dat het einde van een proces het begin ervan kan beïnvloeden via een meetinstallatie (M), een versterker (A) en een controle-eenheid (C). Een eenvoudig voorbeeld van zo'n gesloten regelkring



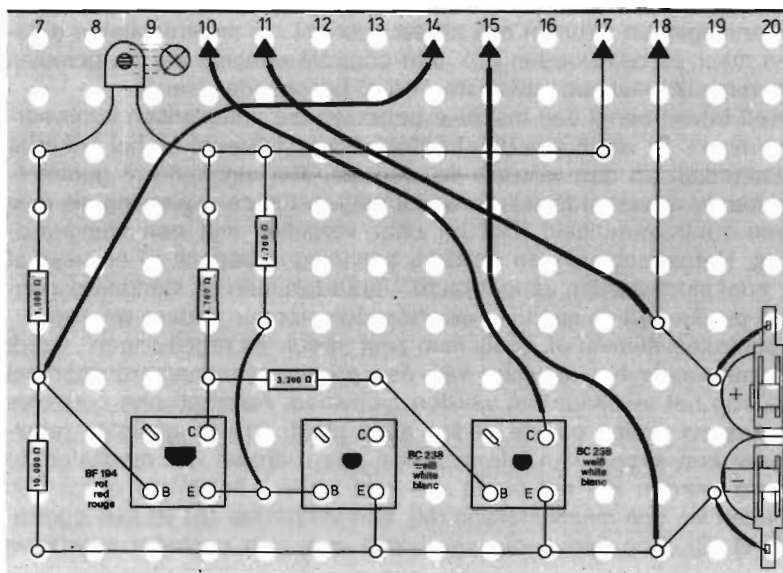
Afb. 164

(ook wel cybernetisch systeem genoemd) kan gebouwd worden met deze experimenteerdoos. De opdracht luidt: een lamp moet branden met een bepaalde helderheid, onafhankelijk van de batterijspanning of andere omstandigheden. De schakeling kun je vinden op afb. 165 en 166. Het licht van de lamp valt op de LDR waarbij je er wel voor moet zorgen dat er geen ander licht bij kan komen. Daarom steekt men de LDR in een beschermende, zwarte koker.

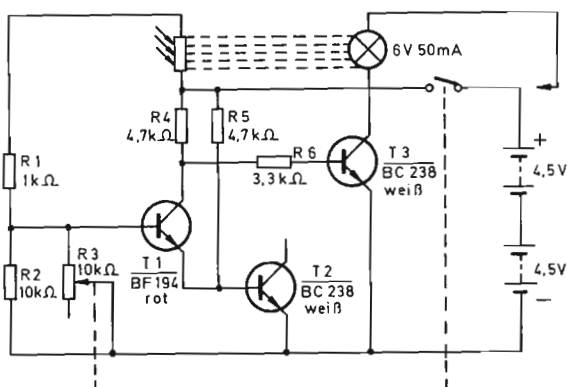
Als de helderheid van de lamp afneemt wordt de weerstand van de LDR groter. Daardoor volgt dat de spanning aan de basis en de collectorstroom van T_1 kleiner worden. T_3 zal nu meer basisstroom aantrekken zodat zijn collectorstroom stijgt en de helderheid van de lamp weer het gewenste peil bereikt. Dit peil kan worden vastgesteld door het draaien van potentiometer R_3 . Bij het aansluiten aan +9 V stellen we de potentiometer zo in dat de lamp flauw brandt.

Schakeling 49

Verlagen we nu de spanning tot 4,5 V of schakelen we een weerstand van 10 of 47 Ω voor de lamp dan verandert er niets aan de helderheid van de lamp. Het regelsysteem houdt de intensiteit van het licht vast op de eerder ingestelde waarde. Om dit te demonstreren kan men de regelkring openen en de lamp en de LDR uit elkaar halen. Wanneer je met de potentiometer de lamp weer zo instelt dat ze slechts een zwak schijnsel verspreidt en we gebruiken een lagere spanning dan verandert de helderheid. Deze controleproef is niet zo eenvoudig omdat het moeilijk is de hoeveelheid licht die op de LDR valt met de potentiometer precies in te stellen. Het is daarom veel praktischer de LDR gewoon te vervangen door een weerstand van 47 k Ω . Dat is namelijk de waarde van de LDR wanneer hij door de lamp wordt beschenen.



Afb. 165



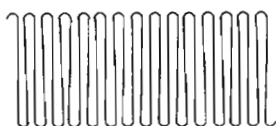
Afb. 166

3.5. Radio-ontvangstechiek

In de eerste tijd van de radio-ontvangstechiek werden toestellen gebruikt van een omvang en onhandigheid waarover we ons nu nog verbazen. Hoeveel gemakkelijker kunnen we heden ten dage met een transistorontvangertje naar de radio luisteren.

Desondanks is er in principe niets veranderd, alleen de methoden zijn aangepast aan de stand der techniek.

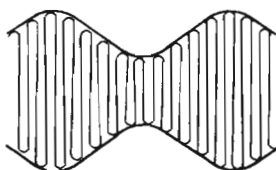
In radiozenders moet het lf-signaal (laagfrequent = spraak en muziek) dusdanig veranderd worden dat het over grote afstanden kan worden uitgezonden. Directe uitzending is niet mogelijk. Er moet eerst een draaggolf worden opgewekt waarmee spraak en muziek naar het ontvangtoestel kunnen worden getransporteerd. Deze draaggolf is een hoofdfrequent-signaal (hf) dat voor elke radiozender in elk golfgebied vastligt.



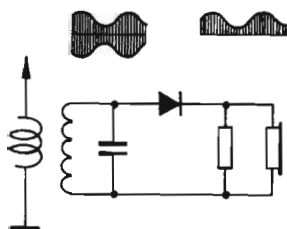
Afb. 167



Afb. 168



Afb. 169



Afb. 170

Langegolf	(LG)	150	–	435	kHz	=	2000	–	690	m
Middengolf	(MG)	510	–	1605	kHz	=	590	–	190	m
Kortegolf	(KG)	5,95	–	17,9	MHz	=	50	–	17	m
FM	(UKG)	87,5	–	100	MHz	=	3,4	–	3,0	m

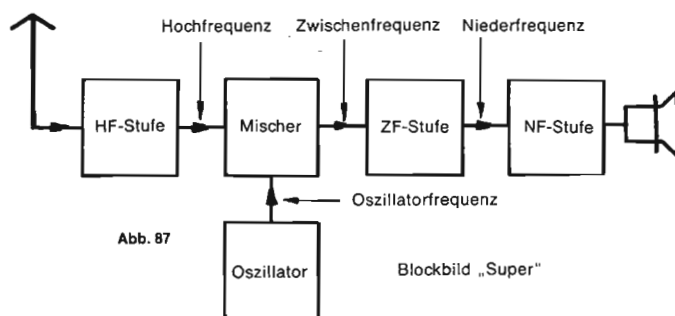
In de resonantiekeringen van een middengolfzender wordt b.v. een trilling opgewekt met een frequentie van 1000 kHz (afb. 167). Het lf-signaal wordt op deze draaggolf 'gedrukt' (afb. 168) zodat de amplitude van de draaggolf verandert op het ritme van het lf-signaal (afb. 169). Men spreekt dan van **modulatie** en omdat bij deze soort modulatie de amplitude wordt veranderd noemen we dit proces **amplitude-modulatie**.

Het eenvoudigste radiotoestel is de **diode-ontvanger** waarvan je de schakeling kunt vinden op afb. 170. De frequentie van de trillingskring van de ontvanger wordt afgestemd op die van de zender zodat die trillingen dezelfde frequentie krijgen. Leiden we dit signaal naar een diode dan wordt de ene halve golf onderdrukt door de werking als gelijkrichter. Dat noemen we **demodulatie**. Dit gedemoduleerde signaal kunnen we dan eventueel direct naar een oortelefoon leiden die het in spraak of muziek omzet. Dit demoduleren is noodzakelijk omdat positief en negatief gemoduleerde halve golven elkaar opheffen.

De eenvoudige diodegelijkrichter heeft echter ook enige nadelen. Eén daarvan is dat men er niet direct een luidspreker op kan aansluiten. De zwakke wisselspanningen moeten nog versterkt worden. Versterkerschakelingen ken je al uit hoofdstuk 3.1. Inplaats van de daar genoemde platenspeler of bandrecorder hoef je alleen maar de diodegelijkrichter als spanningsbron aan de ingang te schakelen.

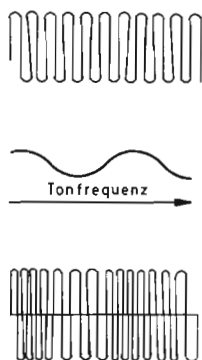
Een ander nadeel is nog dat de diodegelijkrichter alleen maar goed werkt in een gebied van ca. 0,1-10 V. Als de draaggolfspanning van het aangevoerde hoogfrequentesignaal te gering is, vermindert de werking van de gelijkrichter, d.w.z. de gevoeligheid wordt geringer en er ontstaan meer storingen. Dit laatste geldt ook voor te grote ingangsspanningen. Door hoogfrequentversterktrappen kan men de gevoeligheid van een toestel verhogen. Volgens dit principe werkt b.v. ook ontvanger 5.02. Als het ontvanger signaal over verschillende hf-versterktrappen direct naar de gelijkrichter wordt geleid spreken we van een rechtuit-ontvanger. Dit proces levert echter grote moeilijkheden op bij meer dan twee achter elkaar geschakelde trappen. Om die reden bouwt men rechtuit-ontvangers alleen als **een- of twee-kringer**.

Wanneer radiotoestellen een grotere gevoeligheid en een betere werking moeten hebben, maakt men gebruik van het **superheterodyne-principe**. Hierbij wordt het door de antenne opgevangen signaal van de zender zo gemengd met een in het toestel opgewekt signaal dat er een vaste, onveranderlijke frequentie ontstaat, onafhankelijk van afstemming of golfgebied. Deze zogenaamde **middenfrequentie** (mf) kan nu makkelijk in verschillende trappen worden versterkt en aansluitend door de diodegelijkrichter worden gedemoduleerd (afb. 171). Dit proces noemt men kortweg **superhet** (van super = boven, heteros = verschillend en dynamis = kracht).



Afb. 171

Zenders in het FM-gebied gebruiken geen amplitude-modulatie maar **frequentie-modulatie** (FM). Bij dit proces wordt de amplitude niet veranderd door het lf-signaal maar de frequentie van de draaggolf verandert op het ritme van spraak of muziek (afb. 172). De demodulatie van dit hf-signaal moet geschieden met speciale gelijkrichtschakelingen waarbij het er op aankomt bouwelementen met frequentie afhankelijke weerstanden te gebruiken. In het eenvoudigste geval kan dat een spoel zijn waarvan de weerstand verandert met de frequentie. Door de verandering van de weerstand wordt dan ook het spanningsverlies aan de spoel groter of kleiner. Deze veranderingen in de spanning kunnen dan worden versterkt. Bij dit proces is de kwaliteit van het ontvangen en versterkte signaal overigens niet bijzonder goed.



Afb. 172

4. ELEKTRONISCHE TOESTELLEN

Alvorens te beginnen met het bouwen van de elektronische toestellen moet je de algemene bouw-instructies heel goed lezen.

Om de beschrijvingen van de verschillende schakelingen te kunnen begrijpen is het noodzakelijk dat je eerst wat kennis vergaart aangaande de elektronica. Als je je al eens eerder met elektronica hebt beziggehouden zul je de beschrijvingen van de diverse toestellen net zo goed kunnen begrijpen als na het doorwerken van het hoofdstuk Inleiding tot de elektronica.

Zoals ook in de industrie gebruikelijk is, zijn de toestellen gerangschikt naar deelgebieden.

1. Elektro-akoestiek
2. Telefoon- en telegraaftechniek
3. Meet- en regeltechniek
4. Radio-ontvangtechniek
5. Hoogfrequenttechniek (vanaf EE 2005)

Aan het eerste cijfer van de hiernavolgende toestelnummers kun je zien tot welk deel der elektronica het behoort.

De noodzakelijke informatie betreffende deze gebieden kun je vinden in hoofdstuk 3.

1.01 Versterker voor platenspeler en bandopname-apparaat

De eerste platenspelers gaven de muziek puur mechanisch weer. Daarvoor waren zware toonarmen en grote hoorns nodig waardoor de apparaten onhandelbaar werden. Bovendien was de weergavekwaliteit zeer slecht. Pas sinds men in staat is tonen elektronisch te versterken en door een luidspreker hoorbaar te maken kon de kwaliteit aanzienlijk worden verbeterd. Zo'n versterker kun je zelf bouwen.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Ondereilen en verbindingssleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

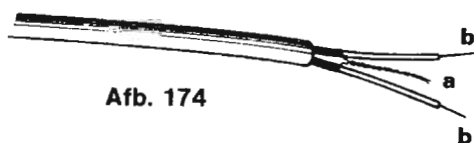
Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren. Chassisplaat en schakelpaneel aan elkaar schroeven en verbindingen leggen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bij EE 2050 wordt de oortelefoon direct aan de aansluitingen 19 en 20 bevestigd. Aan de buitenaansluitingen bevestig je de platenspeler of de bandrecorder. Let daarbij op het volgende: ze hebben afgeschermd kabels (afb. 174). Verbind de afscherming (a) met klem V en één of beide aders (b) met U.

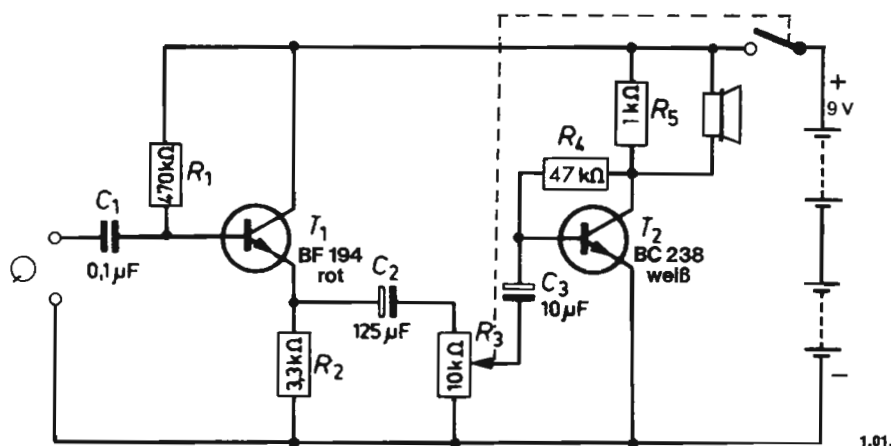
Batterijen aansluiten. **Let op de juiste aansluiting.**

Laatste controle van de constructie en inschakelen.

De knop van de potentiometer naar rechts draaien en platenspeler of bandrecorder inschakelen. Door de oortelefoon klinkt je programma. De geluidsterkte kun je regelen met de knop van de potentiometer. Hoe verder je naar rechts draait, hoe groter het geluidsvolume. Als je de platenspeler of de bandrecorder goed hebt aangesloten en je hoort niets, schakel dan de versterker onmiddellijk uit en zoek de fout.



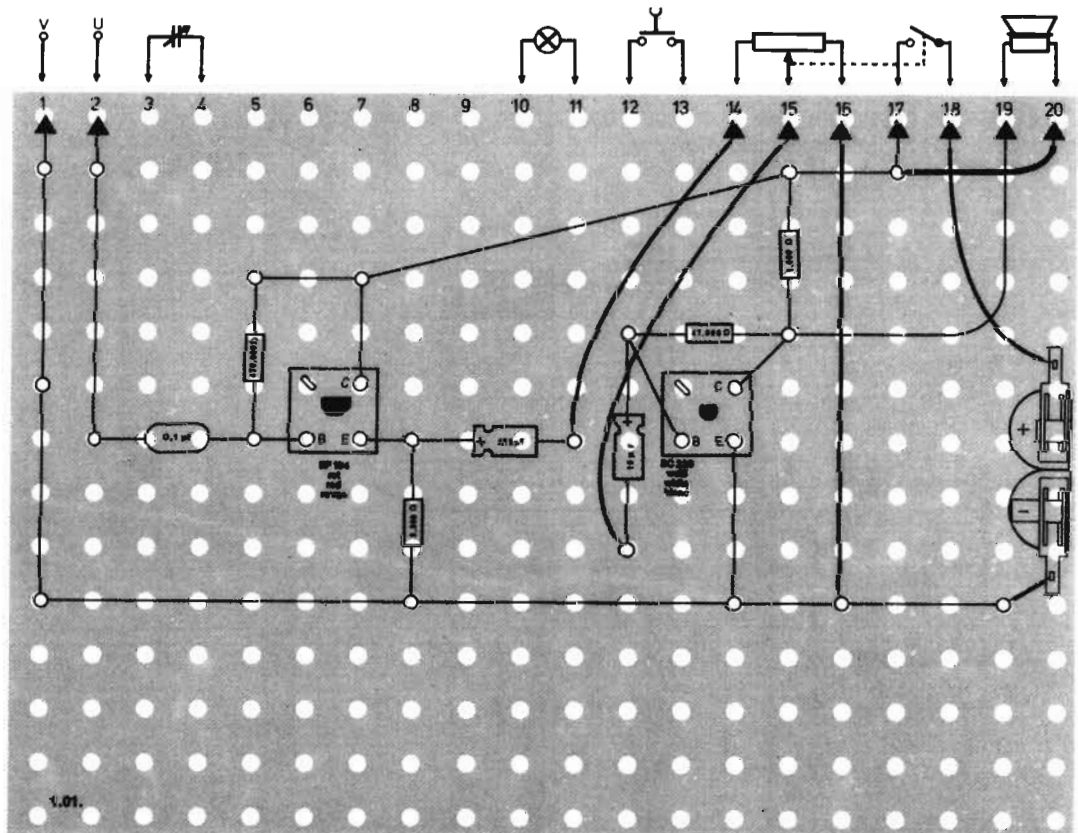
Afb. 174



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De schakeling wordt gebruikt voor het versterken van wisselspanningen die ontstaan in de toonkop van de platenspeler. De kabel van de platenspeler wordt daarom met de binnenste ader aangesloten aan condensator C_1 en de afscherming wordt verbonden met de minpool.

Transistor T_1 werkt als een emittervolger. De schakeling heeft het voordeel dat haar hoge ingangsspanning de aangesloten wisselspanningsbron (de toonkop) niet belast. Tegelijkertijd verandert ze de hoge ingangsweerstand in een lage uitgangsweerstand. De naar transistor T_1 gevoerde wisselspanning wordt over de geluidsterktereregelaar R_3 en de koppelcondensator C_2 naar de eindtrap T_2 geleid. De versterkte spanning is waarneembaar in de oortelefoon of de luidspreker die parallel aan weerstand R_5 worden aangesloten.



1.02 Tweetraps platenspelerversterker

Spreekers moeten ook op de laatste rijen in een grote zaal goed te verstaan zijn. Om dat te bereiken maakt men gebruik van versterkerinstallaties. De spreker spreekt in een microfoon die zijn woorden omzet in elektrische trillingen. Deze zeer zwakke trillingen moeten zodanig versterkt worden dat ze via een luidspreker te horen zijn. Daarvoor dient de versterker die we nu gaan bouwen. De oortelefoon kan dienst doen als microfoon. Je kunt ook een platenspeler of een bandrecorder aansluiten.

Bouw van het toestel

Voorbereiden volgens de Algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen aanleggen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: aan de buitenaansluitingen klem je een oortelefoon. (niet bij EE 2003) Hij werkt als een microfoon. Als je erin spreekt hoor je je eigen stem uit de luidspreker. Als je een platenspeler of een bandrecorder wilt aansluiten moet je letten op het volgende: ze hebben afgeschermde kabels (zie afb. 175). Verbind de afscherming (a) met klem V en één of beide aders (b) met U.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

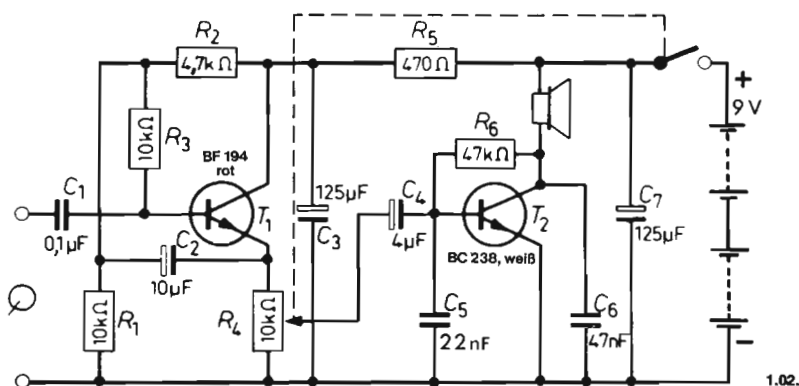
Laatste controle van het toestel en inschakelen.

Draai de potentiometer naar rechts. Hiermee wordt de geluidssterkte geregeld. Hoe verder naar rechts, hoe groter geluidssterkte. Heb je een oortelefoon, een platenspeler of een bandrecorder goed aangesloten en hoor je niets, schakel dan onmiddellijk uit en zoek de fout.

Je kunt iedere kristal-oortelefoon gebruiken, b.v. de oortelefoon uit de dozen EE 2041, EE 1050 of EE 2050.



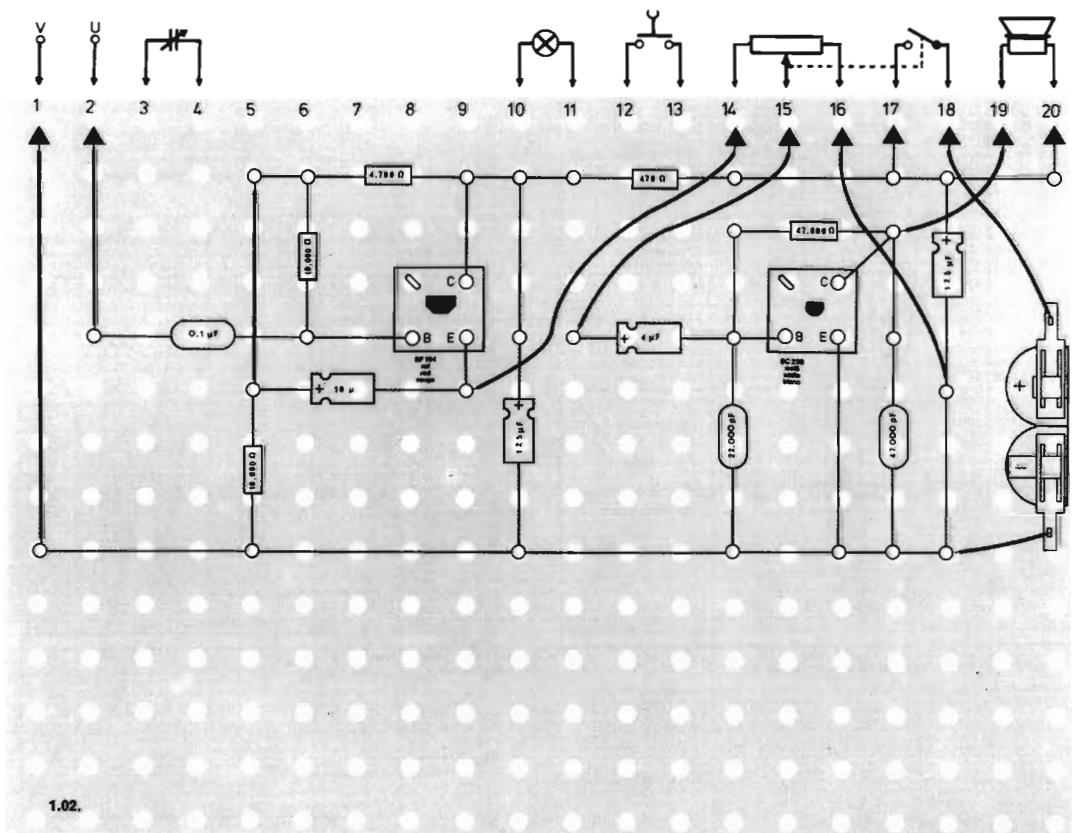
Afb. 175



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Bij deze schakeling werkt de eerste transistor als een z.g. emittervolger in de collectorschakeling. Het over condensator C_1 aangevoerde signaal wordt bij de emitter over weerstand R_4 afgenomen en naar de tweede transistor, de eindversterker, gevoerd. De emittervolger T_1 heeft een hoge ingangsweerstand en belast daarom een ingeschakelde spanningsbron maar weinig. Derhalve worden de door de kristaltoonopnemer geleverde frequenties onverzwakt en ongestoord naar transistor T_1 geleid. Een andere eigenschap van de emittervolger is dat hij als impedantie-omvormer de hoge ingangsweerstand verandert in een lage uitgangsweerstand. Daarom wordt hij in de transistortechniek hoofdzakelijk in dit soort schakelingen toegepast.

De potentiometer R_4 heeft een waarde van $10\text{ k}\Omega$ en dient voor het instellen van de geluidssterkte. De eindtrap werkt in emitterschakeling waarbij de emitter aan de minpool en de belastingsweerstand (luidspreker) in de collectorkring van de transistor ligt. De elektrolytische condensatoren C_7 en C_3 dienen voor het zeven en egaliseren van de bedrijfsspanning uit de batterij.



1.03. Tegengekoppelde versterker

Dit toestel zorgt ervoor dat je weergave een grotere geluidssterkte en een vollere klank heeft. Bij de ingang ervan kun je een oortelefoon als microfoon aansluiten en dan je eigen stem versterken. Je kunt hem natuurlijk ook gebruiken als versterker voor een platenspeler of een bandrecorder.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies.

Onderdelen en verbindingleidingen bevestigen volgens het bedradings-schema. Voor weerstanden en condensatoren, codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de verschillende aansluitingen.

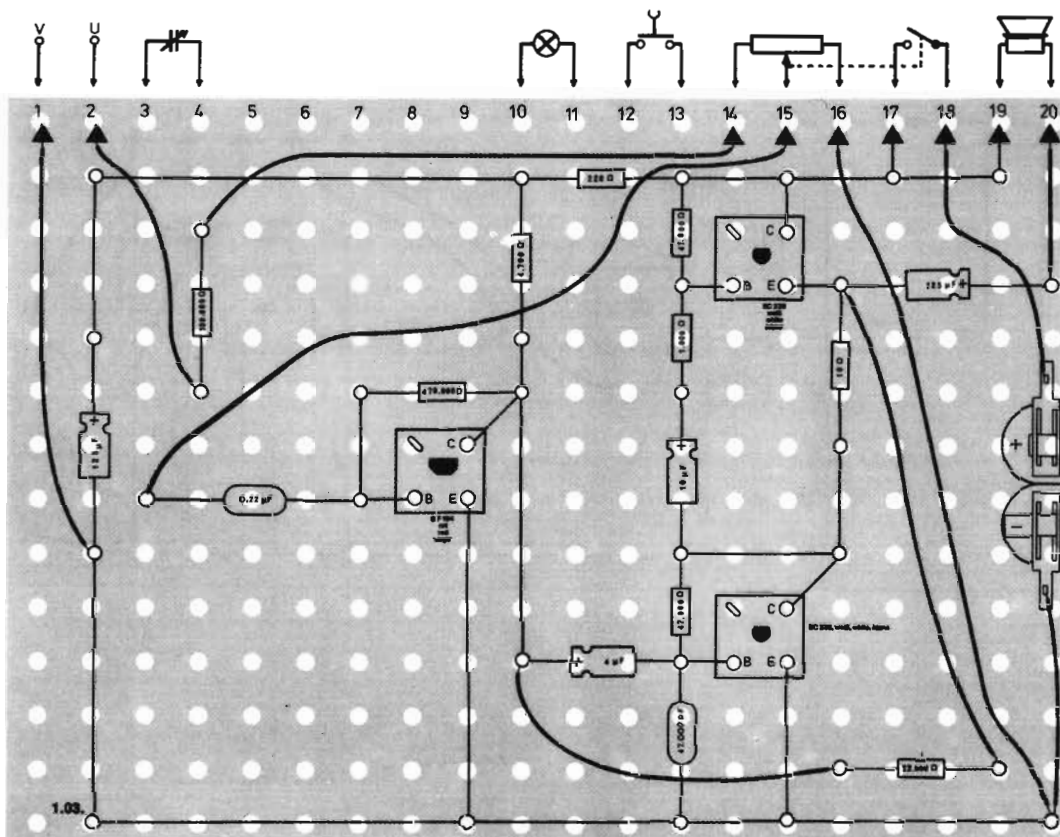
Speciale werkzaamheden: aan de buitenaansluitingen klem je een oortelefoon (niet in EE 2003). Hij doet dienst als microfoon. Als je er in spreekt hoor je je eigen stem door de luidspreker. Als je een platenspeler of een bandrecorder wilt aansluiten moet je goed letten op het volgende: ze hebben afgeschermd kabels (zie afb. 175). Verbind de afscherming (a) met klem V en één of beide aders (b) met U.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle van het toestel en inschakelen.

Potentiometer naar rechts draaien. Hiermee kun je de geluidssterkte regelen. Hoe verder naar rechts, hoe groter geluidssterkte. Heb je de oortelefoon, de platenspeler of de bandrecorder goed aangesloten en hoor je niets, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.

Je kunt elke kristal-oortelefoon gebruiken, bijv. oortelefoon uit de dozen EE 2041, EE 1050 of EE 2050.



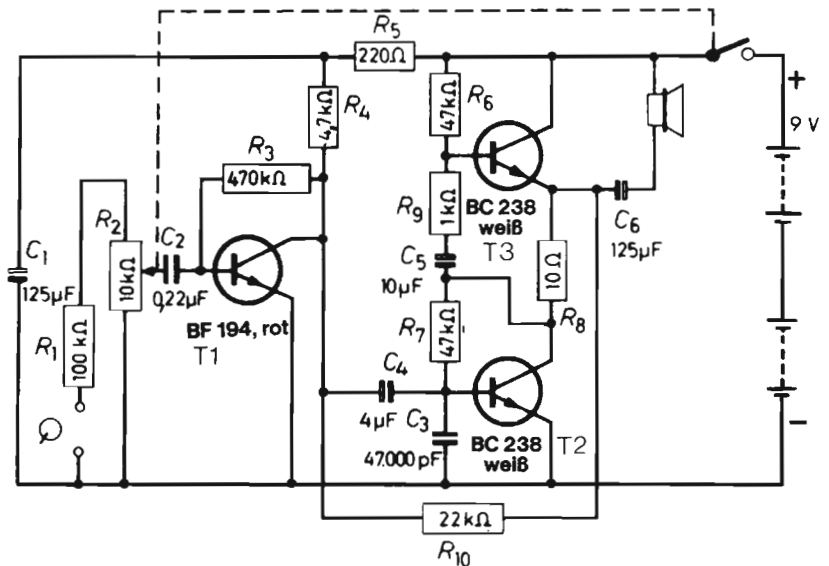
Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De geluidssterkteregelaar ligt voor de transistor. Om te komen tot een betere aanpassing van hoogohmige spanningsbronnen aan de laagohmige ingang van de transistor is vóór de geluidssterkteregelaar een weerstand ($R_1 = 100\text{ k}$) ingebouwd. De tegenkoppeling van de luidspreker over R_{10} naar de collector van T 1 stabiliseert de schakeling.

Zoals je kunt zien op het schema verschilt de uitgangstrap van deze versterker van die van versterker 1.02. We hebben hier te maken met een eenvoudige **tegengekoppelde eindtrap**, die bestaat uit de twee transistors T 2 en T 3. Ze zijn in serie geschakeld, d.w.z. elke transistor werkt met de halve bedrijfsspanning. Terwijl de onderste transistor T 2 in een emitterschakeling ligt werkt de bovenste, T 3, in een collectorschakeling. De gelijkstroom vloeit dus door T 2, over de weerstand R_8 en door T 3 naar de pluspool van de schakeling. De basisspanning wordt telkens aangevoerd over de weerstanden R_6 resp. R_7 .

De wisselspanning van de voorversterker T 1 wordt over de elektrolytische condensator C_4 naar de basis van T 2 gevoerd. Het versterkte signaal veroorzaakt in de collectorkring van T 2 en R_8 een meer of minder groot spanningsverlies en wel afhankelijk van de uitsturing van de transistor met positieve of negatieve delen van het signaal. De wisselspanning bij R_8 stuurt over de elektrolytische condensator C_5 en weerstand R_9 de basis van de emittervolger T 3 die samen met T 2 het signaal doorgeeft aan de luidspreker die over C_6 vrij van gelijkstroom is gekoppeld aan de eindtrap.

De bij deze tegengekoppelde schakeling ontstane spanning is dus afhankelijk van de polariteit van de aangevoerde wisselspanning. Als bijvoorbeeld de spanning bij transistor T 2 (collector-emitter) stijgt neemt ze bij transistor T 3 af.



1.04. Versterker met correctiefilter

Een pick-up element geeft niet alle tonen even hard weer. De elektrische trillingen die hij bij hoge en lage tonen opwekt zijn veel zwakker dan de signalen bij middelgrote frequenties. Je kunt je natuurlijk voorstellen hoe vreemd het zou zijn als bij de weergave van geluid de hoge tonen en de bassen zouden ontbreken. De klank is dan vervormd. Hier kan men echter met behulp van de elektronica ingrijpen. Je hebt daarvoor een versterker nodig die de hoge en lage tonen méér versterkt dan de daartussen liggende.

Dit kan worden bereikt door met een tegenkoppeling de tussengelegen tonen minder te versterken dan de hoge en lage. De klank is dan weer natuurlijk en niet meer vervormd.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Ondereilen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel, leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: aan de beide buitenaansluitingen klem je een oortelefoon als microfoon. Als je er in spreekt hoor je je eigen stem door de luidspreker.

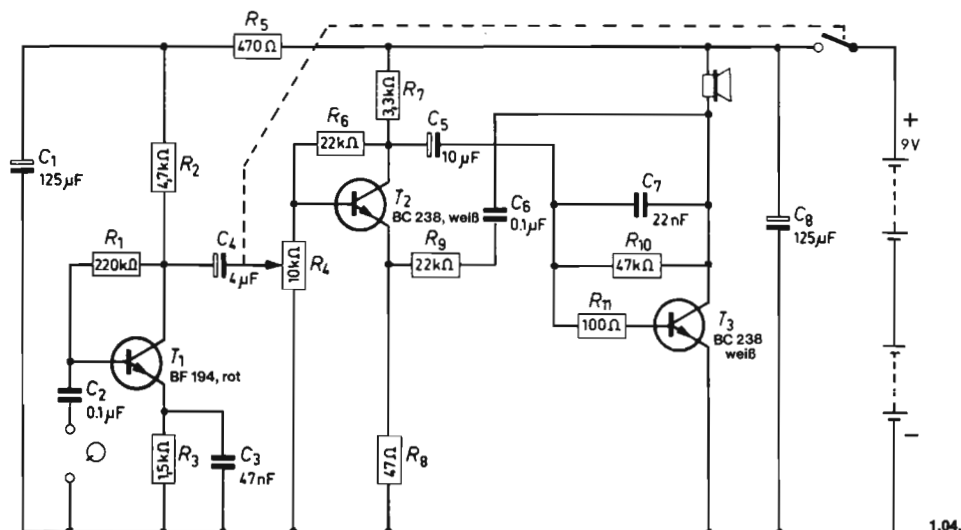
Wil je een platenspeler of een bandrecorder aansluiten let dan op het volgende: ze hebben afgeschermde kabels (afb. 175). Verbind de afscherming (a) met klem V en één of beide aders (b) met U.

Batterijen aansluiten. Let op de aansluiting.

Laatste controle van het toestel en inschakelen.

Potentiometer naar rechts draaien en de gewenste geluidssterkte instellen. Hoe verder naar rechts, hoe groter de geluidssterkte. Heb je de oortelefoon, de platenspeler of de bandrecorder goed aangesloten en hoor je niets, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.

Je kunt elke kristal-oortelefoon gebruiken, bijv. de oortelefoon uit de dozen EE 2041, EE 1050 of EE 2050.

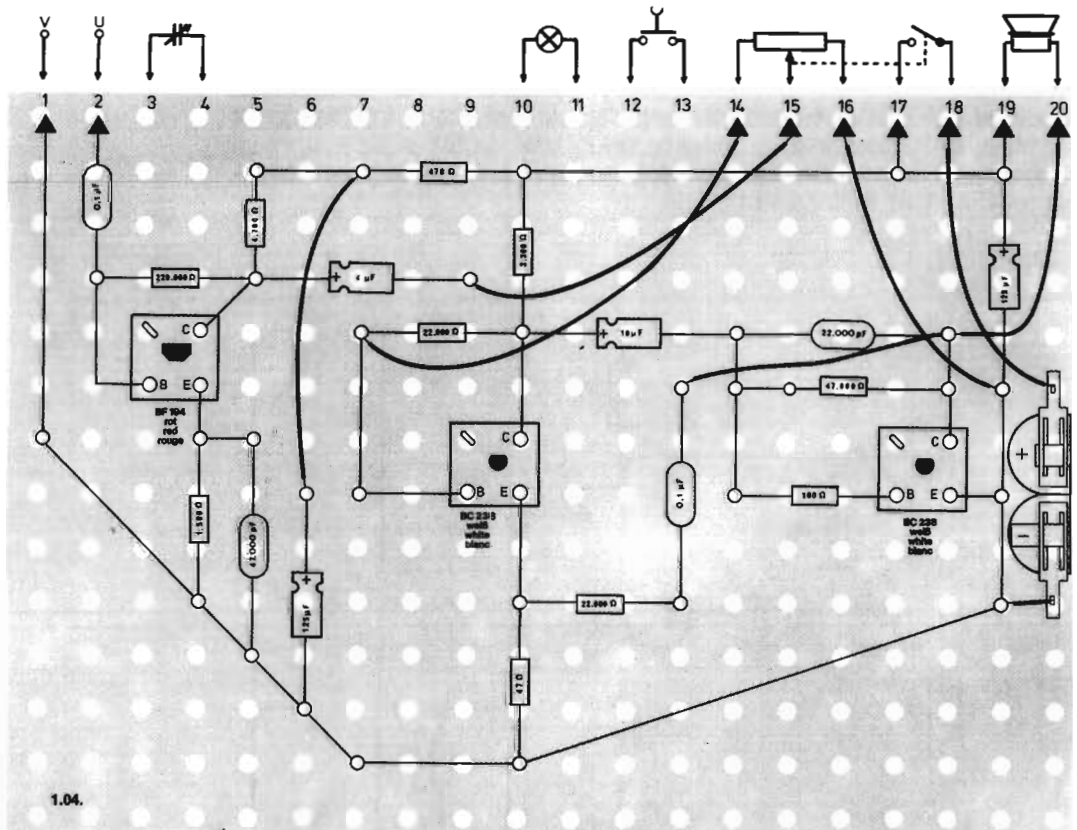


Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Alle drie transistors werken in emitterschakeling, hun belastingsweerstand R 2, R 7 en de luidspreker liggen daarom in de collectorkring. De wisselspanning die moet worden versterkt, wordt over condensator C 2 naar de basis van T 1 geleid en bereikt aansluitend over C 4 de geluidssterkte-regelaar, die hier achter de eerste trap wordt ingebouwd. De tweede en derde trap zijn over C 5 aan elkaar gekoppeld. R 3 en R 8 dienen voor het stabiliseren van de twee eerste transistortrappen.

Bij het tegenkoppelen wordt een deel van de uitgangsspanning teruggeleid naar de ingang waarbij de teruggeleide spanning in tegenfase staat tot de ingangsspanning. Daardoor wordt de versterking verminderd. Zulke tegenkoppelingen kan men ook op een of meer versterktrappen laten werken. Ze verbeteren de eigenschappen van de versterker omdat ze eventueel optredende vervormingen belangrijk verminderen. Een nadeel is echter het optredende versterkingsverlies, dat echter met een andere schakeling van de versterker kan worden vereffend.

Op het schakelschema zijn er twee wegen om tegen te koppelen. Ze leiden van de luidspreker over C 6 en R 9 naar de emitter van transistor T 2 en van de collector van transistor T 3 over C 7 naar de basiskring. In het eerste geval is het een tweetraps tegenkoppeling omdat de teruggevoerde spanning de transistors T 2 en T 3 beïnvloedt terwijl de condensator C 7 alleen maar een eentraps tegenkoppeling vormt, namelijk tussen collector en basis van T 3.



2.01. Morse-oefentoestel

Om berichten te kunnen sturen naar schepen en vliegtuigen gebruikt men vaak morsetekens. Met dit toestel kun je zelf morsetekens maken. Als je heel kort op de schakelaar drukt hoor je een toon die „punt” wordt genoemd. Als je de knop wat langer ingedrukt houdt hoor je een toon die „streep” wordt genoemd. Al heel lang geleden is afgesproken dat er voor elke letter van het alfabet en voor elk cijfer een morsecode wordt gebruikt die bestaat uit punten en strepen. Deze morsecode wordt over de gehele wereld gebruikt. Je hebt vast op de radio wel eens een telegrafist gehoord. Ze zenden uit op de korte golf. Als je het morse-alfabet uit je hoofd leert en vlijtig oefent kun je zulke berichten verstaan. Je zult dan wel merken dat veel berichten veel te snel gaan en meestal ook niet in het Nederlands worden uitgezonden. Daar is natuurlijk niets aan te doen. Je kunt vanzelfsprekend wel met een vriend samenwerken en dan kun je naar hartelust oefenen en berichten overseinen. Het morse-alfabet kun je vinden op pagina 189.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingssleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

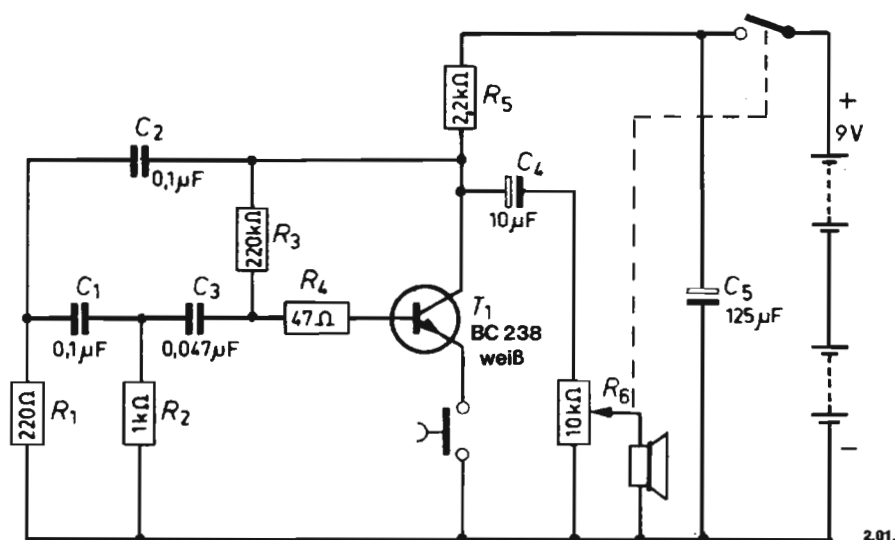
Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bij EE 2050 wordt de oortelefoon bevestigd aan de aansluitingen 19 en 20.

Batterijen aansluiten. **Let op de juiste aansluiting.**

Laatste controle van het toestel en inschakelen.

Potentiometer naar rechts draaien. Bij het indrukken van de drukschakelaar hoor je in de oortelefoon of de luidspreker een toon waarvan je de sterkte kunt regelen met de potentiometer. Hoe verder je de knop naar rechts draait, hoe harder de toon. Hoor je niets, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.



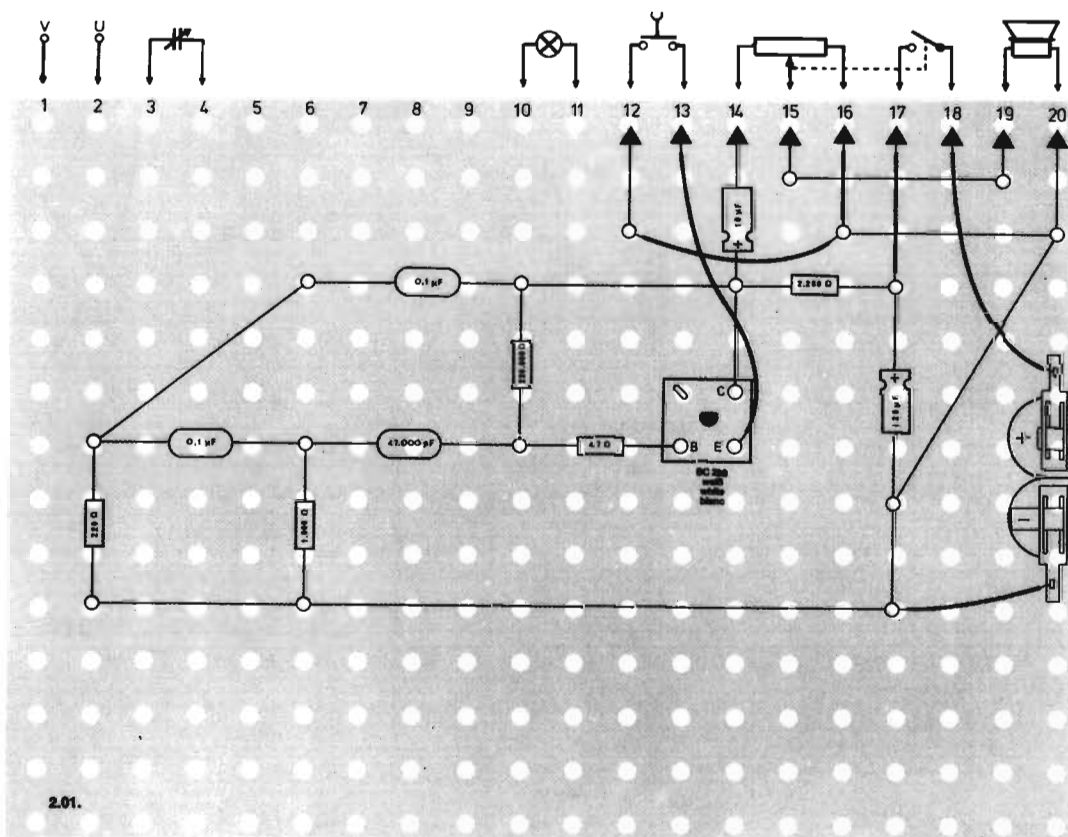
Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

In deze transistorschakeling wordt een toon opgewekt die door een luidspreker klinkt als men op de knop drukt. Deze schakeling heet RC-oscillator. Zoals bij elke oscillator moet ook in deze schakeling worden voldaan aan de voorwaarde voor terugkoppeling. Dat gebeurt hier op de volgende manier: als er aan de basis van T 1 een positieve halve golf staat dan komt die bij de collector als versterkt maar negatief signaal. Als men dit signaal direct terugvoert naar de basis van de transistor ontstaat er een tegenkoppeling. Daarom moet de tegenfase worden veranderd in een gelijke fase, en daarvoor maakt men gebruik van het feit dat in een condensator de stroom vóór ijlt op de aangesloten spanning. Stel je voor dat een condensator wordt opgeladen aan een spanningsbron. Bij het bedienen van de schakelaar vloeit er eerst een laadstroom in de condensator maar er bestaat nog geen verschil in spanning omdat de platen nu verschillend geladen zijn. Over een volgende weerstand kan nu een spanning ontstaan.

Daarmee kan een signaal vertraagd worden. We noemen dat fazeverschuiving. In deze schakeling worden verschillende RC-onderdelen (C_2/R_1 en C_1/R_2) gebruikt om een grotere fazeverschuiving te bereiken en daarmee bij een bepaalde frequentie uit een tegenfase een gelijke fase te maken.

Door de faseverschuiver wordt het negatieve collectorsignaal dus teruggekoppeld en zo ver gedraaid dat het het positieve basissignaal bij de transistor ondersteunt. De oscillator trilt.

Bij het morse-oefentoestel werkt de oscillator alleen dan wanneer je op de knop drukt, dus wanneer je een morseteken geeft. De geluidssterkte kun je instellen met potentiometer R 6.



2.02. Morse-oefentoestel met luidspreker

Als je op de bedieningsknop van dit toestel drukt hoor je uit de luidspreker een luide fluittoon.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsdraden bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren de codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van de transistors en de elektrolytische condensatoren.

Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

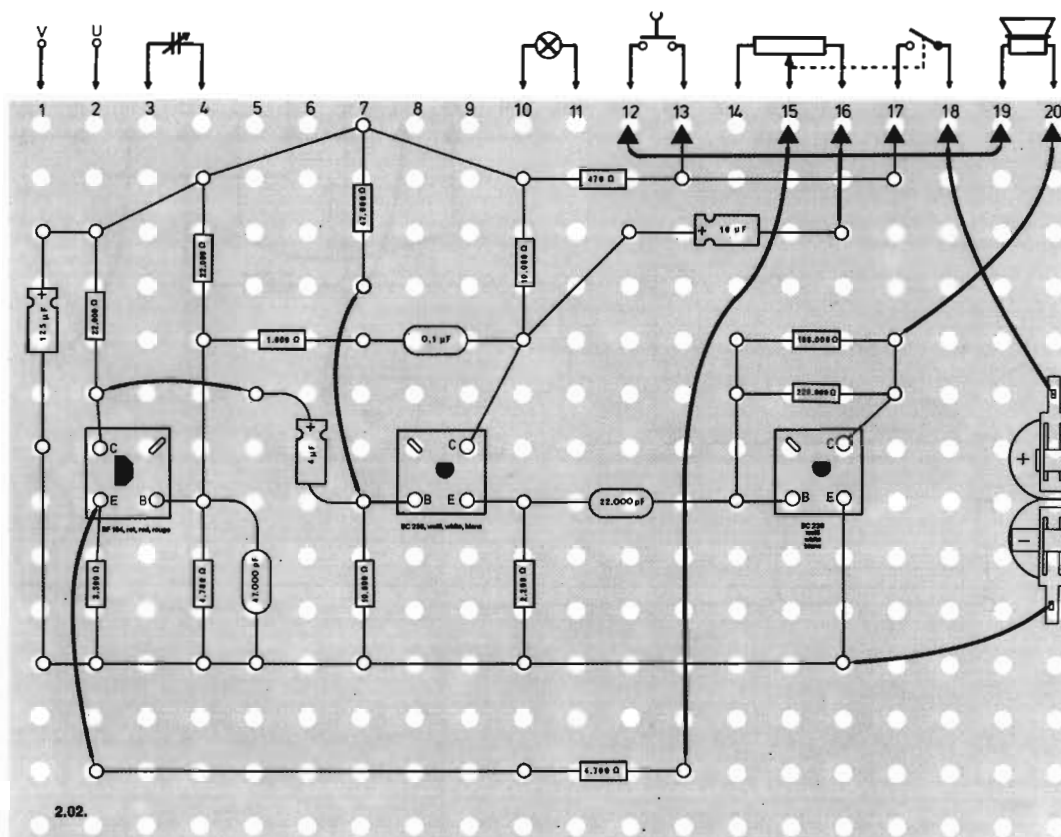
Speciale werkzaamheden: Je kunt de luidspreker uit de schakeling nemen en die in een andere kamer ophangen. Daar kan dan b.v. je vriend luisteren naar het morsebericht.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

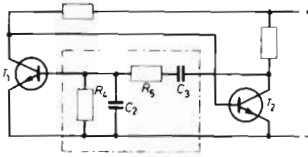
Laatste controle van het toestel en inschakelen.

Potentiometer helemaal naar rechts draaien. Met de potentiometer kun je een toon instellen die een beetje aangenaam klinkt als je met de drukschakelaar de eerste morsetekens geeft. Hoor je niets, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.

Het morse-alfabet kun je vinden op pagina 189.



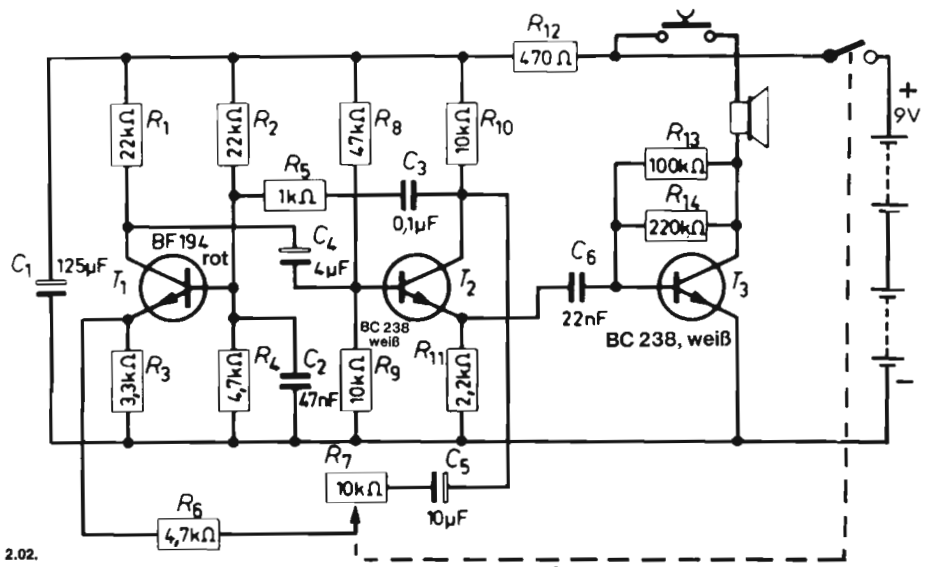
Beschrijving van de schakeling voor gevorderden



Afb. 176

Deze schakeling bestaat uit twee delen en wel de oscillator met de transistors T 1 en T 2 en een daarachter geschakelde versterkertrap met transistor T 3. Deze trap moet het opgewekte signaal zodanig versterken dat het door een luidspreker kan worden weergegeven. Hij wordt over condensator C 6 aan de oscillator gekoppeld. Om de werking van deze RC-oscillator wat beter te kunnen begrijpen hebben we de schakeling op afb. 176 nog een keer afgedrukt. Het gaat hier om de zogenaamde **Brug van Wien** die een zeer constante wisselspanning opwekt waarvan de frequentie afhangt van de RC-combinaties R_4/C_2 en R_5/C_3 . De terugkoppeling geschiedt door een draaien van de fazen in de twee transistors. Laten we eens aannemen dat er aan de basis van T 1 een positieve halve golf staat, dan verschijnt er bij de weerstand in de collectorkring een negatieve halve golf die ook bij de basis van T 2 staat. In diens collectorkring verschijnt dan weer de versterkte positieve halve golf die over de RC-combinaties ook aan de basis van T 1 optreedt zodat daarmee de terugkoppelvoorwaarde van de gelijke fazen vervuld is.

De versterking van de RC-oscillator is echter hoger dan nodig is voor de opwekking van een trilling zodat er ten gevolge van een overmatige terugkoppeling een volkomen verwrongen curvenbeeld van het signaal zou ontstaan. Daarom is er nog een terugkoppeling ingebouwd om te komen tot een zo goed mogelijke sinus-vorm van de opgewekte trillingen. De tegenkoppeling verloopt van de collectorkring van transistor T 2 over C 5, R 7 en R 6 naar de emitter van transistor T 1. De mate van terugkoppeling kan worden ingesteld met de potentiometer R 7. Daarbij moet de luidspreker ingeschakeld zijn omdat je dan heel goed kunt horen wanneer de tegenkoppeling afneemt. De morsesleutel ligt in de leiding van de luidspreker naar de batterij. De luidspreker geeft alleen de in de RC-oscillator opgewekte toon weer als je de knop ingedrukt houdt.



2.03. Telefoonversterker

De telefoon is een elektrisch toestel. Alles wat je er in zegt veroorzaakt een wisselstroom die door de spoelen van het telefoontoestel loopt. Deze stroom vormt rond die spoelen een magnetisch veld dat door onze opnaamespoel (smoorspoel, L_1) gaat. Deze magnetische velden veroorzaken kleine spanningen in de opnaamespoel die door jouw toestel weer versterkt worden.

Bouw van het toestel volgens de algemene instructies voorbereiden. Onderdelen en verbindingsleidingen leggen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

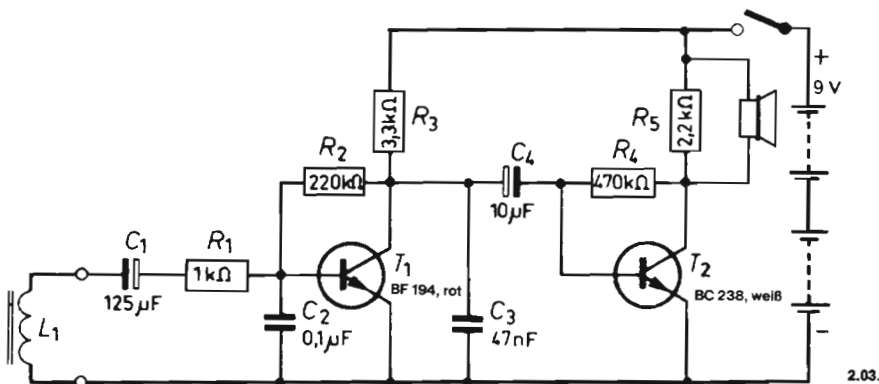
Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: sluit aan de buitenaansluitingen U en V 2 draden (van hoogstens 1 m lengte) aan en verbind die met de smoorspoel. Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Leg de smoorspoel vlak naast de telefoon en neem de hoorn van de haak. Door de smoorspoel bij de verschillende zijden van de telefoon te houden ontdek je vanzelf de gevoeligste plaats voor de smoorspoel. Nu kun je bij ieder gesprek meeluisteren. Hoor je niets, schakel dan direct uit en zoek de fout.



De in deze schakeling opgenomen tweetraps versterker T 1, T 2 werkt in de emitterschakeling. Hij moet het door de smoorspoel, uit een laagfrequent magnetisch veld opgenomen signaal, versterken zodat het door de luidspreker kan worden weergegeven. Omdat een geluidssterkteregelaar ontbreekt moet je met de telefoonspoel de beste plaats van het telefoon-toestel opzoeken.



2.04. Drietraps telefoonversterker

Dit toestel is werkelijk verbazingwekkend. Als je met je vriend een telefoongesprek voert kun je door de luidspreker horen wat je zegt en wat je vriend antwoordt. Om dat te bereiken moet je de spoel uit je toestel dicht bij het telefoontoestel houden.

Je moet net zo lang zoeken tot je de beste plaats hebt gevonden.

Bouwen van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingssleidingen bevestigen volgens het bedradings-schema.

Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

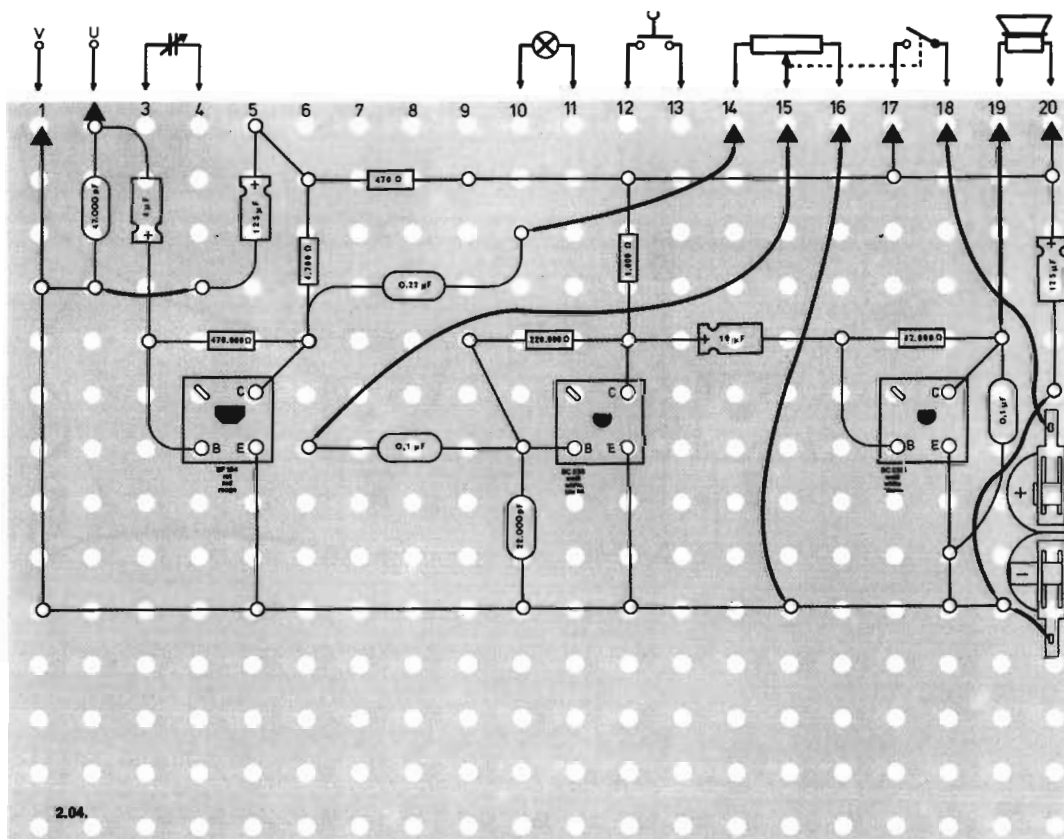
Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: sluit aan de buitenaansluitingen U en V 2 draden aan van ten hoogste 1 m. Verbind die met de smoorspoel.

Batterijen aansluiten. **Let op de juiste aansluiting.**

Laatste controle van het toestel en inschakelen.

Potentiometer naar rechts draaien. Hoe verder naar rechts, hoe groter het geluidsvolume. Leg de smoorspoel vlak naast het telefoontoestel en neem de hoorn van de haak. Als het goed is moet je nu het signaal in de luidspreker horen. Is dat niet het geval, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.



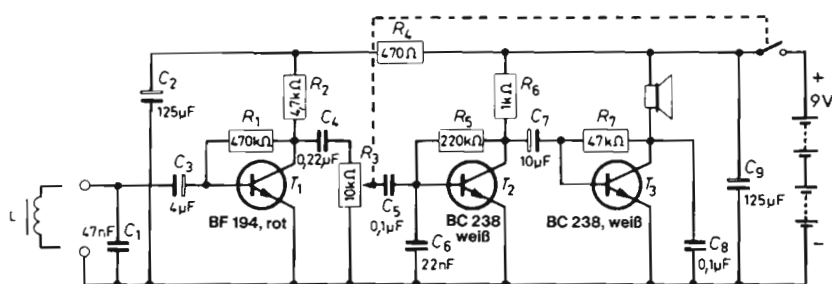
Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Deze drietraps versterker moet het door de smoorspoel uit een laagfrequent magnetisch veld overgenomen signaal versterken. De schakeling heeft een hoge versterkingsfactor zodat ook zeer kleineingangsspanningen nog goed weergegeven worden.

Rond telefoontoestellen vormt zich een magnetisch veld. Legt men de smoorspoel in dat magnetisch veld dan neemt die een signaal op waarin alle informatie uit dat magnetische veld is opgenomen. Omdat dit signaal echter zeer klein is kan men het naar de eerste transistortrap leiden zonder bang te hoeven zijn dat die overbelast wordt. Het instellen van het geluidsvolume geschiedt pas tussen de eerste en tweede trap.

Om wegens de grote versterkingsfactor bromtonen te vermijden werd de schakeling zodanig ontwikkeld dat alleen de spraakfrequenties worden doorgelaten. Dit gebeurt met condensator C 1 (parallel aan de ingang) die een kortsluiting vormt voor hoge frequenties, alsook met C 4 en C 5 die op grond van hun waarden de lage frequenties blokkeren, en met C 6 die op zijn beurt hoge frequenties onderdrukt.

Men kan, bij wijze van proef, van deze drietraps versterker ook een oscillator maken als men de smoorspoel in de buurt van de luidspreker legt en de geluidssterteregelaar opendraait. Er ontstaat dan een terugkoppeling die in de versterker trillingen opwekt. Dat wordt hoorbaar door een onaangename fluittoon. Je moet dus altijd de ingang en de uitgang van een versterker goed van elkaar scheiden of „ontkoppelen” zoals de vakman zegt.



2.05 Telefoon-signaalgever

Met dit toestel wordt een toon opgewekt zoals de P.T.T. ook in het telefoonverkeer gebruikt. De intervallen tussen de tonen kun je regelen door aan de knop van de potentiometer te draaien.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

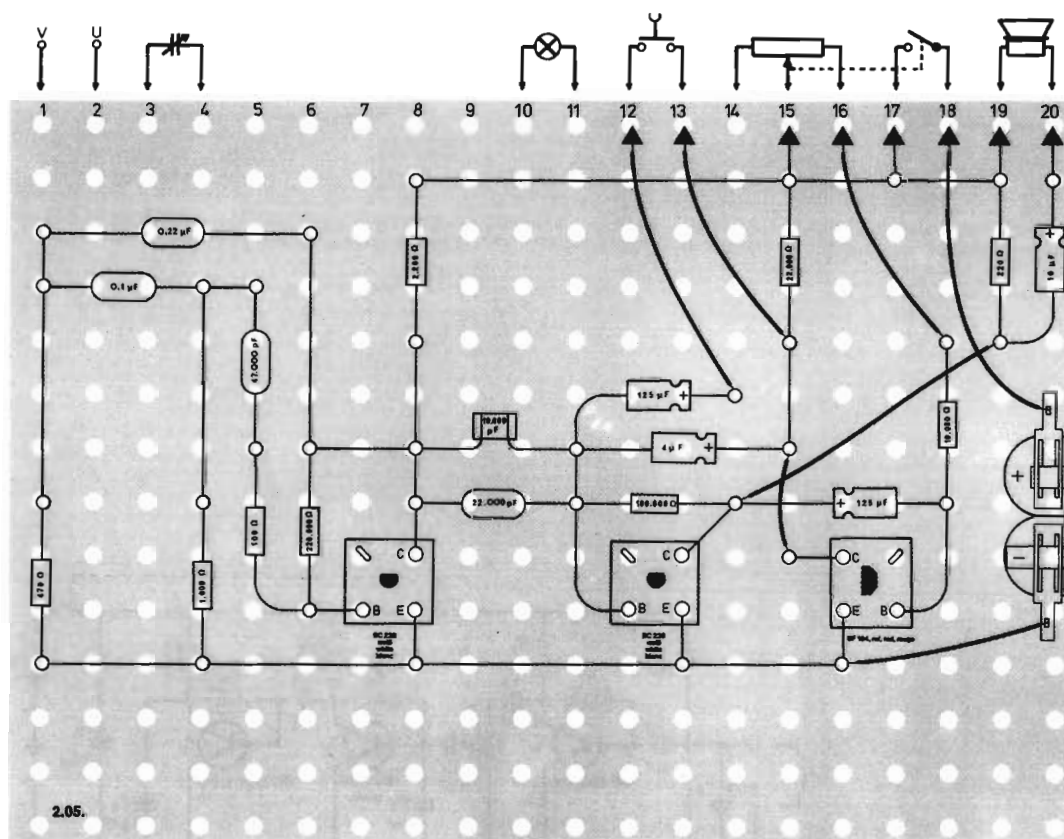
Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de juiste aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

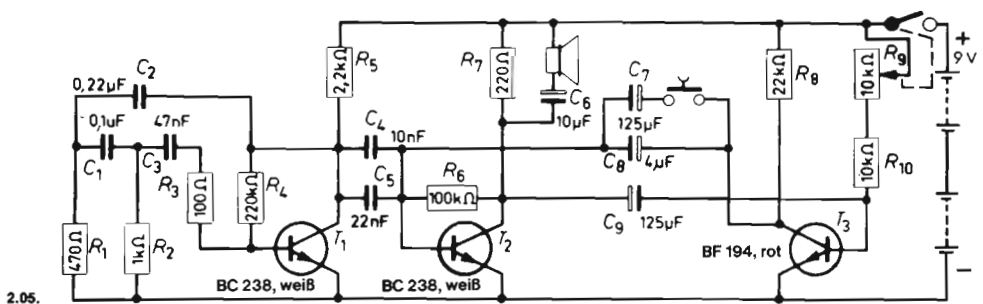
Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Nu hoor je het bekende „in gesprek”-signaal. Druk je de schakelaar in dan hoor je de kiestoon. Het ritme van de tonen kun je veranderen met de potentiometer. Hoor je niets, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

In deze schakeling gebruiken we ook weer een RC-oscillator. Hij bestaat nu echter maar uit één transistor T 1. De voorwaarde voor terugkoppeling wordt hier als volgt vervuld: als er aan de basis van T 1 een positieve halve golf staat, ontstaat er in de collectorkring een negatief signaal. Voert men dit signaal naar de basis van de transistor dan ontstaat er een tegenkoppeling. We moeten dus proberen van de tegenfase een gelijke fase te maken. Omdat we de fazekering hier niet met een tweede transistor kunnen bewerkstelligen gebruiken we een zogenaamde faseverschuiver die bestaat uit C 1/C 2/C 3 en R 1/R 2. In deze kettingschakeling wordt de fase van het signaal voor een bepaalde frequentie zó ver gedraaid dat er nu aan de basis van T 1 een gelijkfazige en dus terugkoppelende spanning ontstaat zodat de trap kan oscilleren.

De opgewekte toon die klinkt als een signaal van de telefoon wordt nu over C 4 en C 5 naar de tweede trap geleid die bestaat uit een multivibrator met de transistors T 2 en T 3. De in T 1 opgewekte toon wordt niet permanent weergegeven maar alleen bij geopende schakelaar (transistor T 2) doorgegeven aan de luidspreker. De schakelsnelheid van de multivibrator kan men verminderen door het sluiten van het contact dat in serie ligt met C 7. Verder kun je de duur van de impuls nog beïnvloeden met potentiometer R 9.



2.06. Telefoon-signaalgever met controlelamp

Met dit toestel kun je ook tonen opwekken zoals je die kent van de telefoon. In de intervallen tussen de verschillende tonen brandt er bovendien een controlelamp.

Bouw van het toestel volgens de algemene instructies voorbereiden. Onderdelen en verbinding sleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema.

Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

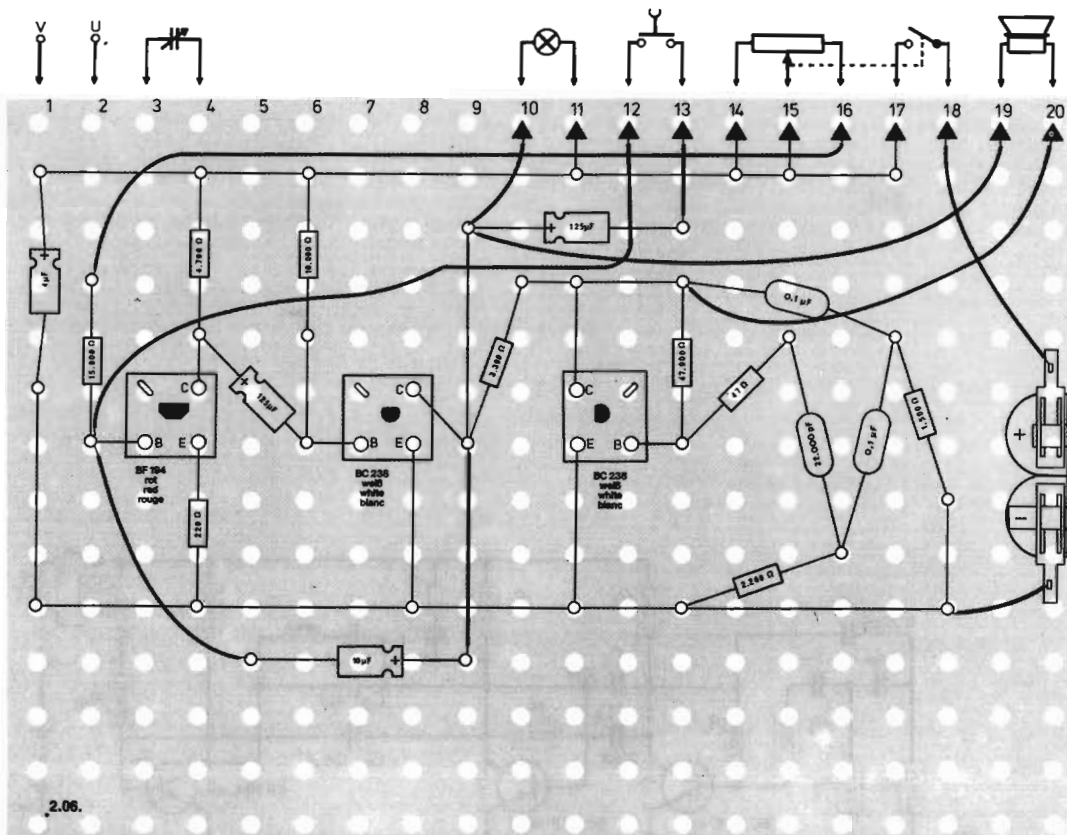
Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren. Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. Let op plus en min.

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. De lamp begint te knip-pen en uit de luidspreker klinkt het „in gesprek”-signaal. Het ritme van de signalen kun je veranderen met de potentiometer. Als je die naar rechts draait wordt het ritme langzamer. Druk je op de schakelaar dan hoor je de kiestoon. Brandt de lamp niet, schakel dan het toestel direct uit en zoek de fout.

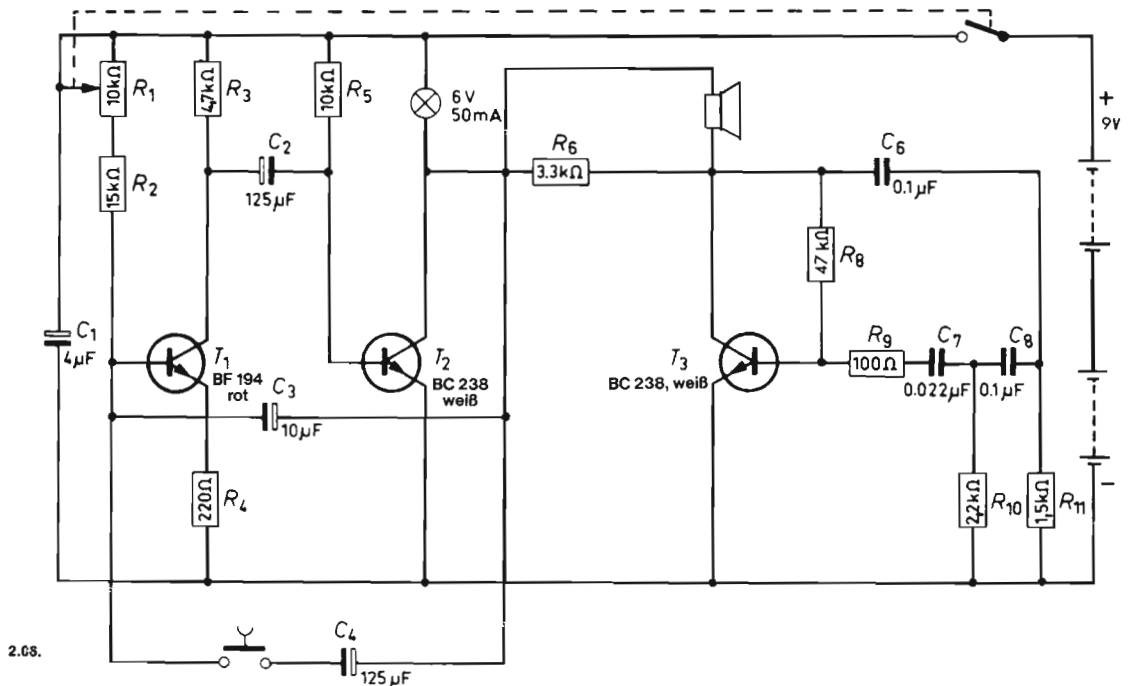


Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De schakeling bestaat uit twee delen: de RC-generator T 3 en de multivibrator T 1/T 2.

De multivibrator oscilleert met een frequentie die overeenkomt met die van het in gesprek-sigitaal. Druk je op de knop dan worden de condensatoren C 3 en C 4 parallel geschakeld. Daardoor wordt de capaciteit groter en de multivibrator trilt langzamer (kiestoon). Dat wordt aangetoond d.m.v. de lamp. Zo lang de lamp brandt is de RC-generator verbonden met de min-pool van de batterij. Hij wekt geen toon op. Wordt T 2 daarentegen geblokkeerd dan is de RC-generator verbonden met de pluspool van de batterij. Nu ontstaat er een toon die door de luidspreker hoorbaar wordt gemaakt.

In deze schakeling werkt de multivibrator dus alleen maar als aan/uitschakelaar voor de RC-generator.



3.01. Lichtcontrole-installatie

Dit toestel geeft aan of er licht brandt in ruimten waar het eigenlijk donker moet zijn. Dat kan vooral van belang zijn in fotolaboratoria. Zo gauw er licht wordt gemaakt in de kamer waar je dit toestel hebt neergezet gaat er een lamp branden op je controle-installatie. Zelfs wanneer het licht in die kamer direct weer wordt uitgedaan blijft de lamp op de installatie branden, net zo lang tot je de knop hebt ingedrukt. Op deze manier kun je dus zien of het licht in een bepaalde ruimte, al is het maar even, is aan geweest.

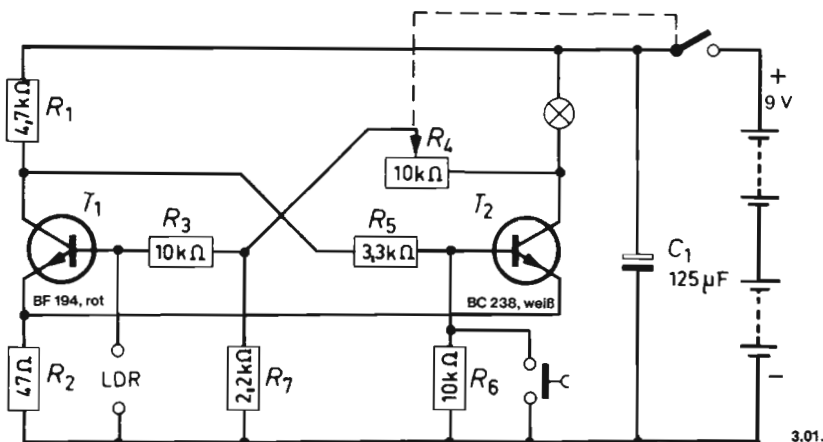
Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en bedrading bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren. Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingsleidingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bevestig aan de buitenaansluitingen U en V een lichtgevoelige weerstand (LDR). Je kunt de LDR ook aan twee lange draden vastmaken en hem op een onopvallende plaats in een andere kamer leggen. Batterijen aansluiten. **Let op plus en min.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Door het draaien aan de potentiometer kun je bepalen bij welke lichtsterkte de lamp moet gaan branden. Hoe verder je de knop naar rechts draait, des te gevoeliger is het toestel. Brandt de signaallamp niet, schakel dan het toestel direct uit en zoek de fout.



Deze flip-flop wordt omgeschakeld door de verandering van de weerstand van de LDR. Als er licht op de LDR valt is de basisspanning van transistor T1 negatief omdat de LDR dan een zeer geringe weerstand heeft. Door T1 vloeit geen stroom meer. De hoge collectorspanning bij R1 wordt over R5 naar de basis van T2 geleid en schakelt die transistor in: de lamp gaat branden. Als er geen licht meer op de LDR valt dan schakelt de flip-flop niet terug maar de lamp blijft rustig branden. Dat komt door de lage collectorspanning van T2. Pas na het indrukken van de knop wordt de basis van T2 negatief en T2 geblokkeerd. De lamp gaat uit. De basispanning van T1 stijgt weer wat tot gevolg heeft dat die transistor wordt ingeschakeld. Met de potentiometer R4 wordt bepaald bij welke lichtsterkte dit omschakelen moet geschieden.



3.02. Knipperlicht en inbraak-alarminstallatie

Knipperlichten worden op alle mogelijke gebieden van de techniek gebruikt. Denk alleen maar eens aan verkeerslichten, richtingaanwijzers van auto's, lichten aan vliegtuigen, aanwijzings- of waarschuwborden of waarschuwinglampen bij opgebroken stukken straat. Tot dusver gebruikte men meestal een relais om een lamp in- en uit te schakelen. Tegenwoordig worden knipperlichten meestal gestuurd door transistors omdat die geen bewegende delen hebben die moeten worden onderhouden, ze hebben ook geen contacten die kunnen inbranden. De knipperlichtinstallatie heeft daardoor een langere levensduur en heeft bijna geen onderhoud. Dit toestel is een elektronisch knipperlicht.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en bedrading aanbrengen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren. Schroef de montageplaat en het schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

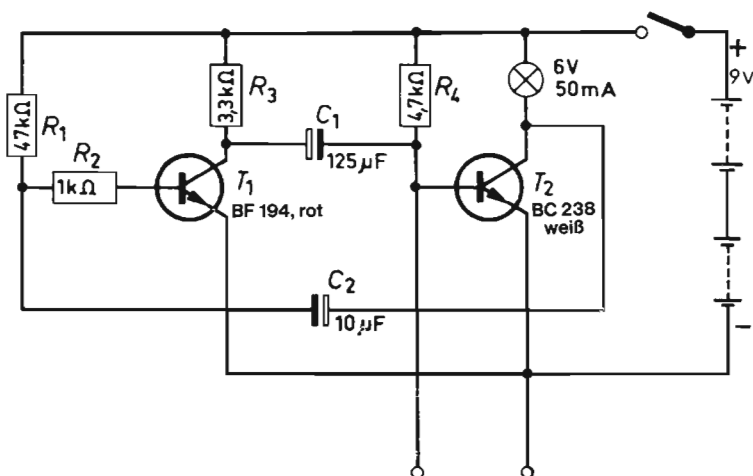
Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. De lamp begint te knipperen. Brandt de lamp niet, schakel dan het toestel onmiddellijk uit en zoek de fout.

De knippersnelheid is niet zo erg groot. Je kunt die snelheid verhogen door weerstand R1 van 47.000 ohm te verwisselen voor een weerstand van 10.000 ohm.

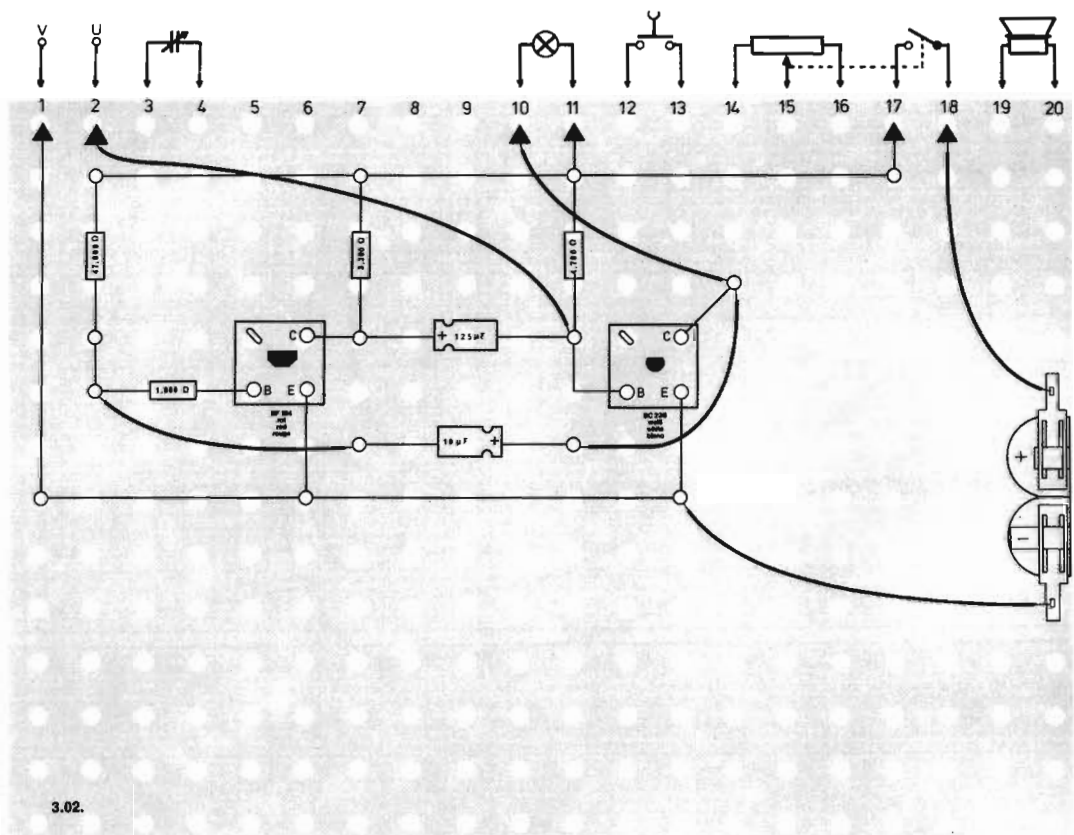
Je kunt met dit toestel nog meer doen. Het kan namelijk worden uitgebouwd tot alarminstallatie. Vraag eerst toestemming aan je ouders en doe dan het volgende: klem aan de twee buitenaansluitingen U en V twee geïsoleerde draden. Druk dan twee punaises naast elkaar in de vensteromlijsting of de deurpost. Die punaises mogen geen plastic omhulsel hebben! Bevestig dan een van de draden aan die punaises. Plak daarna aan het raam (of deur) op gelijke hoogte een stukje metaalfolie, bijv. zilverpapier uit een sigarettenpakje. Als het raam (of deur) gesloten is moet het folie contact maken met de punaises. Als er nu 's nachts een dief komt die het raam of de deur probeert te openen dan wordt de verbinding tussen de punaises verbroken en het toestel slaat alarm. Dat gebeurt ook wanneer de dief slim denkt te zijn en tevoren de draden doorsnijdt want ook dan wordt de verbinding verbroken.



3.02.

Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De schakeling bestaat uit een multivibrator met een zeer lage frequentie. Dat kun je zien aan de twee koppelcondensatoren C 1 en C 2 die een zeer grote capaciteit hebben van resp. 125 en 10 μF . Daardoor ontstaan er naar verhouding langdurige veranderingen in de basisspanning zodat er slechts langzaam omgeschakeld wordt. De lamp in de collectorleiding van T 2 brandt wanneer de transistor geleidend is. Als we weerstand R 1 (47 $\text{k}\Omega$) vervangen door een weerstand van 10 $\text{k}\Omega$ stijgt de knipperfrequentie. In de handleiding hebben we al verteld dat deze schakeling ook kan worden gebruikt als alarminstallatie. De aansluitingen voor de buitenste leidingen liggen in de schakeling aan de basis van transistor T 2 en aan de min-pool van de batterij. Op het schema lopen ze naar beneden.



3.03. Knipperlicht met regelbare snelheid

Dit toestel is een voorbeeld van de knipperlichten die gebruikt worden bij gevaarlijke kruisingen en bij spoorwegovergangen. Het gaat hierbij om een moderne, elektronische signaalbesturing.

Dit knipperlicht heeft één voordeel boven dat uit de vorige proef. De snelheid van het knipperen kan namelijk traploos worden geregeld.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema.

Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

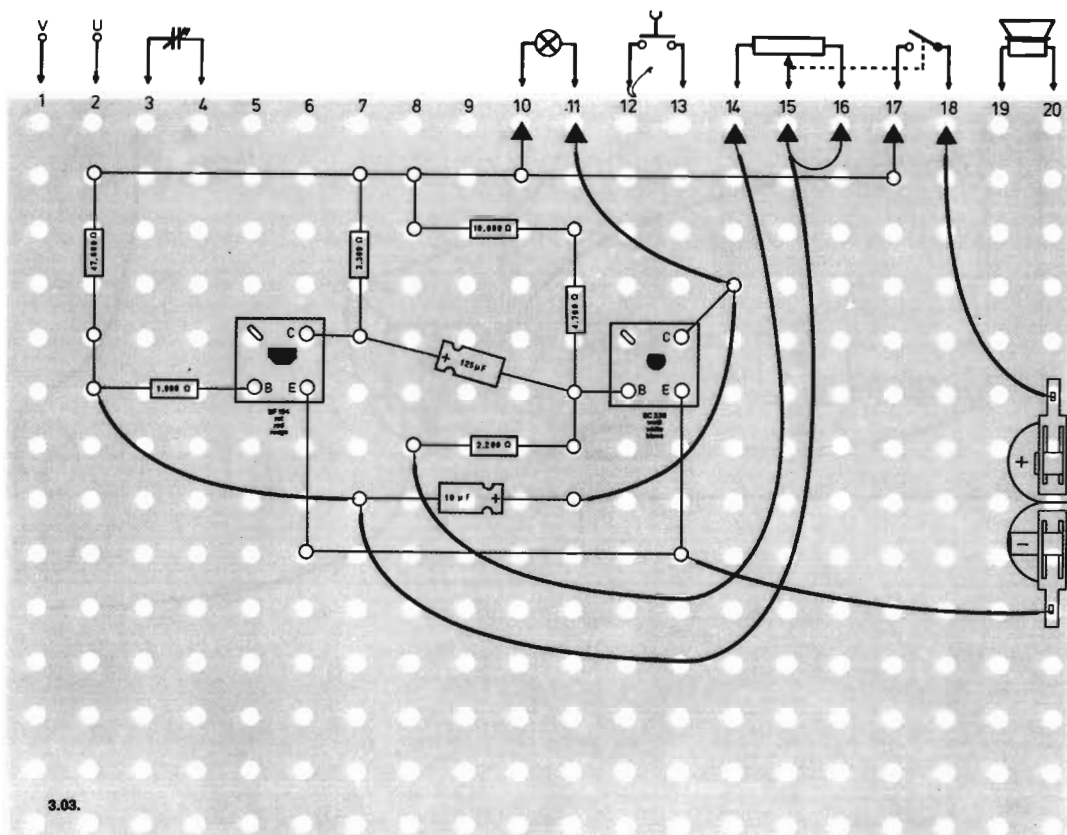
Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting**

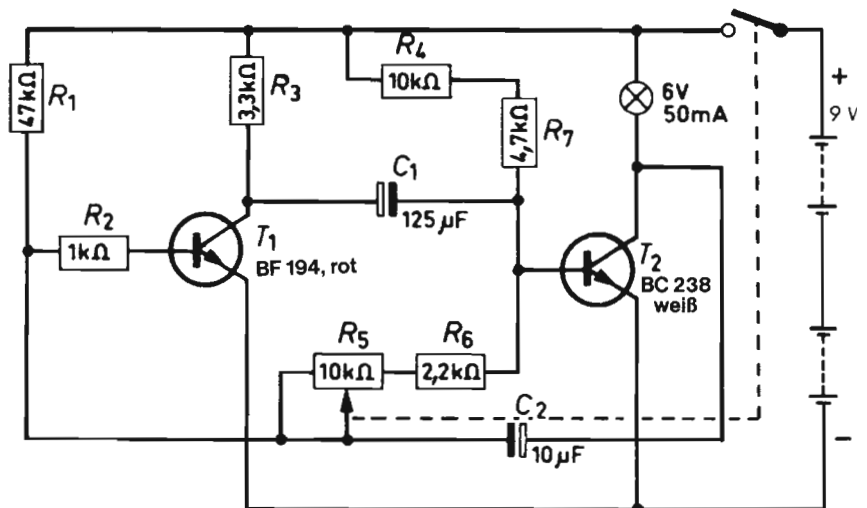
Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. De lamp begint te knipperen. Met de potentiometer kun je de snelheid van de fazen instellen. In de linkse stand knippert de lamp langzaam, in de rechtse stand snel. Brandt de lamp niet, schakel dan het toestel direct uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Het schema stelt een multivibrator voor. De transistors T 1 en T 2 vormen elektronische schakelaars die afwisselend worden in- en uitgeschakeld. De schakelsnelheid wordt bepaald door weerstanden en condensatoren waarvan C 1 en C 2 alsook R 1 en R 4 t/m R 7 de belangrijkste zijn. Ook met de potentiometer R 5 kan men de schakelsnelheid van de multivibrator regelen. Omdat de condensatoren C 1 en C 2 grote capaciteiten hebben is de opgewekte knipperfrequentie relatief laag. In de collectorleiding van transistor T 2 ligt een lamp die door de multivibrator wordt in- en uitgeschakeld. Ze brandt als transistor T 2 geleidend is, d.w.z. wanneer zijn basis positief is, en ze gaat uit wanneer de transistor T 2 geen stroom voert en dus is geblokkeerd.



3.04. Regelbaar flitslicht

Dit is dezelfde schakeling als in 3.03. De lamp flitst echter maar heel even aan en de tussengelegen tijd is veel langer. Dit toestel wordt gebruikt als waarschuwingslicht en gebruikt maar weinig stroom. Dit is vooral van belang wanneer op bouwterreinen en op de buitenwegen waarschuwingslichten worden gebruikt die met batterijen worden gevoed.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

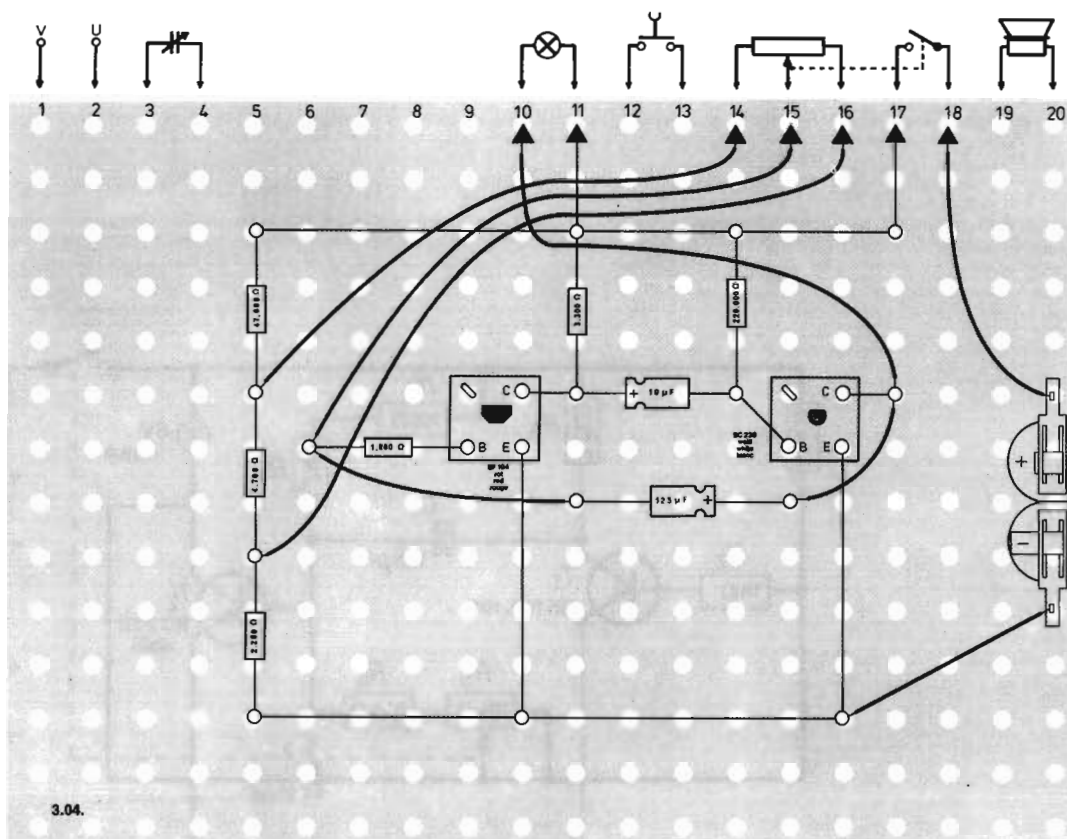
Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

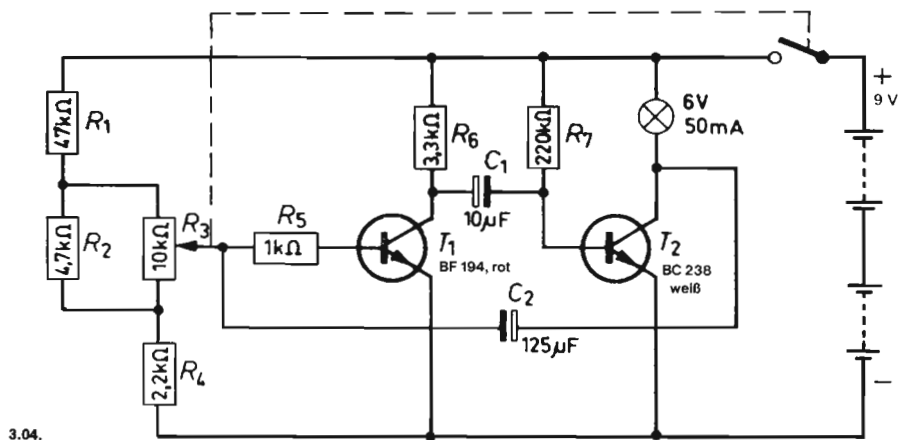
Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. De lamp flitst aan. Het ritme waarin dat moet gebeuren kun je instellen met de potentiometer. Naar rechts wordt de tijdsspanne tussen het aanflitsen langer, naar links wordt hij korter. Brandt de lamp niet, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Deze schakeling is ook een multivibrator. In tegenstelling tot de vorige schakelingen flitst de lamp maar heel kort terwijl de intervallen aanmerkelijk langer duren. Ook hier spelen de RC-combinaties in de basiskringen een beslissende rol. Omdat transistor T2 maar heel kort geleidend is brandt de lamp ook maar heel kort. De basisspanning van T2 wordt bepaald door de zeer hoge weerstand R7. Anders is het bij T1 die maar heel even geblokkeerd is en waar de basisspanning wordt bepaald door kleine weerstanden. De tijd dat de lamp niet brandt kan worden ingesteld met potentiometer R3, de brandduur kan hiermee echter niet worden veranderd.



3.04.

3.05. Licht- en geluidssterktemeter

Dit toestel is een elektronische schakelaar die een lamp doet branden zo gauw hij een geluid waarneemt. De gevoeligheid kun je zelf instellen. Hij schakelt zichzelf in bij het minste geluid en kan daardoor worden gebruikt als geluidsindicator.

De elektronische schakelaar kan echter ook dienen om geluidssterkte te meten. In dat geval gaat de lamp pas branden als het geluid een bepaalde sterkte overschrijdt. Je kunt hem dan gebruiken als „babysitter”. Als een baby zo maar wat voor zich heen ligt te mummelen reageert hij niet maar zo gauw hij begint te huilen begint de lamp te branden en die blijft branden zo lang ze niet wordt uitgeschakeld.

Als lichtmeter functioneert het toestel als volgt: is het licht genoeg in de kamer dan brandt de controlelamp niet. Wordt het echter donker dan brandt ze wel.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van de transistors, de diode en de elektrolytische condensatoren.

Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

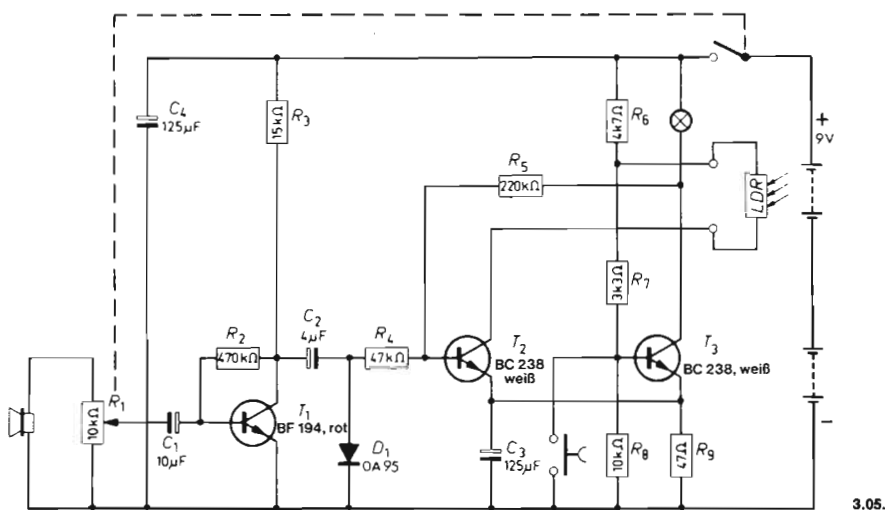
Speciale werkzaamheden: bevestig de lichtgevoelige weerstand (LDR) aan de aansluitingen U en V.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts (grootste gevoeligheid). Klap nu in je handen: de rode lamp moet aanflitsen. Brandt ze niet, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.

Blijft de lamp echter branden dan kan het zijn dat het te donker is in je kamer. Ga dan wat dichterbij het raam zitten met het toestel. 's Avonds kun je in plaats van de LDR gewoon een blank stukje draad tussen de buitenaansluitingen bevestigen. Lichtmetingen kun je dan natuurlijk niet meer verrichten maar je geluidssterktemeter werkt gewoon door.



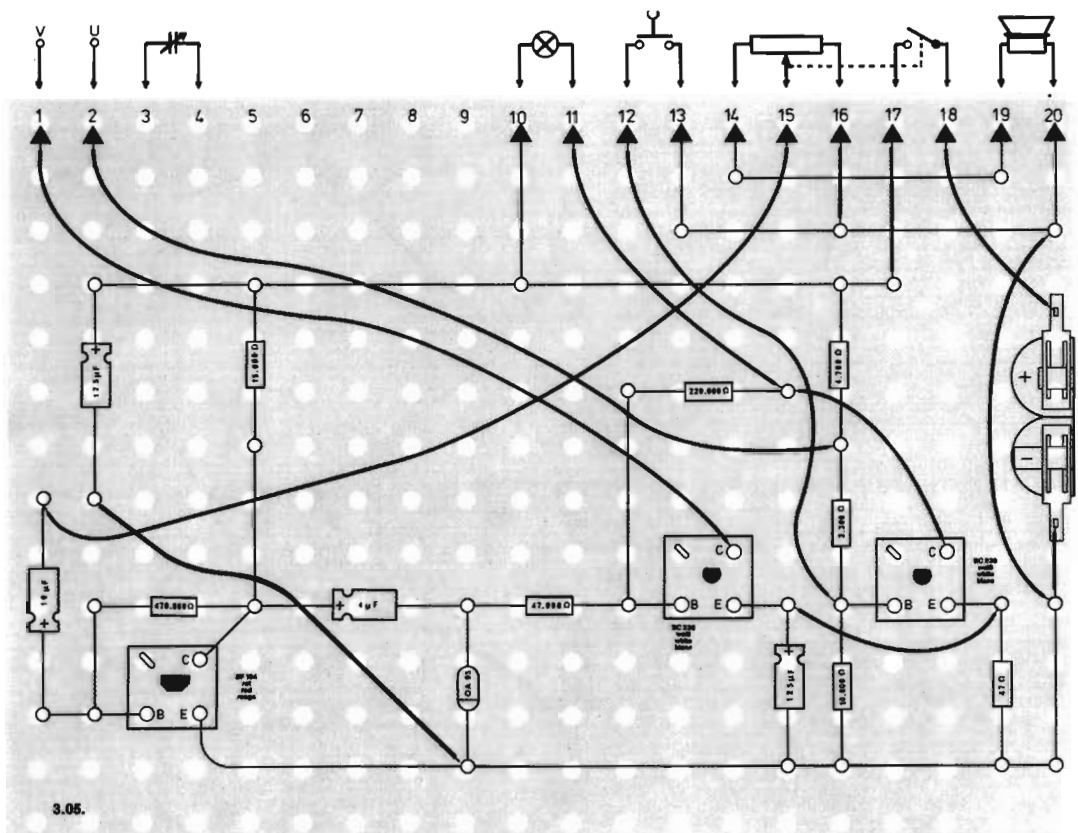
Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De lichtmeter: in de schakeling van de lichtmeter werken de twee transistors T2 en T3 als flip-flop met als koppel-elementen R5 en de LDR met R7. Valt er licht op de LDR dan is zijn weerstand laag en door T2 vloeit stroom. Transistor T3 wordt door de dan lage weerstand geblokkeerd. Hij wordt pas weer geleidend als bij duisternis de weerstand van de LDR stijgt en daardoor de basispanning van T3 positiever wordt. De lamp flitst aan en tegelijkertijd ondersteunt R5 het omschakelen door het terugvoeren van de negatiever wordende spanning naar de basis van T2.

Geluidssterktemeter: de lamp brandt ook wanneer er een negatieve spanning ontstaat aan de basis van T 2. Deze negatieve spanning wordt opgewekt door de gelijkrichterschakeling C 2 en diode D 1 waar het uitgangssignaal van T 1 wordt heengeleid. De diode is zodanig gepoold dat hij het positieve signaaldeel doorlaat en het negatieve blokkeert.

Door het negatieve signaaldeel wordt ook T2 geblokkeerd. Daarom kan een toon die door de luidspreker wordt opgevangen, de lamp inschakelen. Door de knop in te drukken wordt de schakeling weer in zijn beginstand terug geschakeld.

Bij deze schakeling wordt de luidspreker gebruikt als microfoon. De geluidsgolven die de luidspreker raken doen het membraan, dat met een spoel is gekoppeld, trillen. Daar de spoel zich dan in het krachtveld van de magneet in de luidspreker beweegt wordt er een wisselspanning opgewekt die naar de ingang wordt geleid.



3.06. Akoestisch relais

Als lawaai een bepaalde grens overschrijdt wordt het gevaarlijk voor de gezondheid. Daarom worden in fabrieken, op straat en op vliegvelden vaak geluidsmetingen verricht. Dit toestel wijst aan wanneer een bepaalde grens wordt overschreden.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsdraden bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

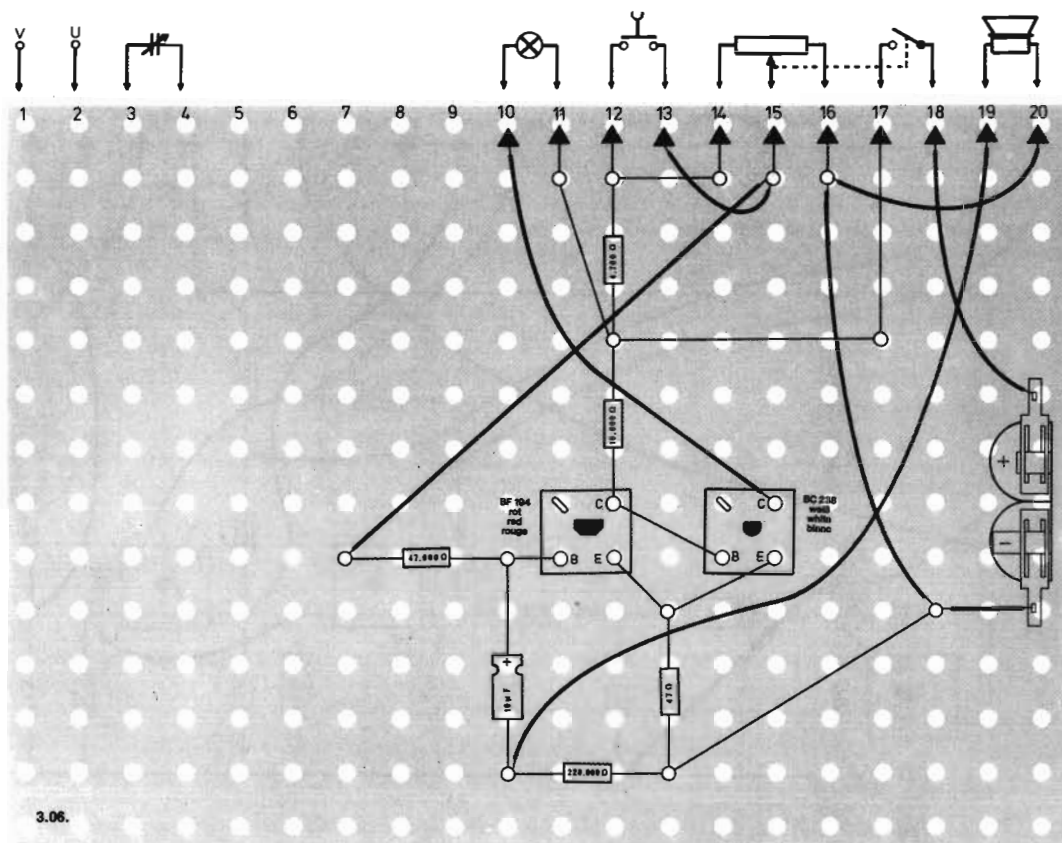
Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bij EE 2050 wordt de oortelefoon aan de aansluitingen 19 en 20 bevestigd.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle van het toestel en inschakelen.

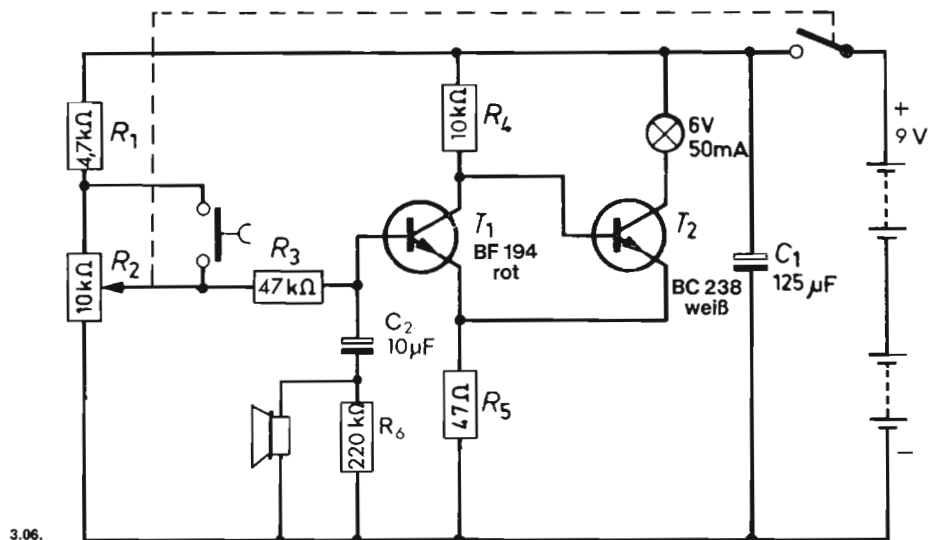
Draai de potentiometer naar rechts. Als de oortelefoon of de luidspreker die hier als microfoon is geschakeld geluid waarneemt dan brandt de rode waarschuwingslamp. De gevoeligheid van het toestel kun je instellen met behulp van de potentiometer. Hoe verder je die naar rechts draait, des te groter wordt de gevoeligheid. De lamp gaat pas weer uit als je op de knop drukt. Gaat de lamp niet aan, ook wanneer de potentiometer helemaal in de rechtse stand staat, en je bijv. in je handen klappt, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

In deze schakeling moet een opnemer worden gebruikt die geluidsgolven kan veranderen in elektrische impulsen. Dat gebeurt bijv. door een oortelefoon of een luidspreker die als microfoon is geschakeld. De lamp moet gaan branden als het membraan wordt geraakt door geluidsgolven en moet dan blijven branden, ook als het geluid verklonken is.

In de ruststand loopt door R_1 , R_2 en R_3 een positieve basisstroom en transistor T_1 is geleidend. Daardoor is de basis van T_2 verbonden met de minpool van de batterij. De transistor blokkeert en de lamp brandt niet. Overschrijdt het geluid een bepaalde grens dan wordt de basisvoorspanning negatiever en T_1 blokkeert. Door R_4 loopt nu een positieve stroom naar de basis van T_2 . De transistor wordt geleidend en de lamp gaat branden. Nu heeft de collectorspanning van T_2 de laagste waarde en over de positieve spanning van R_5 is ook transistor T_1 volkomen geblokkeerd. Deze stabiele toestand blijft ook dan bestaan wanneer de opnemer niet meer wordt getroffen door geluidsgolven. Er kan alleen verandering in worden gebracht als je de knop indrukt waardoor er aan de basis van T_1 een spanningsverandering ontstaat. De gevoeligheid van het toestel kun je regelen met de potentiometer R_2 .



3.07. Inbraak-alarminstallatie met waarschuwingslamp

Een dief doorzoekt bij het schijnsel van zijn zaklantaarn een donker pakhuis. Tot dusver is hij alle alarminstallaties zorgvuldig uit de weg gegaan en toch verschijnt opeens de politie, omsingelt het pakhuis en arresteert hem. Hoe is dat nu mogelijk? Hij heeft over het hoofd gezien dat er lichtgevoelige cellen waren geïnstalleerd waardoor er op het politiebureau direct alarm werd geslagen toen het licht van zijn zaklantaarn er op viel.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies.

Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradings-
schema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

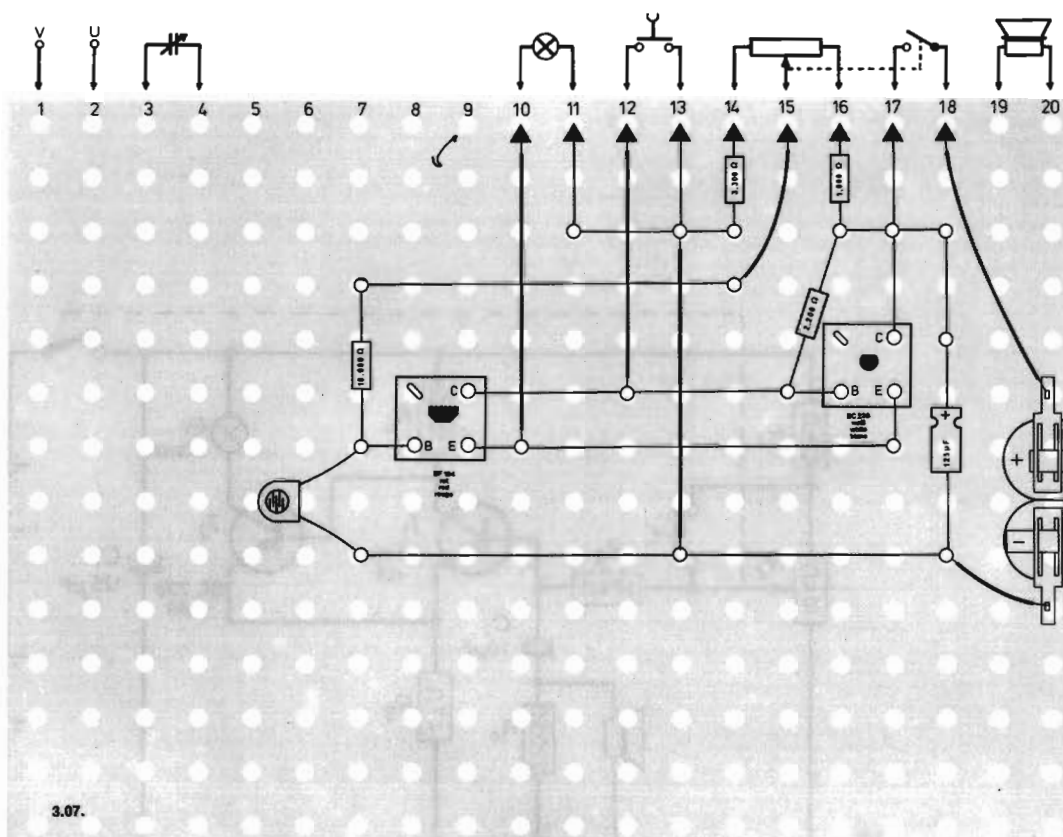
Speciale werkzaamheden: lichtgevoelige weerstand (LDR) inbouwen.
Gestreepte kant naar boven.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Knop van de potentiometer naar rechts draaien.

Met de potentiometer kun je vaststellen bij welke lichtsterkte het alarm in werking moet treden. Hoe verder je de knop naar rechts draait, des te gevoeliger wordt het toestel. Maak je kamer donker en stel de potentiometer zo in dat de lamp nog net niet brandt. Valt er nu een lichtstraal op de LDR dan flitst de rode waarschuwingslamp aan. Zelfs als het weer volkomen donker wordt gaat ze niet uit. Pas als je de drukschakelaar bedient gaat ze uit en het toestel is weer gereed voor gebruik. Gaat de lamp niet aan, schakel dan het toestel uit en zoek de fout.

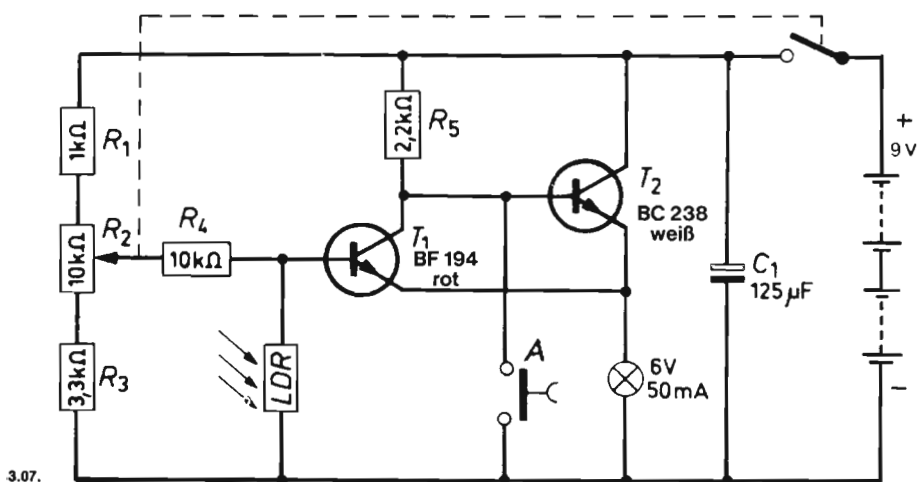


Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Deze schakeling werkt met een lichtgevoelige weerstand als opnemer en een lamp als verklikker. Het bijzondere van deze installatie is dat je altijd kunt bewijzen dat er iemand in een donkere ruimte licht heeft gemaakt, al was het dan nog zo kort, want de lamp flitst aan zo gauw er licht op de LDR valt en gaat niet meer uit. Ze kan alleen worden uitgeschakeld door op knop A te drukken die zich bevindt bij de basis van T2.

De lichtgevoelige weerstand ligt tussen de basis van transistor T1 en de minpool. Samen met de weerstanden R2 t/m R4 vormt hij een spanningsdeler waarvan de basisspanning van transistor T1 afhankelijk is. Valt er geen licht op de LDR dan heeft hij een grote weerstand. In deze toestand kan men met potentiometer R2 de schakeling zo instellen dat de lamp net niet gaat branden. Wordt daarna de weerstand van de LDR lager, doordat er licht op valt dan daalt de basisspanning van T1 en de transistor wordt geblokkeerd. Daardoor neemt de spanning aan de collector van T1 en aan de basis van T2 een sterk positieve waarde aan zodat T2 geleidend wordt en de lamp gaat branden.

De lamp blijft branden, ook al valt er geen licht meer op de LDR die ligt in de basiskring van T1. In dit geval is de lamp aangesloten op de volle bedrijfsspanning. Indien er geen licht meer op de LDR valt, stijgt zijn weerstand. Nu zou, door het stijgen van de basisspanning, T1 eigenlijk geleidend worden maar omdat diens emitter aan de positieve spanning van de lamp ligt is de basisspanning niet toereikend om hem weer geleidend te maken. Pas nadat de knop is ingedrukt wordt de basis van T2 verbonden met de minpool. T2 wordt geblokkeerd en de lamp gaat uit. Nadat de knop losgelaten is, wordt transistor T1 ook weer geleidend omdat de emitter nu met de minpool verbonden is. Daardoor wordt de basisspanning van T1 weer positief tegenover de emitterspanning en de transistor geleidt. De negatieve collectorspanning van T1 zorgt nu voor het blokkeren van T2. De lamp blijft dus uitgeschakeld en het proces begint pas weer van voren af aan als er licht op de LDR valt.



3.08 Inbraakalarm met licht- en geluidssignaal

Deze alarminstallatie geeft een signaal als er licht op de lichtgevoelige weerstand (LDR) valt of wanneer er b.v. een raam wordt geopend. Er klinkt dan een huilende toon uit de luidspreker en er gaat een controlelamp branden, ook als het raam weer wordt gesloten of het licht uitgaat. Dit proces kan alleen worden stopgezet door de knop in te drukken.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingssleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van condensatoren en elektrolytische condensatoren.

Schroef de montageplaat en het schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: er zijn verschillende toepassingsmogelijkheden voor deze alarminstallatie.

1. Als je de aansluitingen 8 en 9 direct met een draad doorverbindt (kortsluit), werkt alleen de licht-alarminstallatie met de LDR, die je aansluit op de buitenaansluitingen U en V.

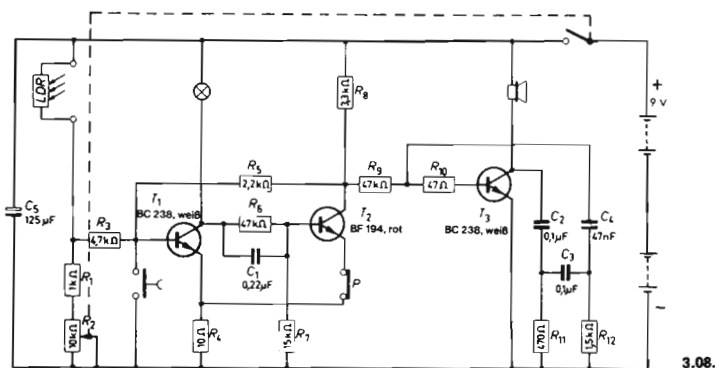
2. Wil je het toestel gebruiken als contact-alarminstallatie dan moet je de LDR verwijderen. Haal de draad weer uit de aansluitingen 8 en 9 en bevestig in plaats daarvan 2 lange, geïsoleerde draden. De andere einden van deze draden breng je aan op het raam dat je wilt beveiligen. Vraag eerst aan je ouders of het mag en druk dan in het raam (of een deur) twee blanke punaises (dus zonder plastic kapje!). Maak daaraan de draden vast en plak dan een stukje metaalfolie op dezelfde hoogte als de punaises op het raam of de deur. Als het raam of de deur dicht is moet het folie contact maken met de punaises. Als een dief 's nachts het raam of de deur wil openen wordt de verbinding verbroken en het toestel geeft alarm. Dat gebeurt ook wanneer de dief denkt handig te zijn en eerst de draden doorsnijdt, want dan is de verbinding ook verbroken.

3. Vanzelfsprekend kun je beide mogelijkheden ook combineren. Klem de LDR weer aan de buitenaansluitingen U en V. Het toestel kan nu alleen maar werken in een donkere ruimte en het raam of deur moet dicht zijn.

Batterijen aansluiten. Let op de aansluiting.

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. In de meest linkse stand is de lichtgevoeligheid van de installatie het grootst. Slaat het toestel geen alarm, schakel dan onmiddellijk uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

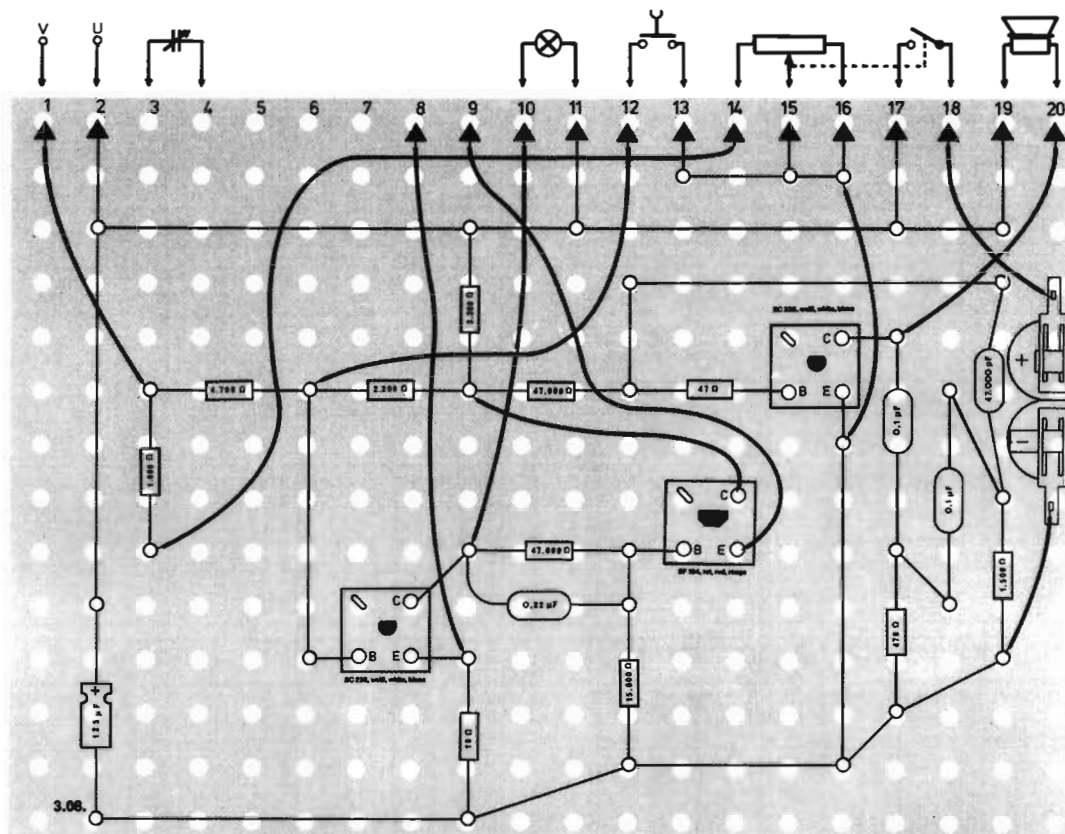
De bistabiele multivibrator met de transistors T 1 en T 2 schakelt om als de weerstand van de LDR bij lichtinval afneemt. De LDR vormt met R 1 en de potentiometer R 2 een spanningsdeler voor de basis van T 1. De belichtingssterkte waarbij het toestel omschakelt kan worden ingesteld met potentiometer R 2.

In het donker heeft de LDR een grote weerstand en T 1 blokkeert. De lamp in de collectorleiding brandt niet. Transistor T 2 geleidt omdat zijn basis over R 6 aan de positieve collectorspanning van transistor T 1 ligt.

Valt er licht op de LDR dan schakelt de multivibrator om. T 1 wordt geleidend en de lamp brandt. Wordt nu het raamcontact P in de emitterleiding van T 2 verbroken dan schakelt het toestel óók om omdat nu de basis van T 1 over R 8/R 5 met de positieve pool van de batterij is verbonden.

Transistor T 3 vormt met zijn bijbehorende onderdelen een RC-oscillator. Hij begint te oscilleren zo gauw de collectorspanning van T 2 positief is en er over R 9 en R 10 een basisstroom kan vloeien. Dat is het geval als de flip-flop omschakelt en T 2 geblokkeerd is. De opgewekte toon wordt door de luidspreker weergegeven.

De alarminstallatie kan door een druk op de knop van de schakelaar in de basisleiding van T 1 teruggeschakeld worden in de uitgangspositie (geen licht, geen geluid).



3.09. Signaalinstallatie met schemerschakelaar

In grote steden wordt 's avonds de straatverlichting en vaak ook de etalageverlichting automatisch aan- en 's morgens weer uitgeschakeld. In dit toestel is de schemerschakelaar zodanig ingebouwd dat beneden een bepaalde lichtsterkte de controlelamp gaat branden terwijl door de luidspreeker een waarschuwingssignaal klinkt en wel zó lang tot je de schakelaar indrukt.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingssleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van de transistors, de diode en de elektrolytische condensatoren.

Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

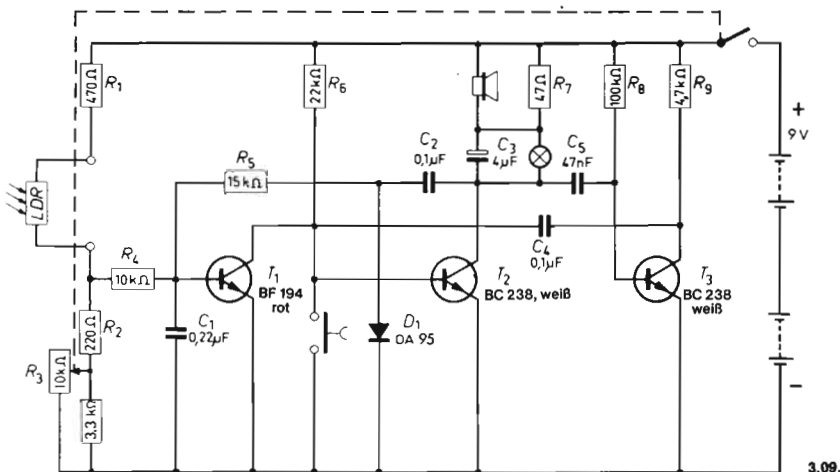
Speciale werkzaamheden: klem de lichtgevoelige weerstand (LDR) aan de buitenaansluitingen U en V.

Batterijen aansluiten. Let op de aansluiting.

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer helemaal naar rechts. Om het toestel af te stellen op het aanwezige licht in de kamer moet je de knop ingedrukt houden en dan de potentiometer langzaam naar links draaien.

Het apparaat is goed afgesteld op het moment dat de lamp uitgaat. Als je nu het licht in de kamer uitdoet of de LDR afdekt met je hand, gaat de lamp aan en uit de luidspreker hoor je een huiltende toon. Het alarmsignaal wordt pas onderbroken als je op de knop drukt en het in je kamer weer licht is. Brandt de lamp niet, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.



In tegenstelling tot toestel 3.08. slaat dit toestel pas alarm als er géén licht meer op de LDR valt, dus als het donker wordt. De schakeling omvat een multivibrator met de transistors T 2 en T 3 die echter door de geleidende transistor T 1 (hij maakt kortsluiting van de basis T 2 tegen de minpool) eerst niet kan werken. Deze toestand blijft zolang bestaan als T 1 ingevolge de hoge positieve spanning (geringe weerstand van de LDR) voldoende basisstroom krijgt.

[illegible]

3.10. Twee transistor-richtingaanwijzer

Elke auto heeft een richtingaanwijzer. Als die in bedrijf is kun je dat o.a. zien aan een controlelampje op het dashboard en soms hoor je dan ook nog een ritmisch getik. Dat getik wordt veroorzaakt door een relais dat mechanisch werkt. In ons toestel echter wordt het knipperen en het tikkende geluid langs elektronische weg opgewekt.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

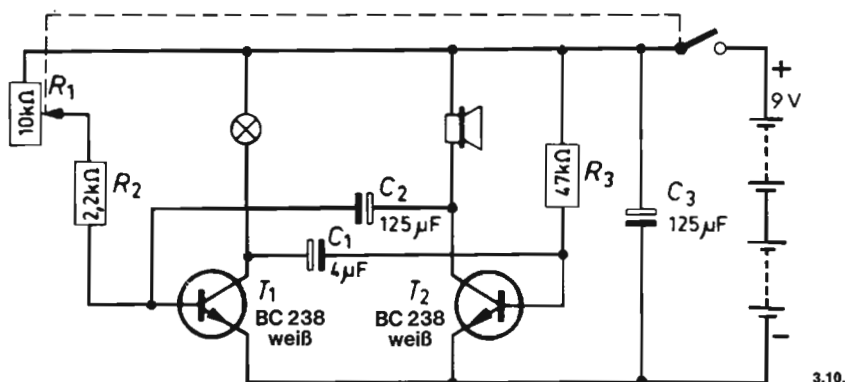
Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

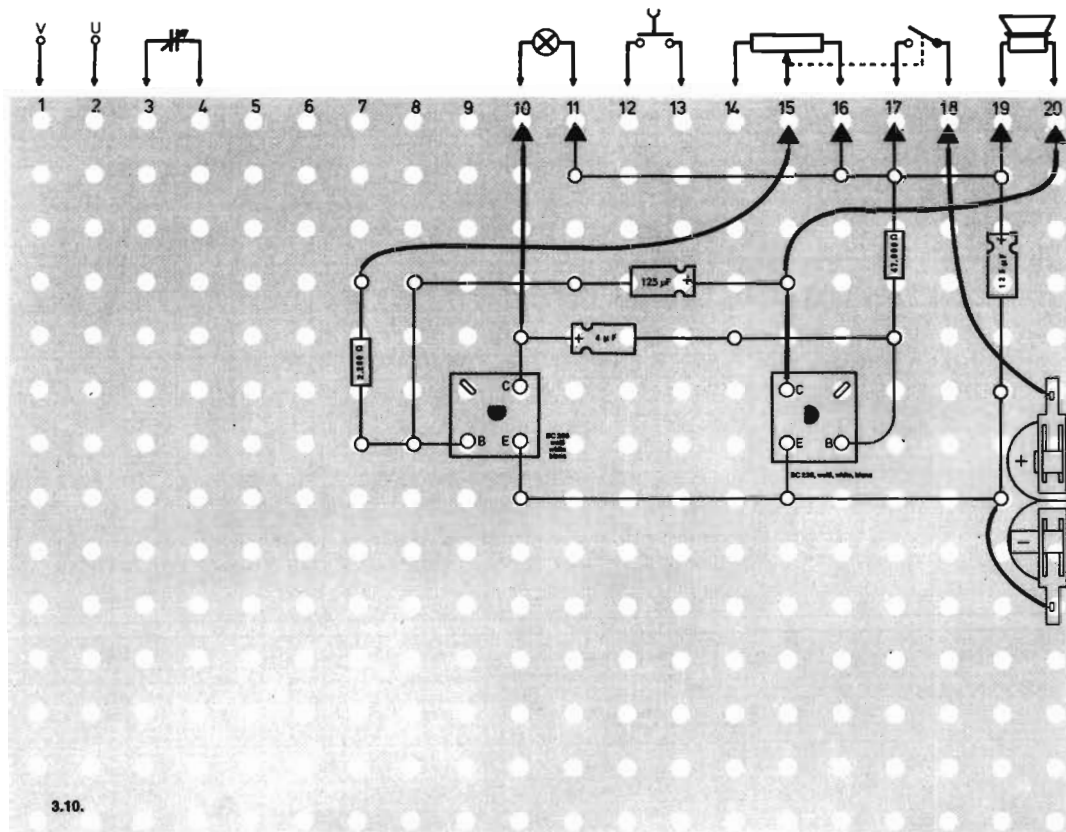
Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Hoe verder naar rechts, hoe lager de frequentie van het knipperen. Brandt de lamp niet, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Deze schakeling werkt als een multivibrator.

De collectorweerstand van deze multivibrator zijn hier vervangen door de luidspreker en de lamp. De luidspreker vormt de collectorweerstand voor T2 zodat het schakelen van de collectorstroom hoorbaar wordt als een getik. De collectorstroom van T1 wordt zichtbaar door het branden van de lamp. De schakelsnelheid kan worden ingesteld met behulp van potentiometer R1 waarmee de basisstroom van T1 wordt veranderd.



3.10.

3.11. Waarschuwinglamp

Veel waarschuwinglampen worden pas 's avonds ontstoken om te waarschuwen tegen een of andere hindernis. Dit toestel werkt zelfs volautomatisch. Als het donker wordt, begint het te knippen.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

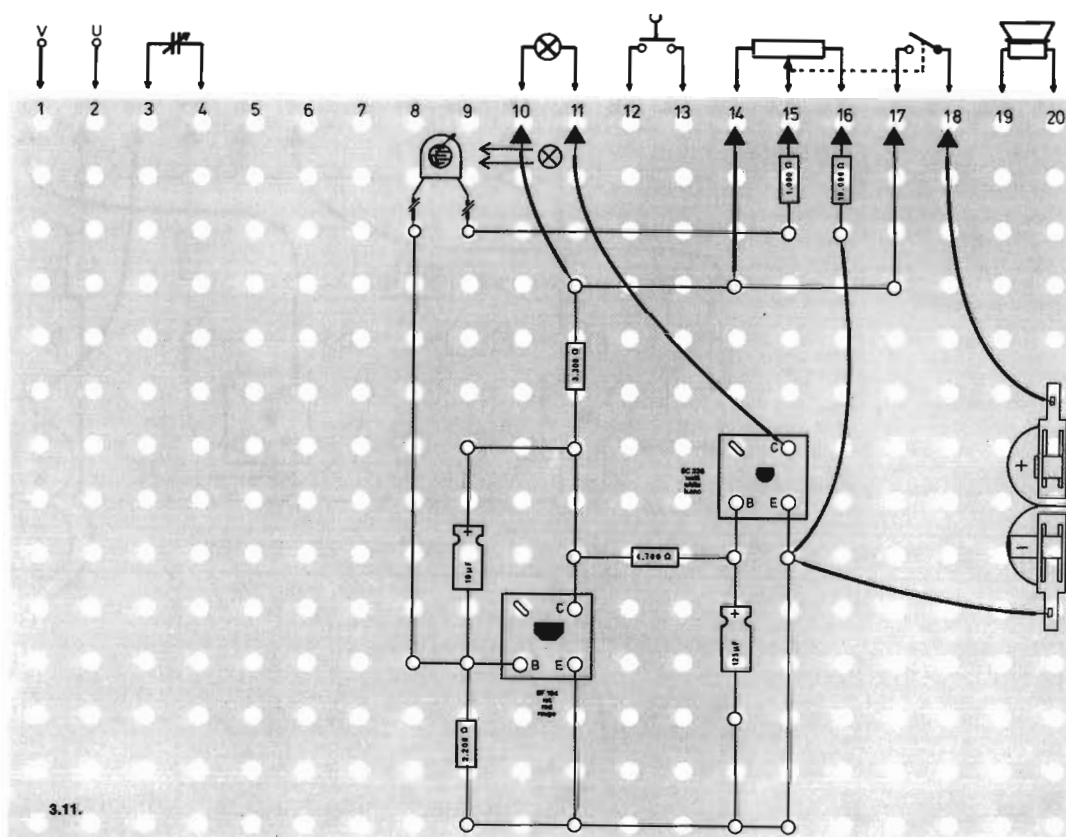
Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren. Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: de LDR wordt met de gestreepte kant naar onderen boven de rode lamp gelegd. Verbind hem met rode, geïsoleerde draden met de aangeduide klemmen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

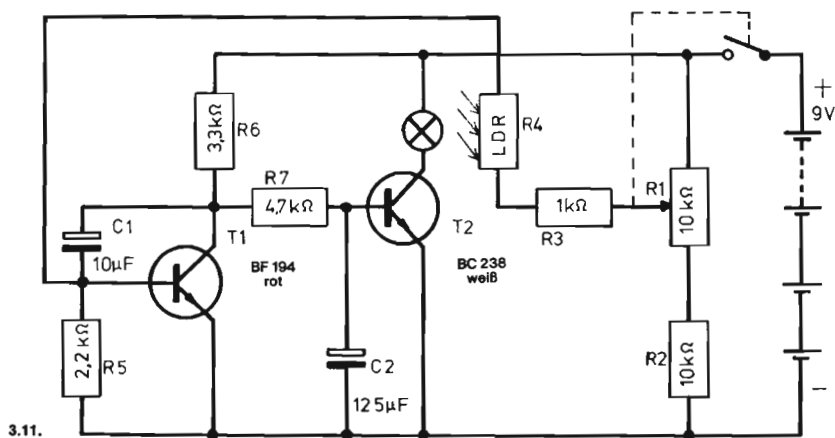
Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Hoe verder je die naar rechts draait, des te gevoeliger wordt het toestel. Als het in je kamer donker genoeg is gaat de lamp aan. Nu neemt de LDR weer zo veel licht van de lamp op, dat hij via de elektronische schakeling de lamp uitschakelt en dan begint alles weer van voren af aan. Als de lamp niet aan gaat dan ligt de LDR niet goed. Als het in je kamer nog te licht is gaat de lamp ook niet aan. Dan moet je de LDR bedekken met een stuk papier of je hand ervoor houden. Werkt het toestel dan nog niet, schakel het dan onmiddellijk uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Dit knipperlicht begint automatisch te werken als het daglicht dat op de LDR R 4 valt, afneemt tot beneden een bepaalde lichtsterkte. Als de weerstand van de LDR stijgt omdat het licht afneemt dan wordt de van hem afhankelijke basisspanning van T 1 negatiever (R 4 vormt met R 5 een spanningsdeler). Die afnemende spanning heeft tot gevolg dat de stroom in transistor T 1 kleiner wordt en tenslotte helemaal verdwijnt. Daardoor is transistor T 1 geblokkeerd. Zijn collectorspanning heeft nu een hoge, positieve waarde. De weerstand R 7 verbindt de collector van T 1 met de basis van T 2 en de positieve spanning opent transistor T 2 zodat er een stroom kan vloeien en de lamp in de collectorleiding van T 2 gaat branden. Omdat de lamp en de LDR boven elkaar zijn ingebouwd in de schakeling neemt de weerstand van de LDR af door de sterke lichtinval. De basispanning van T 1 wordt daarom weer positiever en de transistor geleidt. Zijn collectorspanning wordt daardoor negatiever en blokkeert over R 7 de stroom in transistor T 2. De lamp gaat dan uit. De kringloop begint van voren af aan als de weerstand van de LDR door de betrekkelijke duisternis toeneemt en de basisspanning van T 1 doet dalen. De grote capaciteit van condensator C 2 slaat een bepaalde tijd de dan heersende basispanning van T 2 op zodat de omschakeling vertraagd verloopt.



3.12. Waarschuwing door licht en geluid

In sommige laboratoria bevinden zich proefinstallaties die met zeer hoge spanningen werken. Het is gevaarlijk om je in hun nabijheid op te houden als ze in bedrijf zijn en daarom worden sommige werkruimten beveiligd door een optische en akoestische waarschuwing. Deze elektronische schakelaar kan voor dat doel worden gebruikt.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef de montageplaat en het schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

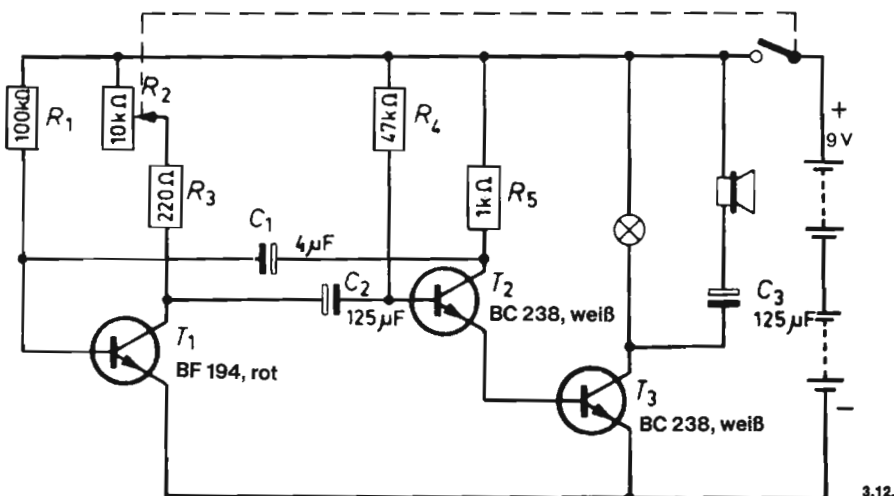
Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

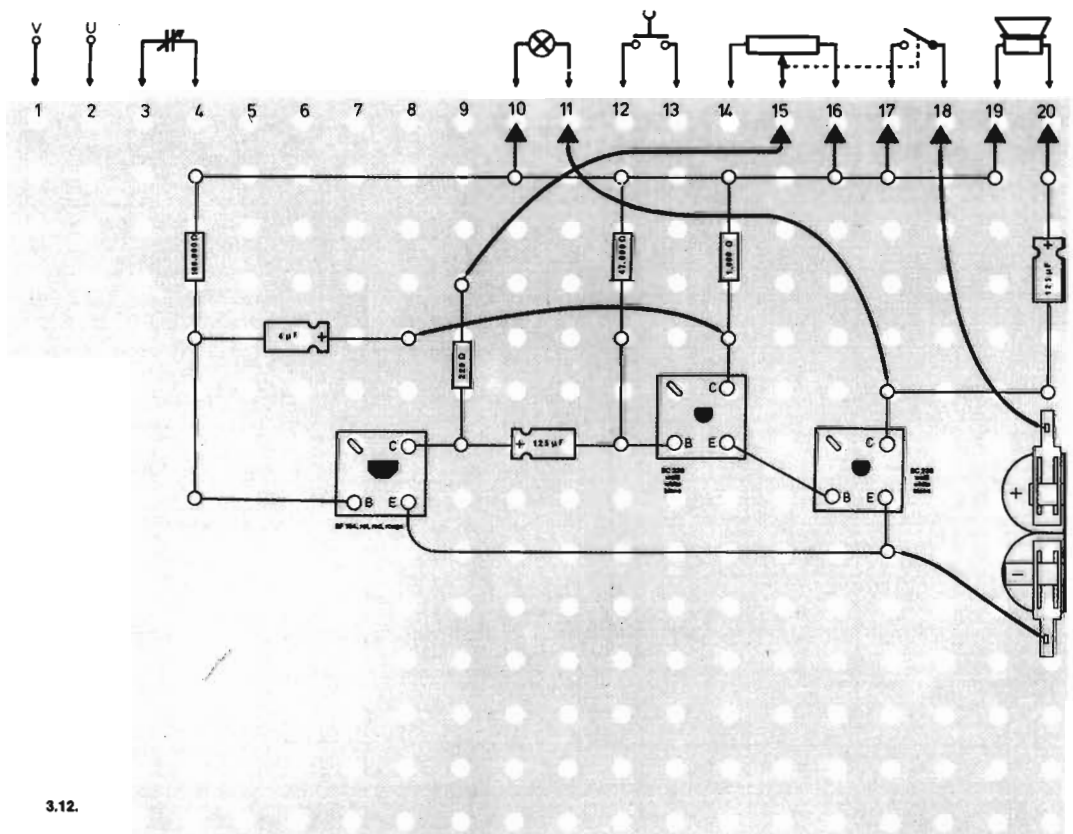
Knop van de potentiometer naar rechts draaien. Hoe verder je die naar rechts draait, des te langzamer knippert de lamp. Brandt de lamp niet schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.

Het schakelritme van het toestel kun je niet alleen met behulp van de potentiometer veranderen maar ook met de lichtgevoelige weerstand (LDR). Verwijder bij de weerstand van 220 ohm de geïsoleerde draad die leidt naar aansluiting 15. Verbind dan met rode, geïsoleerde draden aansluiting 15 met aansluiting 2 en aansluiting 1 met de vrije klem bij de weerstand van 220 ohm. De LDR kun je bevestigen aan de buitenaansluitingen U en V.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De werking van deze schakeling is dezelfde als die van 3.10. De multivibrator met de transistors T 1 en T 2 is echter niet direct met de lamp en de luidspreker verbonden want die zijn verbonden met de schakeltransistor T 3. De koppeling geschiedt zonder condensator door een directe verbinding van emitter T 2 met de basis T 3. Daardoor ontstaat er een serieschakeling van de twee transistors zodat transistor T 3 op het ritme van de door de multivibrator opgewekte wisselspanningen wordt geschakeld. Dit kun je zien aan de lamp en horen door de luidspreker.



3.12.

3.13. Tweetonige hoorn

Brandweerwagens en ambulances hebben voorrang zodat ze snel op de plaats van het ongeval kunnen zijn. Om de andere verkeersdeelnemers te waarschuwen hebben ze een blauw zwaailicht en bovendien een meertonige hoorn. Dit typische geluid kun je ook voortbrengen met dit toestel.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingschema.

Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

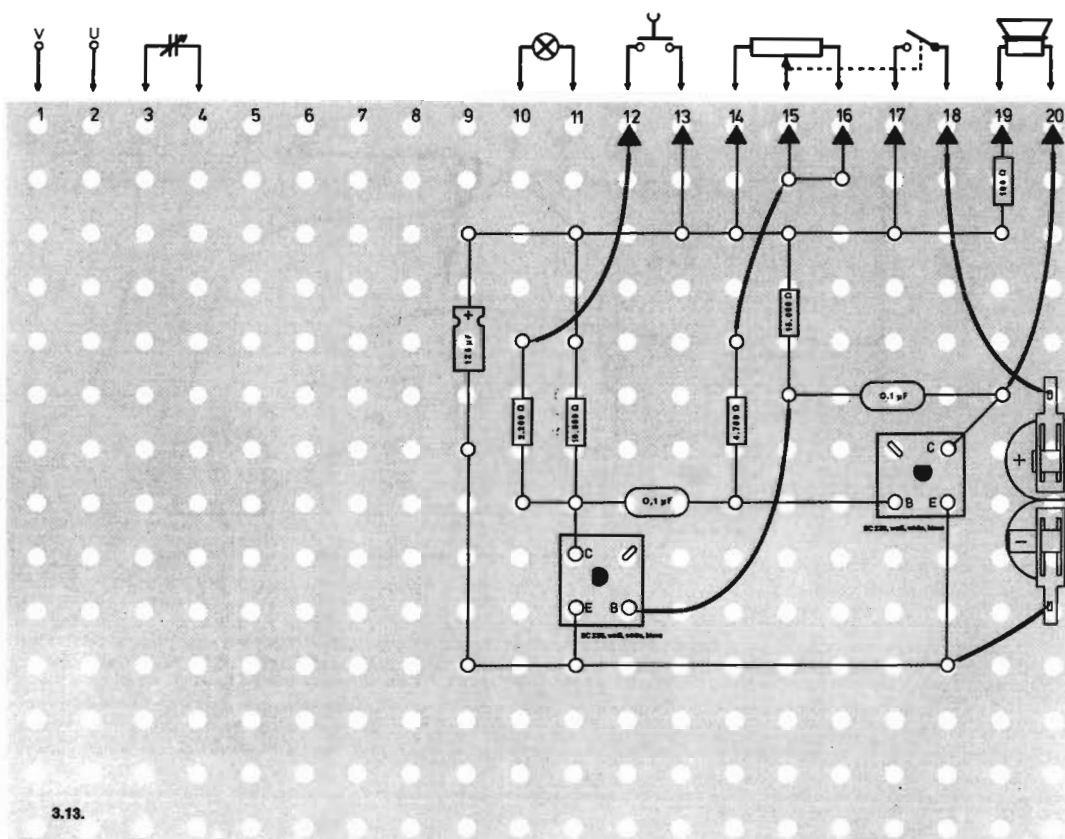
Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

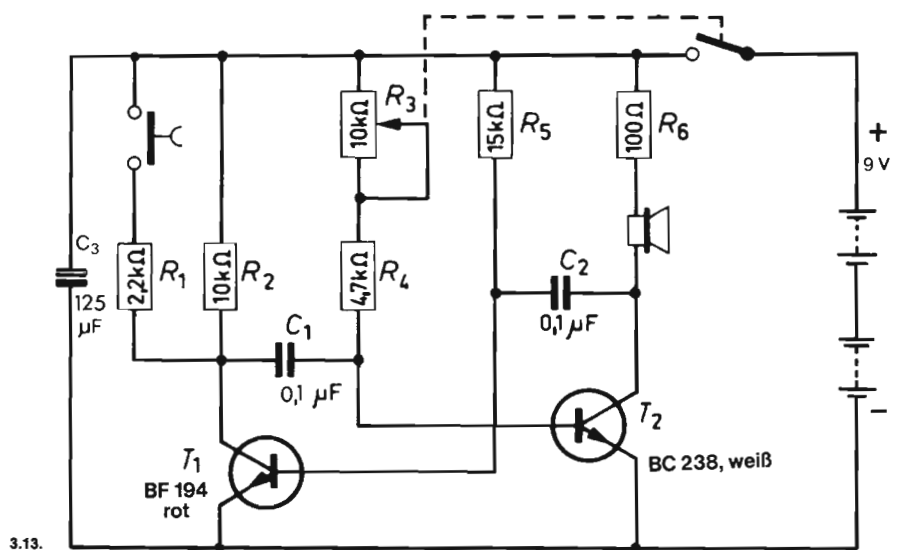
Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Je hoort een toon die je met de potentiometer kunt veranderen. In de meest rechtse stand is de toon het hoogst. Dat is de ene toon. De andere toon ontstaat als je de schakelaar indrukt. Hoor je niets, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De grondschakeling van dit toestel bestaat uit een multivibrator. Met condensator C 2 geschiedt de terugkoppeling van de collector van transistor T 2 naar de basis van T 1. De condensator C 1 verbindt de collector T 1 met de basis van T 2. De toonhoogte kan worden ingesteld met potentiometer R 3 die in serie ligt met weerstand R 4. Druk je op de knop dan zijn de weerstanden R 1 en R 2 parallel geschakeld. Daardoor ontstaat er een plotselinge verandering van de frequentie. Door het indrukken en weer loslaten van de knop kan men dus twee tonen opwekken die lijken op die van de tweetonige hoorn van de brandweer.



3.14. Dubbeltonige hoorn

Met dit toestel kun je een tweetonige hoorn bouwen die automatisch omschakelt.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

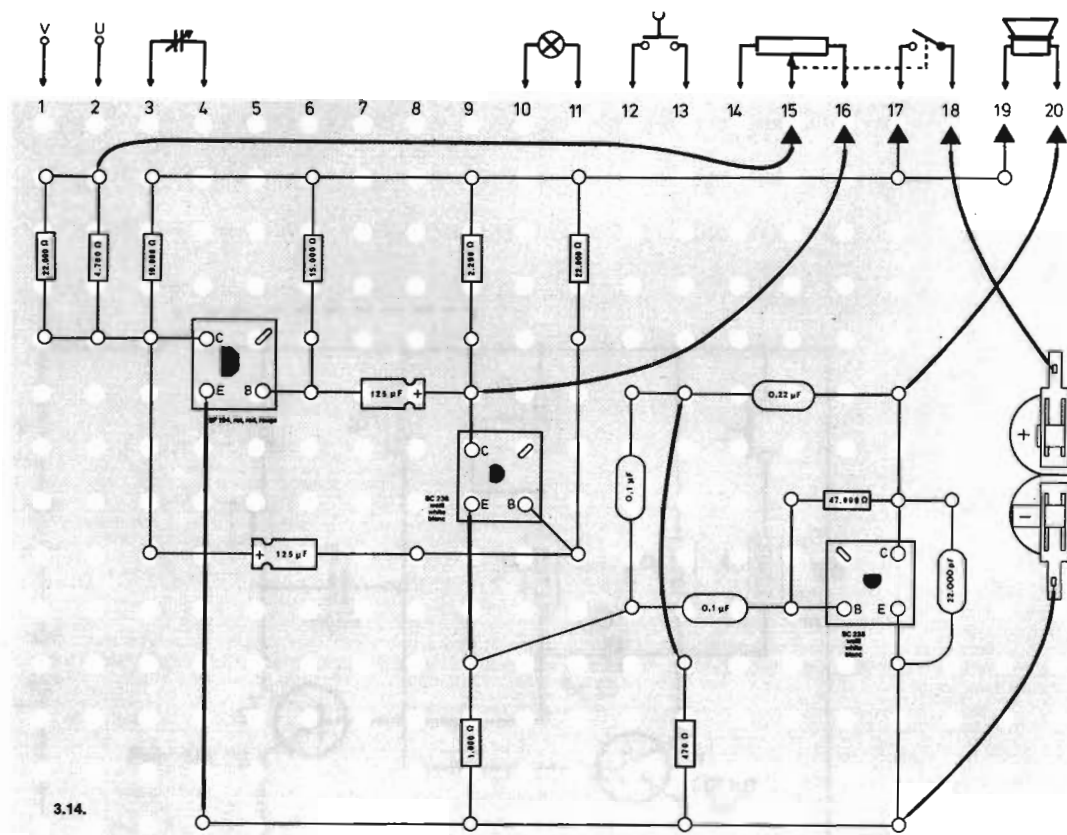
Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren. Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

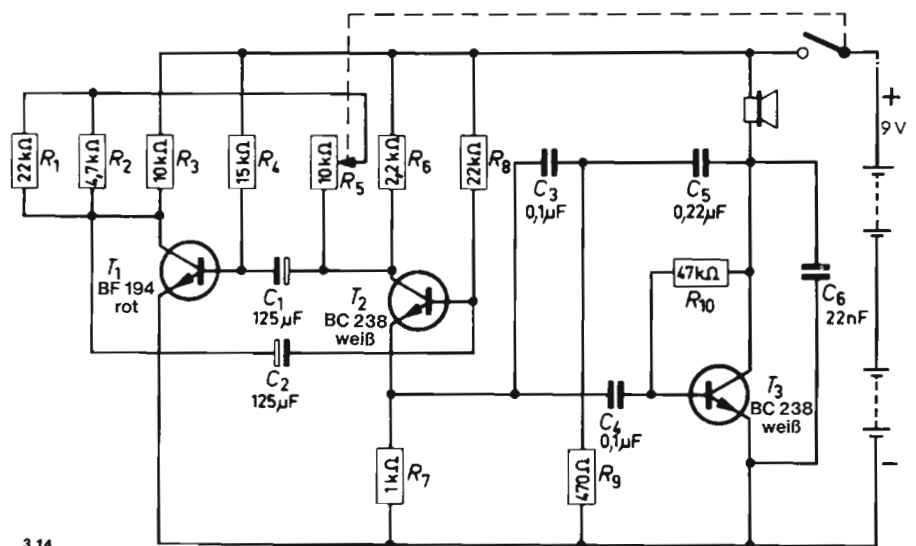
Draai de knop van de potentiometer naar rechts. In de meest rechtse stand verloopt de wisseling van tonen het langzaamst. Hoor je niets, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Deze schakeling produceert afwisselend een toon met een hoge en een met een lage frequentie. Dit geschiedt met behulp van transistor T 3 in een RC-oscillatorschakeling. De transistors T 1 en T 2 vormen een multivibrator waarmee de RC-oscillator wordt beïnvloed omdat die over weerstand R 7 met de multivibrator gekoppeld is.

Als T 2 geleidend is ontstaat er een bepaalde toonhoogte. Schakelt de multivibrator om dan verandert de toonhoogte van de RC-oscillator omdat nu T 1 geleidt en T 2 geblokkeerd is. De multivibrator kan nu de RC-oscillator niet meer beïnvloeden. De toonhoogte van de door de luidspreker uitgezonden trillingen wisselt dus op het schakelritme van de multivibrator. Dat ritme kan worden bepaald met behulp van potentiometer R 5.



3.15. Trappenhuislicht

In grote flatgebouwen gaat het licht in het trappenhuis na enige tijd vanzelf uit zodat daardoor bespaard kan worden op de stroomkosten. Als je op het lichtknopje drukt begint er een soort klok te lopen die het licht ongeveer drie minuten laat branden. Een elektronische oplossing is natuurlijk moderner.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

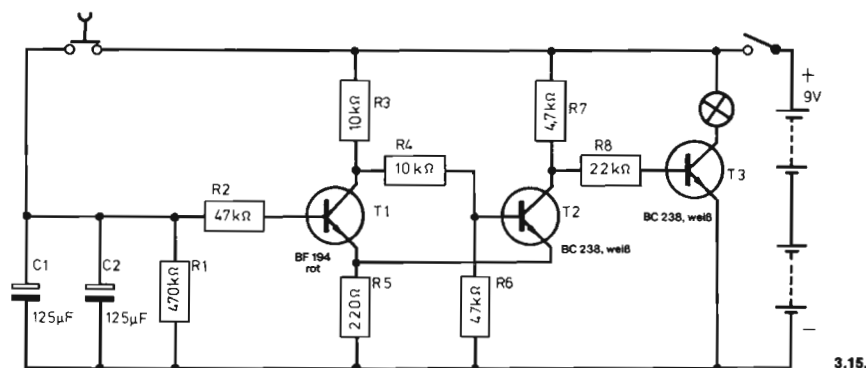
Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

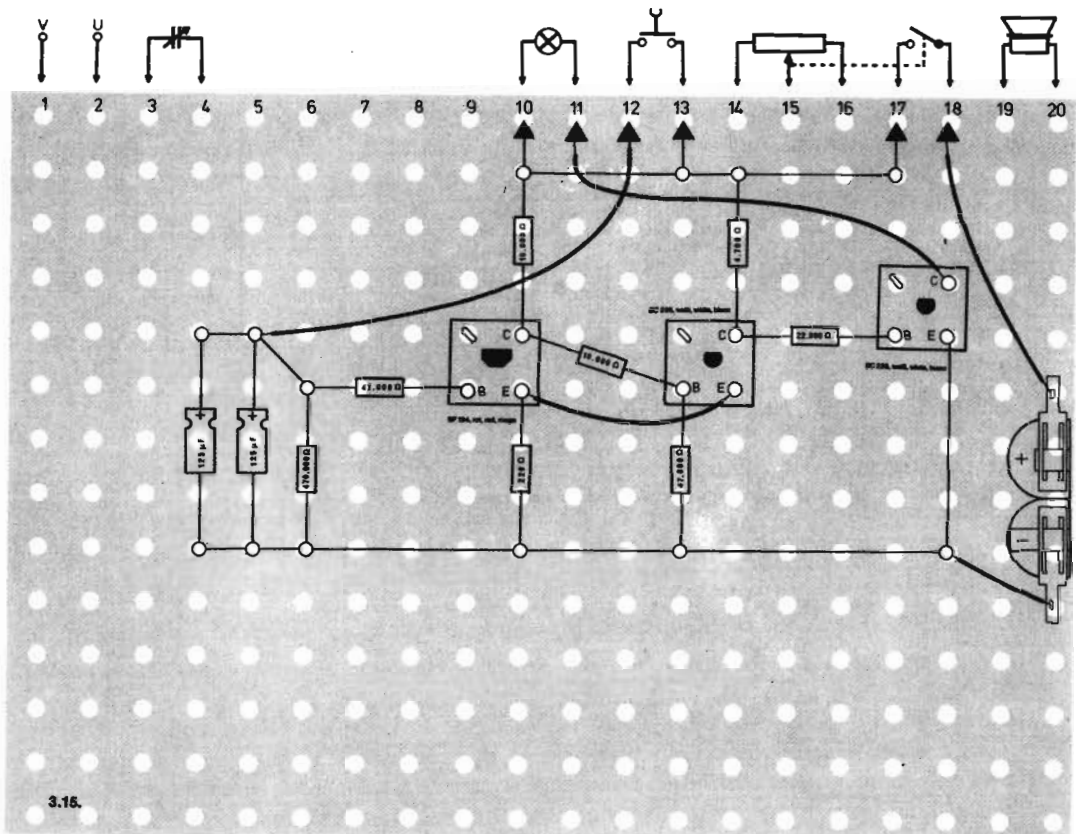
Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Als je de knop van de schakelaar indrukt gaat de lamp aan. Na een bepaalde tijd gaat ze uit. Gaat de lamp niet aan, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden.

Als je heel even op de schakelaar drukt laden de condensatoren C 1 en C 2 zich op tot de volle bedrijfsspanning. De transistor T 1 van de schakeling wordt geleidend. T 2 wordt geblokkeerd. Nu vloeit over de weerstanden R 7 en R 8 een positieve stroom naar de basis van T 3. Hij wordt geleidend en lamp gaat aan. Over weerstand R 1 ontladen zich de condensatoren C 1 en C 2 langzaam. Zo gauw de drempelspanning niet meer wordt gehaald blokkeert T 1. Direct vloeit er een positieve basisstroom over de weerstanden R 3 en R 4 en T 2 geleidt. Omdat nu de collector van deze transistor negatief is geworden, kan er over weerstand R 8 geen stroom meer naar de basis van T 3 vloeien; de transistor wordt dus geblokkeerd.

De condensatoren C 1 en C 2 en de weerstand R 1 bepalen de brandduur van de lamp. Hoe groter de capaciteiten en de weerstand, des te langer brandt de lamp; bij deze schakeling ongeveer 30 seconden.



3.16. Helderheidsregelaar

In schouwburgen en bioscopen gaat het licht in de toeschouwersruimte niet plotseling uit maar juist heel geleidelijk. In moderne installaties wordt dat elektronisch geregeld, ook bij ons toestel.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbinding sleidingen bevestigen volgens het bedradings-schema.

Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

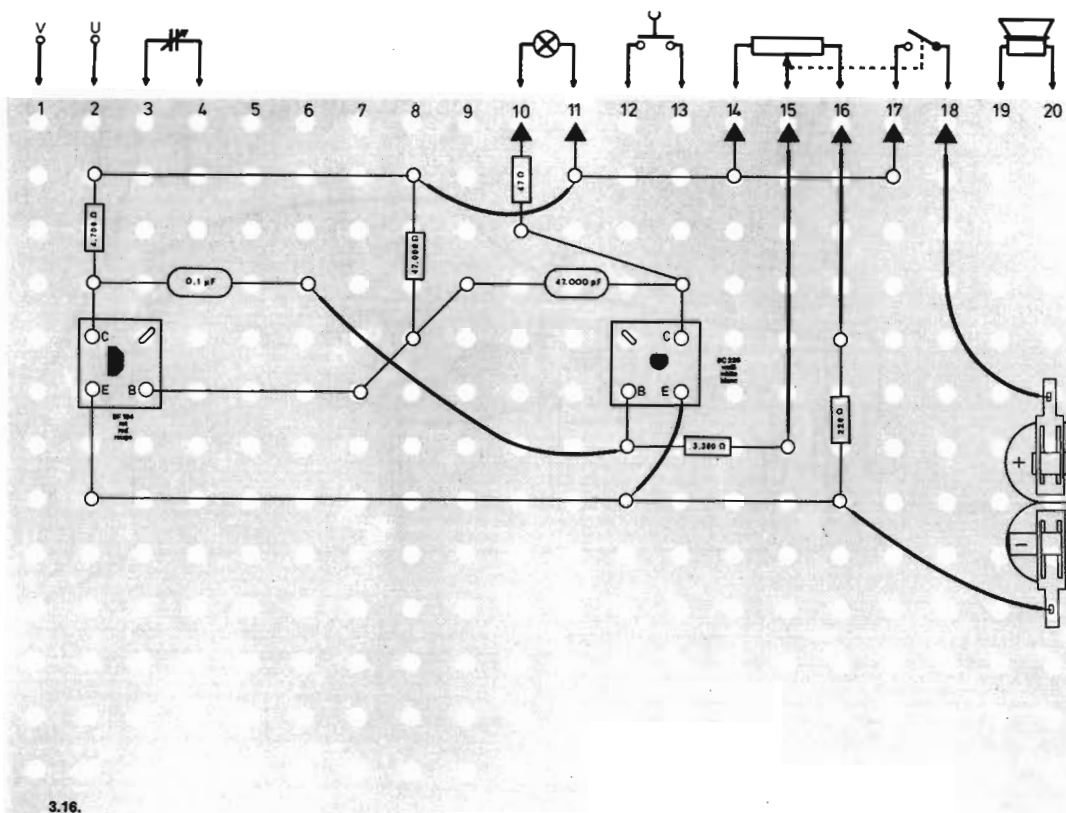
Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. In de meest rechtse stand is de helderheid het grootst. Gaat de lamp niet aan, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De helderheid van een lamp kan worden geregeld door het veranderen van de batterijspanning. Een andere mogelijkheid is de spanning constant te houden maar de stroom door de lamp door in- en uitschakelen voortdurend te onderbreken. Daarbij moet zo'n hoge frequentie worden gebruikt dat de lamp niet flakkert.

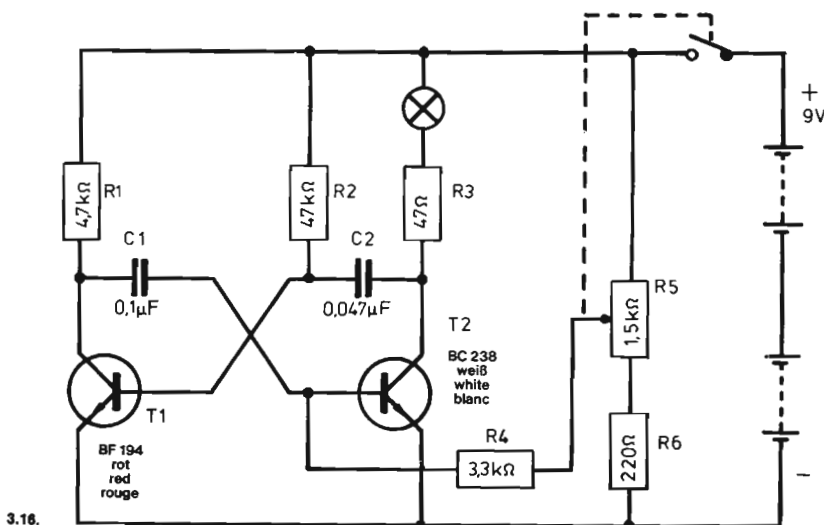
Zoals je al weet kan dat schakelen gebeuren door een transistor.

Als een transistor als schakelaar werkt is het vermogensverlies tussen emitter en collector gering omdat de transistor of in- of uitgeschakeld is. In ingeschakelde toestand ontstaat er bij de transistor slechts een klein spanningsverlies en diens gevolg is het vermogen $W = V \cdot I$ (spanning bij de transistor $\times$ stroom die door de transistor vloeit) die hem kan verwarmen niet groot. Om deze reden kan men grote vermogens sturen met naar verhouding kleine transistors als de impulsbreedte (inschakelduur) goed ingesteld is.

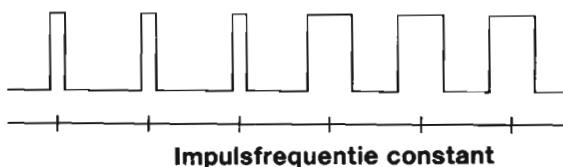
De transistors T1 en T2 zijn geschakeld als multivibrator die zelfstandig gaat oscilleren (astabiele multivibrator). De tijdsbepalende onderdelen voor de impulsfrequentie zijn $C1/R4$ en $C2/R2$. De impulsbreedte kan worden ingesteld met behulp van de spanningsdeler $R5/R6$.

Is het sleepcontact van de potentiometer R5 tegen de weerstand R6 geregeld dan vloeit er geen basisstroom in transistor T2; hij wordt dus geblokkeerd en de multivibrator werkt niet. In deze stand brandt de lamp niet. Pas wanneer er met R5 een grotere positieve spanning is ingesteld, begint ze heel flauw te branden.

De inschakelduur van transistor T2 is echter zeer kort in verhouding tot de uitschakelduur. Pas wanneer de potentiometer wordt gedraaid in de richting van de pluspool van de batterij brandt de lamp fel omdat nu de inschakelduur van T2 lang is in verhouding tot de uitschakelduur.



Impulsbreedte variabel



3.17. Inschakelvertraging

Veel machines kunnen niet zo maar in werking worden gezet. Soms brengt men twee startknoppen aan, die gelijktijdig moeten worden bediend of men gebruikt een inschakelvertraging. In dat geval reageert de machine niet als er slechts kort op de startknop wordt gedrukt maar alleen als die knop een tijdje ingedrukt wordt gehouden.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingssleidingen bevestigen volgens het bedradings-schema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

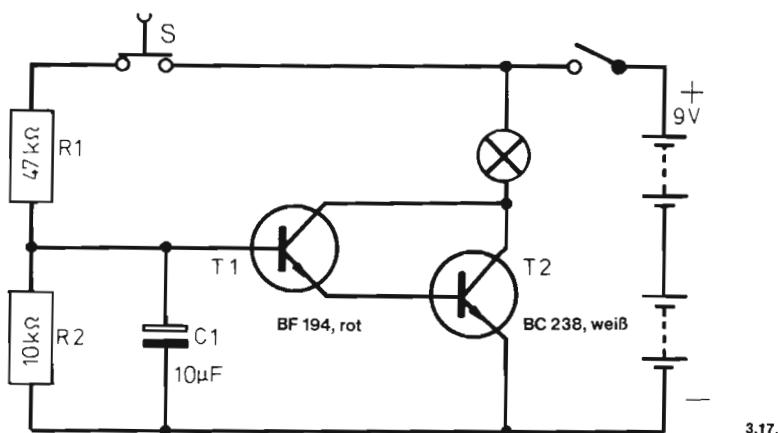
Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren. Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

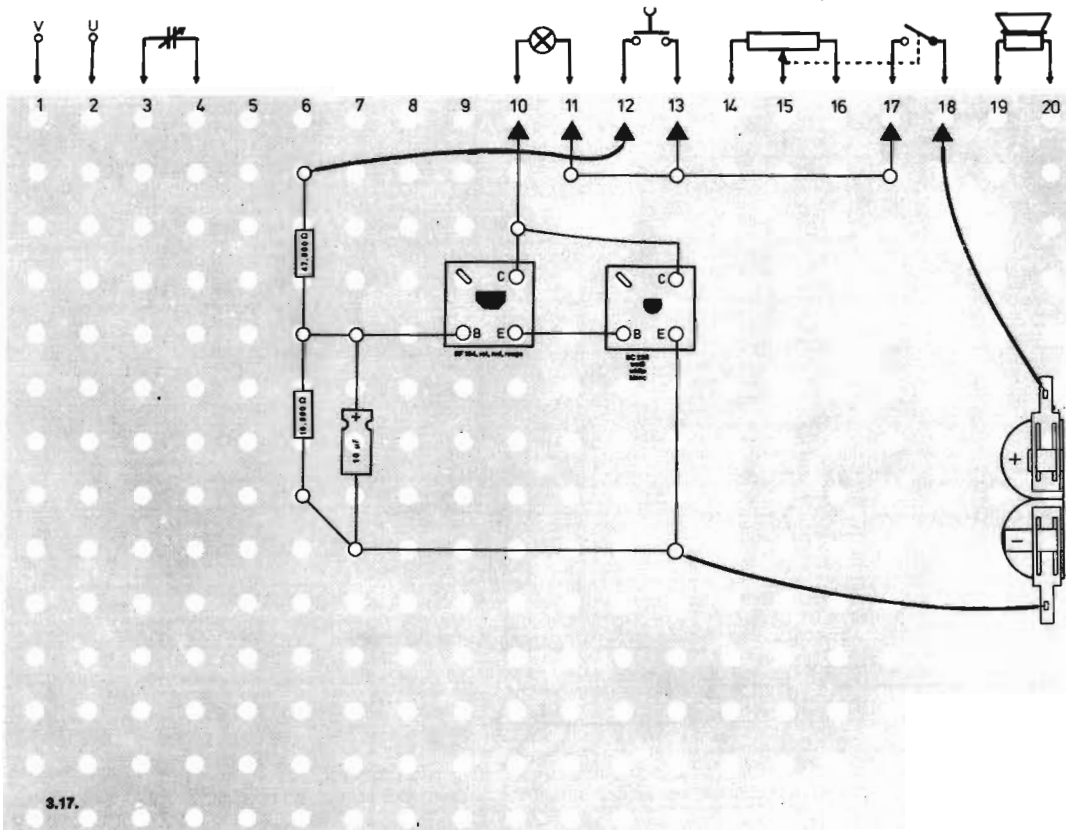
Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts en druk op de knop. Na een poosje moet de lamp gaan branden. Is dat niet het geval, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden.

Een in- of uitschakelvertraging kan langs elektronische weg worden gebouwd met condensatoren en weerstanden. Als schakelaar S gesloten wordt, laadt condensator C 1 zich op over weerstand R 1. De condensator heeft echter pas na een bepaalde tijd een voldoende positieve spanning om een basisstroom in T 1 te laten vloeien. Is de spanning bereikt dan worden de transistors T 1 en T 2 geleidend en de lamp brandt. Tussen het inschakelen en het moment waarop de lamp aan gaat zijn ongeveer 2 seconden verlopen. Openen we de schakelaar weer dan gaat de lamp uit omdat weerstand R 2 de condensator C 1 snel ontlad. Door het vervangen van C 1 door andere waarden condensatoren kan de inschakelvertraging veranderd worden.



3.18. Uitschakelvertraging

Grote, gecompliceerde machines, bijv. in de chemische industrie, die meer dan één handeling verrichten kunnen niet zonder meer worden stilgezet door de motor uit te schakelen. Er moet rekening worden gehouden met een bepaalde volgorde, te meer daar er vaak sprake is van verschillende aandrijvingsaggregaten. Om fouten bij de bediening uit te sluiten, wordt het stoppen automatisch gestuurd. Dit gebeurt tegenwoordig steeds meer met behulp van elektronische schakelingen die werken met een uitschakelvertraging.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradings-schema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

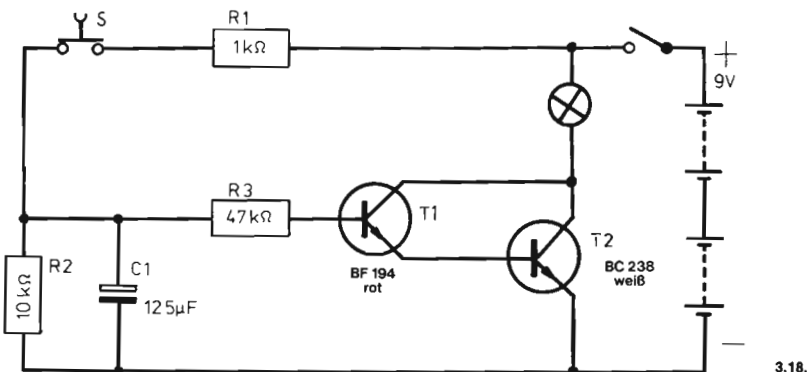
Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle van het toestel en inschakelen.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts en druk op de knop. De lamp gaat direct aan. Als je de drukknop loslaat moet de lamp pas uitgaan na een bepaalde tijd. Brandt de lamp niet, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.

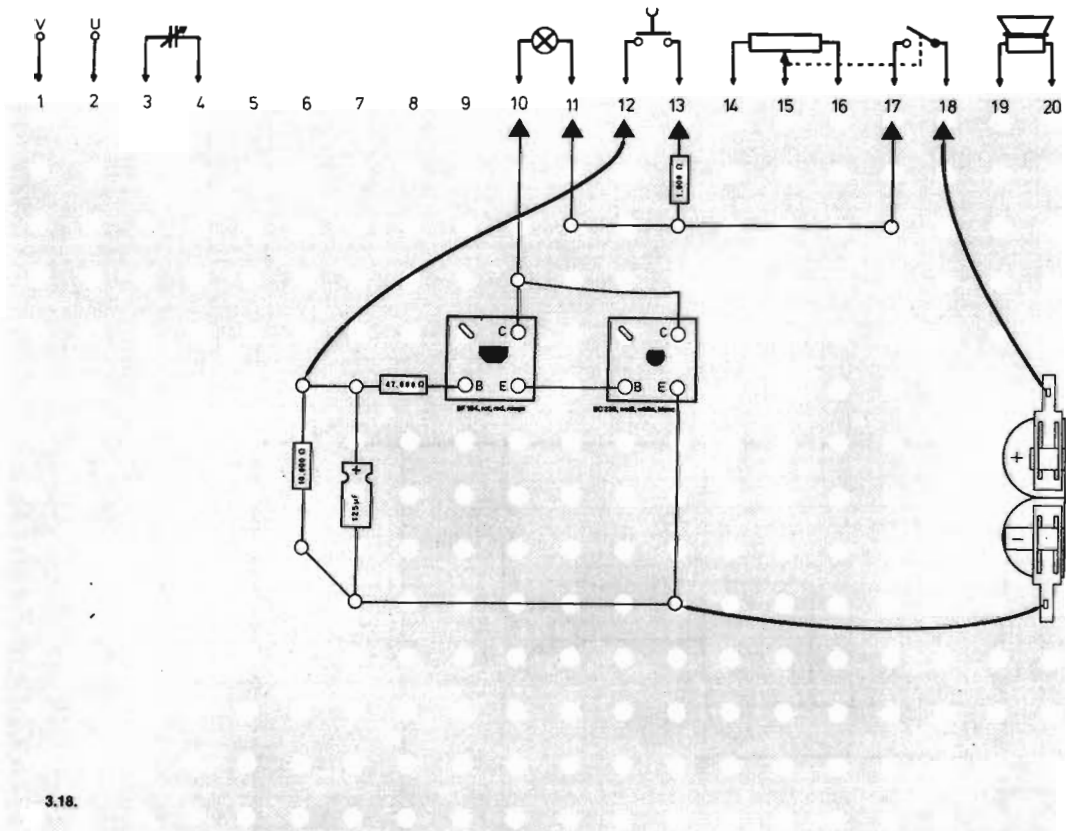


Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Als we de drukschakelaar S sluiten (machine is ingeschakeld) gaat de lamp direct aan omdat over de weerstanden R 1 en R 3 een basisstroom vloeit.

De transistors T 1 en T 2 zijn geleidend.

Het uitschakelen kunnen we simuleren door de schakelaar te openen. Op dat ogenblik heeft condensator C 1 een positieve lading die de stroom door de twee transistors in stand houdt. Over weerstand R 2 wordt de condensator ontladen. Als de laadspanning te laag is geworden kan er geen basisstroom over weerstand R 3 vloeien en de lamp gaat uit. De uitschakelvertraging kan veranderd worden door condensator C 1 te vervangen door een andere.



4.01. Automatische nacht- of parkeerlamp

Het is je vast wel eens opgevallen dat bij een zwaar onweer overdag de straatverlichting aangaat. Dat doet niet iemand in de elektrische centrale maar dat gebeurt automatisch bij invallende schemering door lichtgevoelige cellen. Dit toestel is een z.g. schemerschakelaar. De lamp gaat branden als de lichtsterkte daalt tot onder een vooraf ingestelde waarde; ze gaat weer uit als de lichtwaarde stijgt tot boven die waarde.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

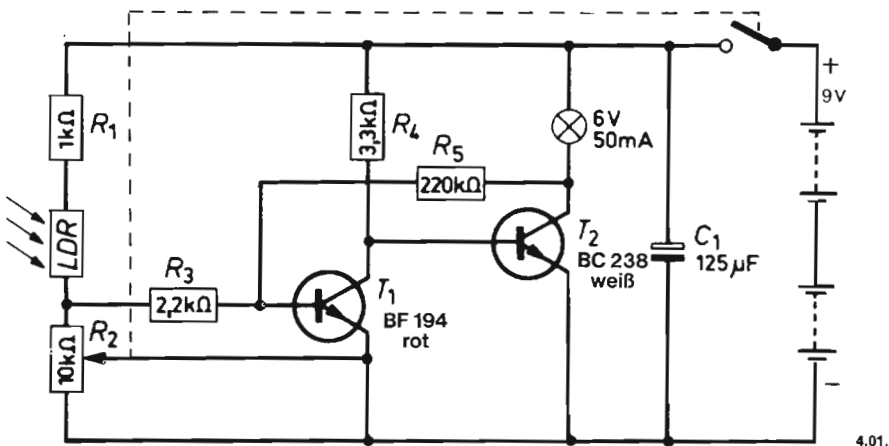
Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bevestig de lichtgevoelige weerstand (LDR) aan de buitenaansluitingen U en V met de gestreepte kant naar boven.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Maak nu je kamer donker of bedek de LDR met je hand. De belichtingssterkte kun je instellen met de knop van de potentiometer. Hoe verder je die naar rechts draait, des te gevoeliger is het toestel. Brandt de lamp niet, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



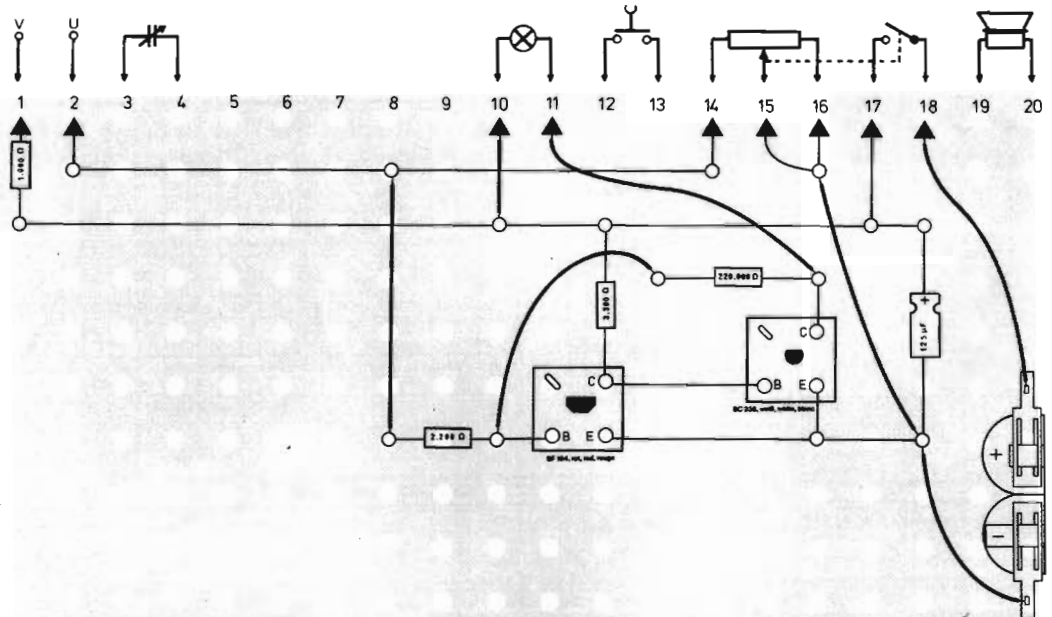
Beschrijving van de schakeling voor gevorderden.

Deze schakeling heeft tot doel een lamp automatisch in te schakelen als de lichtsterkte tot onder een bepaalde waarde daalt. Voor dit doel moet de schakeling worden voorzien van een opnemer waarmee de lichtsterkte kan worden geregistreerd. Hiervoor gebruiken we de lichtgevoelige weerstand (LDR). Hij vormt samen met R 1 en de potentiometer R 2 een spanningsdeler voor de bedrijfsspanning van 9 V.

De basis van transistor T 1 is over weerstand R 3 aangesloten aan de spanningsdeler. Als er geen licht op de LDR valt, heeft hij een zeer hoge weerstand. Bij R 2 staat daarom slechts een zeer kleine spanning die niet voldoende is om over R 3 een basisstroom te laten vloeien. Transistor T 1 blokkeert. Er vloeit dus over zijn emitter-collectorleiding en diens gevolg ook over weerstand R 4 geen collectorstroom. De collector van T 1 en de basis van T 2 hebben daarom een hoge, positieve spanning. Daardoor geleidt transistor T 2 en de lamp brandt.

Als er licht op de LDR valt, neemt zijn weerstand af zodat er bij R 2, al naargelang de stand van het sleepcontact van de potentiometer, een hoge positieve spanning staat. Nu kan er over R 3 een basisstroom vloeien en T 1 geleidt. Zijn collectorspanning en dus ook de basisspanning van T 2 is dan negatief zodat transistor T 2 blokkeert en de lamp uitgaat.

Met potentiometer R 2 kun je de basisstroom van T 1 veranderen en aldus de schakeling instellen op een lichtsterkte waarbij de automaat in werking treedt.



4.02. Eenvoudige vochtigheidsverklipper

Dit toestel waarschuwt door middel van een lichtsignaal als ergens de vochtigheidsgraad te veel stijgt. Je kunt hiermee een aantal interessante experimenten uitvoeren die onder „Gebruiksmogelijkheden” worden beschreven. Dan zul je zien dat de benaming „vochtigheidsverklipper” eigenlijk wel wat simpel is.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingen bevestigen volgens het bedradingschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

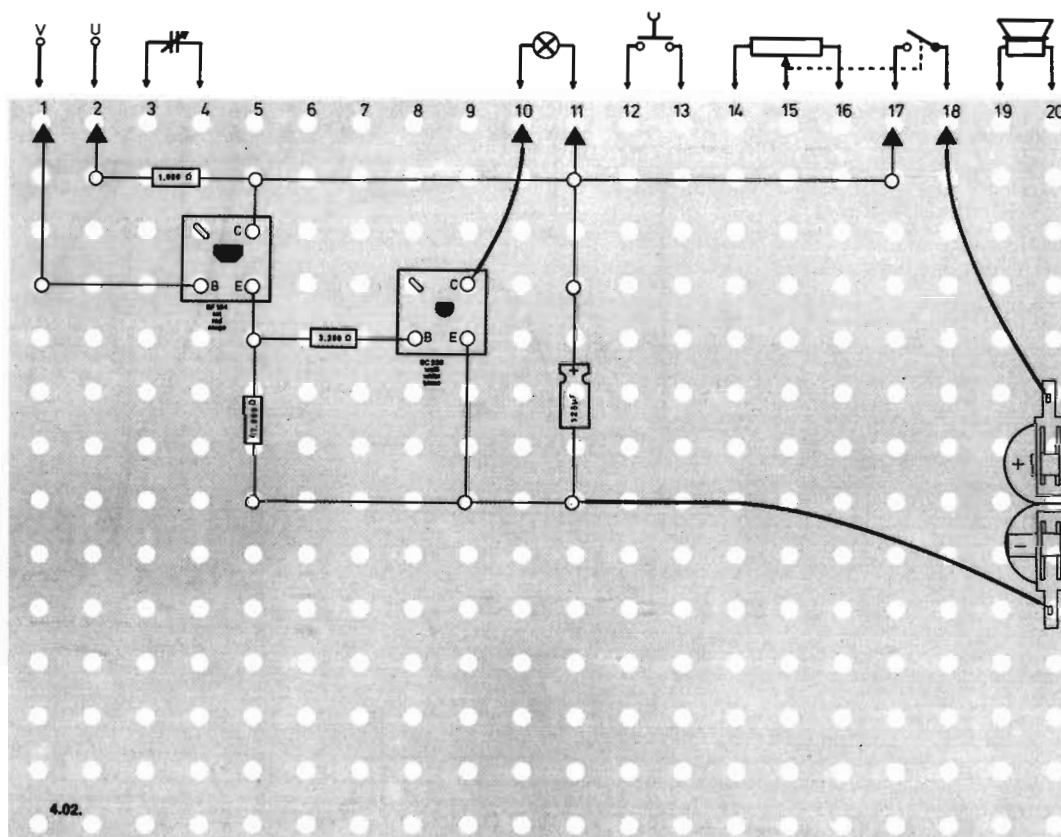
Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bevestig aan de buitenaansluitingen U en V twee lange, geïsoleerde draden waarvan je aan de uiteinden de isolatie moet verwijderen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Je kunt het toestel testen door de uiteinden van de twee draden tegen elkaar te houden. Nu moet de lamp gaan branden. Gebeurt dat niet, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Gebruiksmogelijkheden

- a) Neem een stuk krantepapier en houd de twee einden van de draden er tegen aan. Er gebeurt niets. Maak nu het krantepapier een beetje nat. Hou nu de twee uiteinden bij de natte plek: de lamp gaat aan. Nat papier geleidt dus elektrische stroom.
- b) Neem een stuk vloeipapier. Steek de twee uiteinden van de draden op enige afstand van elkaar door het papier. Pas nadat je een paar druppels water op het papier hebt laten vallen, gaat de lamp aan.
- c) Steek de twee stukken draad op enige afstand van elkaar in een bloempot. Als de aarde droog is brandt de lamp niet. Zo gauw de aarde echter vochtig wordt gaat de lamp aan.
- d) We verbinden één draad met een metalen pot. Het andere stuk hangen we in de pot maar het mag er niet mee in aanraking komen. Als je nu water in de pot laat lopen gaat de lamp branden zo gauw de waterspiegel in aanraking komt met het uiteinde van de draad die in de pot hangt. Dat lukt alleen met leidingwater en niet met olie of gedestilleerd water, dat is niet geleidend.
- e) Op dezelfde manier kun je voorkomen dat jullie badkuip overloopt.
- f) Bevestig een stuk vloeipapier aan een kledingstuk dat hangt te drogen. Maak het vast met een wasknijper. De lamp gaat pas uit als het kledingstuk droog is. Inplaats van vloeipapier kun je ook een stukje stof gebruiken.
- g) Als je een waterpistool hebt kun je een schietschijf bouwen die aangeeft wanneer je de roos hebt geraakt. Neem een rond stuk karton en maak in het midden een gat van ongeveer 2,5 cm middellijn. Hang achter dit gat een element dat gevoelig is voor vocht, b.v. een stukje dun vloeipapier. Als je de roos raakt wordt het papier geleidend en de lamp gaat aan. Daarna moet je het papier natuurlijk eerst laten drogen of vernieuwen.
- h) Steek de uiteinden van de draden op een afstand van ca. 1 cm in een stuk vloeipapier en leg dat buiten op de vensterbank. Als het gaat regenen kun je dat zien aan je toestel.
- i) Neem in elke hand een uiteinde van een draad. De lamp gaat aan. Waarom, denk je?
- k) Neem een stuk papier en trek daarop met een zacht potlood een dikke streep. Houd het einde van de ene draad bij het begin ervan en schuif de andere over de streep. De lamp brandt het felst wanneer de twee draden het dichtst bij elkaar zijn. Grafiet geleidt elektrische stroom.

Je zult vast nog wel meer interessante mogelijkheden ontdekken. Noteer die op deze pagina.

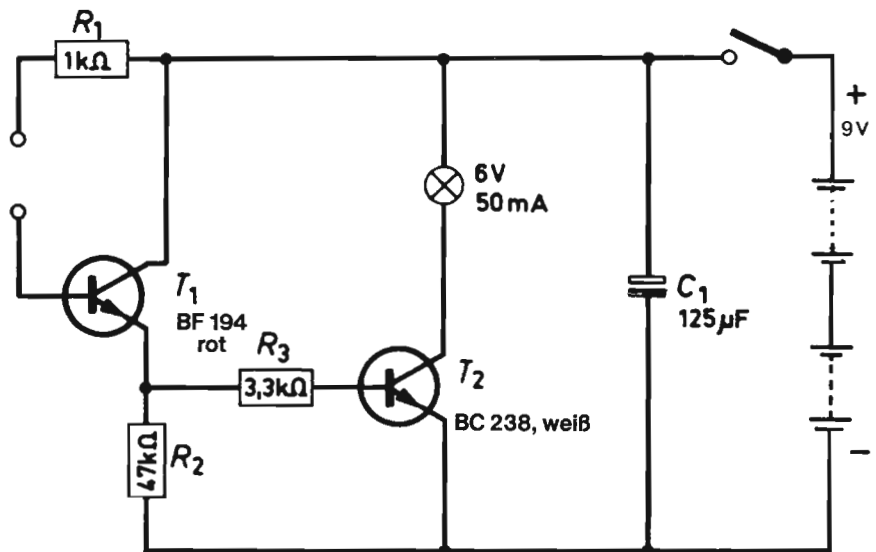
Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Deze vochtigheidsverklikker bestaat uit een tweetrapsversterker waarmee de lamp in de collectorkring van de tweede transistor wordt in- en uitgeschakeld.

De basis van transistor T 1 heeft geen verbinding met de min- of de pluspool van de batterij. Daarom is de als emittervolger geschakelde transistor T 1 geblokkeerd. Bij zijn belastingsweerstand R 2 ontstaat geen positieve spanning zodat de over R 3 aangesloten transistor ook geblokkeerd is. De lamp brandt niet.

Verbinden we echter weerstand R 1 met de basis van T 1 met een draad, dan wordt transistor T 1 geopend en bij weerstand R 2 ontstaat een positieve spanning. Deze opent transistor T 2 en de doorgaande stroom laat de lamp in de collectorleiding branden.

Om nu een vochtigheidsverklikker te construeren kun je twee blanke draden op enige afstand van elkaar in een stuk papier steken en ze verbinden met de ingangsklemmen. Als het papier droog is verandert er niets, de lamp gaat niet aan omdat er geen stroom loopt. Bevochtigen we nu het papier dan geleidt het de stroom over R 1 naar de basis van T 1. Nu worden beide transistors geleidend en de lamp brandt.



4.03. Vochtigheidsverklikker met lichtsignaal

Deze vochtigheidsverklikker is nog gevoeliger dan de vorige. De constructie is ook wat ingewikkelder.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbinding sleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bevestig aan de buitenaansluitingen U en V twee geïsoleerde, lange draden. Verwijder de isolatie aan de uiteinden want ze moeten later dienst doen als opnemers.

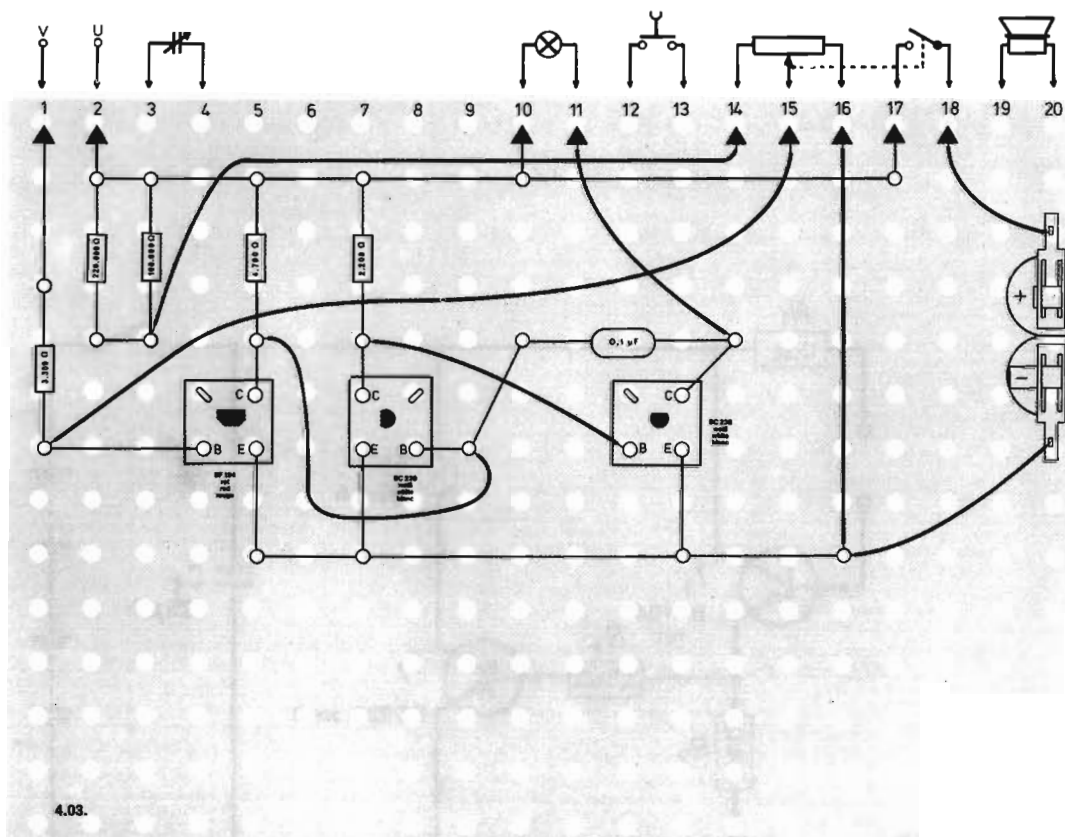
Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer helemaal naar rechts. De lamp gaat aan. Draai nu de knop zo ver terug dat de lamp uit gaat.

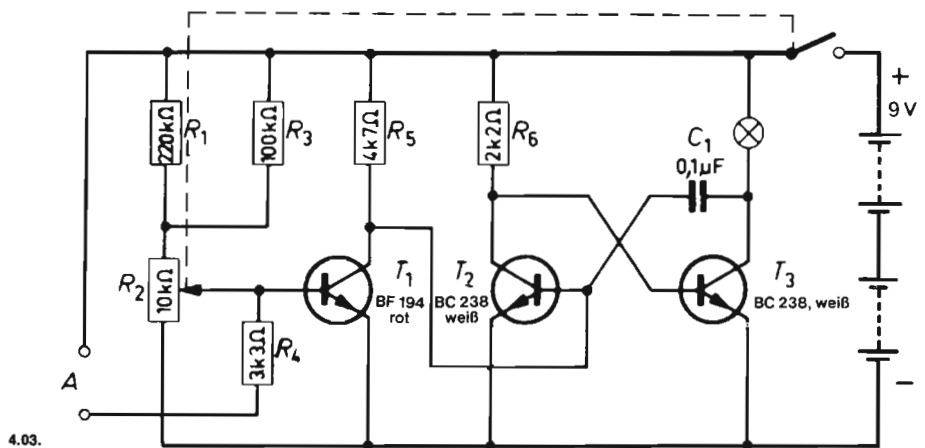
Controleer het toestel door de twee draden met de uiteinden tegen elkaar te houden. Nu moet de lamp weer gaan branden. Is dat niet het geval, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.

Gebruiksmogelijkheden kun je vinden bij toestel 4.02.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Deze schakeling bestaat uit een drietraps-gelijkstroomversterker. Zelfs de kleinste stroompjes ($1\text{ }\mu\text{A}$) die de basis van transistor T 1 bereiken veroorzaken in die transistor al een stroom die de lamp doet branden. De spanningsgeleider aan de basis van T 1 bestaat uit de weerstanden R 1 tot R 4 en een weerstand die buiten de schakeling ligt en verbonden is met ingang A. Deze buitenweerstand is het element dat gevoelig is voor vocht. Hoe je dat element kunt bouwen kun je zien bij toestel 4.02. In droge toestand heeft dit element een zeer hoge weerstandswaarde en de basisstroom wordt uitsluitend bepaald door R 1 tot R 3. Met behulp van R 3 wordt hij zodanig ingesteld dat de lamp niet brandt. Wordt het element vochtig dan vloeit er een basisstroom. Daardoor wordt T 1 geleidend en T 2 geblokkeerd. De eindtransistor T 3 wordt eveneens geleidend en schakelt de lamp in.



4.04. Vochtigheidsverklikker met waarschuwingssignaal

Het enige verschil met de vorige toestellen is dat dit apparaat de vochtigheid aangeeft door middel van een toon.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

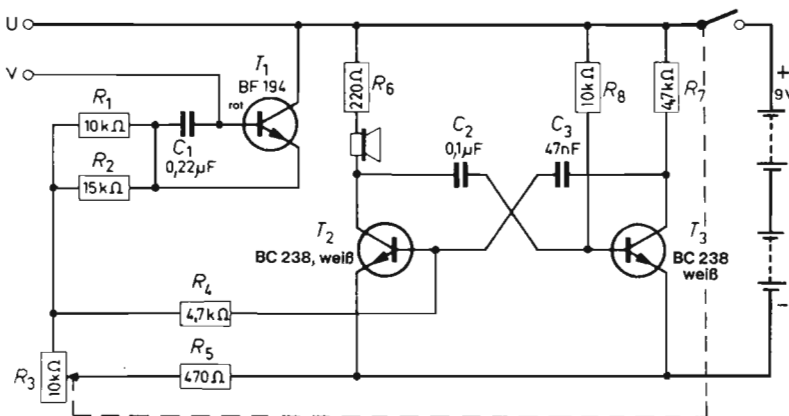
Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef de montageplaat aan het schakelpaneel en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bevestig aan de buitenaansluitingen U en V twee lange geïsoleerde draden. Verwijder de isolatie van de uiteinden. Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer helemaal naar rechts. Controleer de werking van het toestel door de uiteinden van de twee draden tegen elkaar te houden. Nu moet je de waarschuwingstoon horen. Hoor je niets, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout. De vochtigheidsgraad waarbij het toestel moet reageren kun je instellen met behulp van de potentiometer. Hoe verder je de knop naar rechts draait, des te gevoeliger is het toestel. Gebruiksmogelijkheden kun je vinden bij toestel 4.02.



4.04.

De transistors T2 en T3 zijn als multivibrator geschakeld. De toon wordt weergegeven door een luidspreker. De multivibrator oscilleert niet zolang de buitenaansluitingen U en V vrij zijn. Pas wanneer ze verbonden zijn geleidt transistor T1 en over R4 kan een basisstroom naar transistor T2 vloeien. De grootte van die basisstroom hangt enerzijds af van het voor vocht gevoelige element bij de ingang en anderzijds van de instelling van potentiometer R3. Is de basisstroom groot genoeg dan begint de multivibrator te oscilleren en dat wordt hoorbaar door de toon.



4.05. Tijdschakelaar

In fabrieken maakt men steeds meer gebruik van machines die automatisch werken en waarvan de arbeidsgang na een precies afgestelde tijds-spanne moet zijn voltooid. Zo'n tijdmetre die aangeeft wanneer een van te voren ingestelde tijd verstreken is kun je bouwen met dit toestel.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingssleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef de montageplaat en het schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

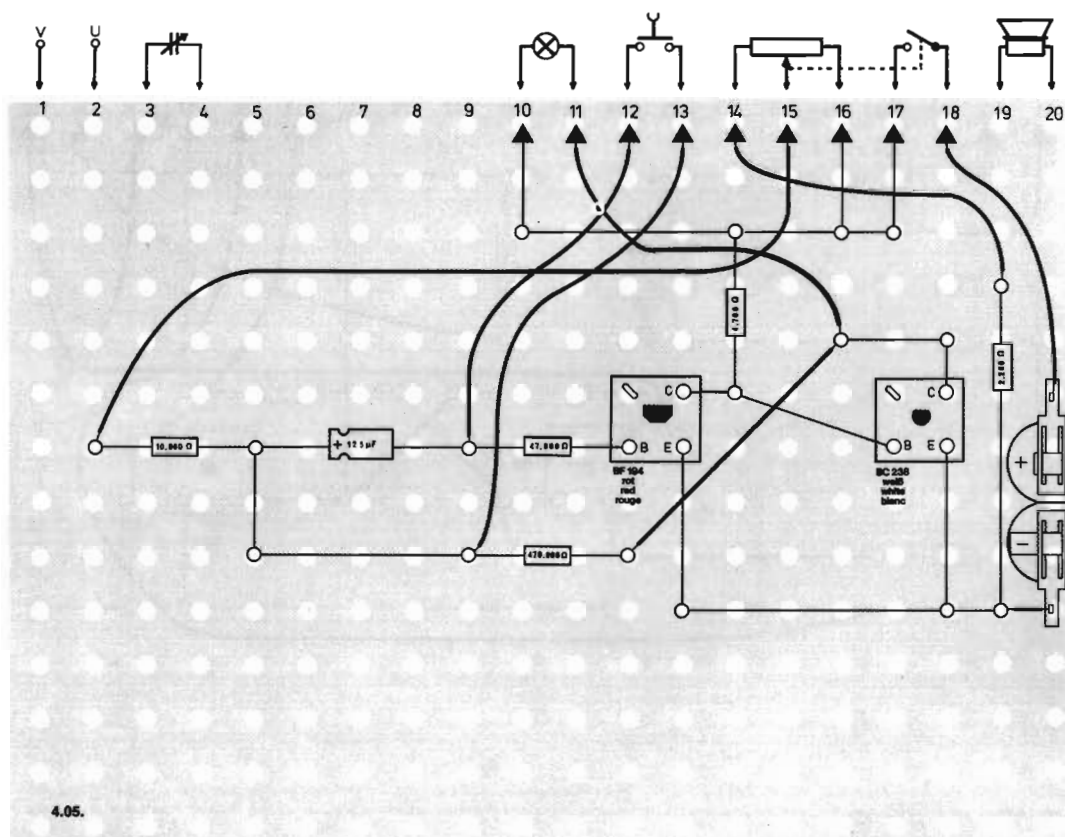
Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Met de potentiometer kun je het tijdstip instellen, waarop de lamp moet gaan branden; naar links = langer, naar rechts = korter.

Als je heel kort op de schakelaar drukt gaat de lamp uit en gaat pas weer aan na de door jou vastgestelde tijd. Brandt ze niet, schakel dan het toestel uit en zoek de fout.

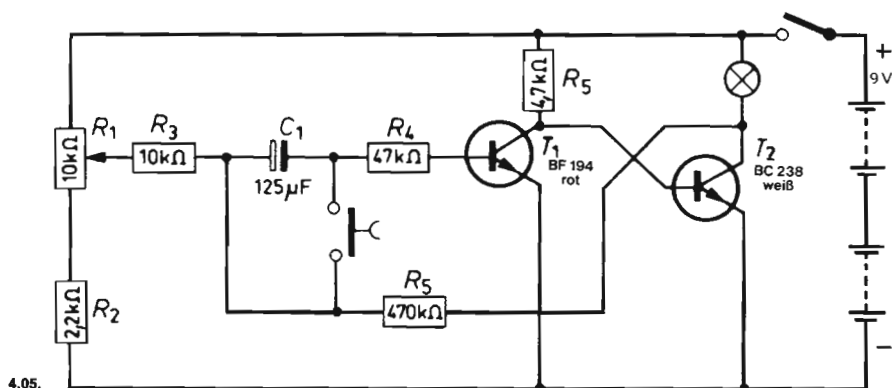


Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Dit toestel schakelt na verloop van een bepaalde tijd een lamp in. De tijd tot dat inschakelen wordt bepaald door de waarde van condensator C 1 en de door potentiometer R 1 ingestelde spanning. Hoe hoger die spanning, des te langer zal het duren voor de lamp gaat branden. De tijdschakelaar wordt gestart door het indrukken van de knop waarbij tegelijkertijd de lamp uitgaat.

Als de lamp brandt geleidt transistor T 2 en tegelijkertijd is transistor T 1 geblokkeerd. Omdat zijn basisweerstand noch aan de min-, noch aan de pluspool is aangesloten loopt er geen stroom door transistor T 1. Deze toestand verandert zo gauw je op de knop drukt. R 3 is dan verbonden met R 4, de basis van T 1 krijgt een positieve spanning en transistor T 1 geleidt. Omdat nu de collectorspanning daalt, vermindert ook de basis-spanning van T 2. Hij blokkeert en de lamp gaat uit.

Condensator C 1 is ontladen omdat hij wordt kortgesloten door de knop. Laat je de knop los dan wordt de verbinding tussen de twee weerstanden R 3 en R 4 verbroken. Condensator C 1 begint zich nu op te laden en wel tot de door de potentiometer ingestelde spanning. Er vloeit een laadstroom door R 4 en over de basis-emitterleiding van T 1 zodat de transistor ook verder open blijft. Pas wanneer het laadproces bijna afgesloten is wordt T 1 geblokkeerd, zodat zijn collectorspanning stijgt. Deze collector-spanning maakt transistor T 2 geleidend en de lamp gaat aan. Weerstand R 6 ondersteunt het inschakelen door een terugkoppeling van de negatieve wordende collectorspanning van T 2 over de condensator C 1 naar de basis van T 1.



4.06. Tijdschakelaar met lamp

Dit toestel is een enigszins anders geconstrueerde schakeling dan de vorige.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

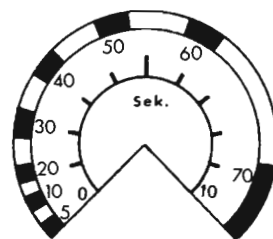
Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

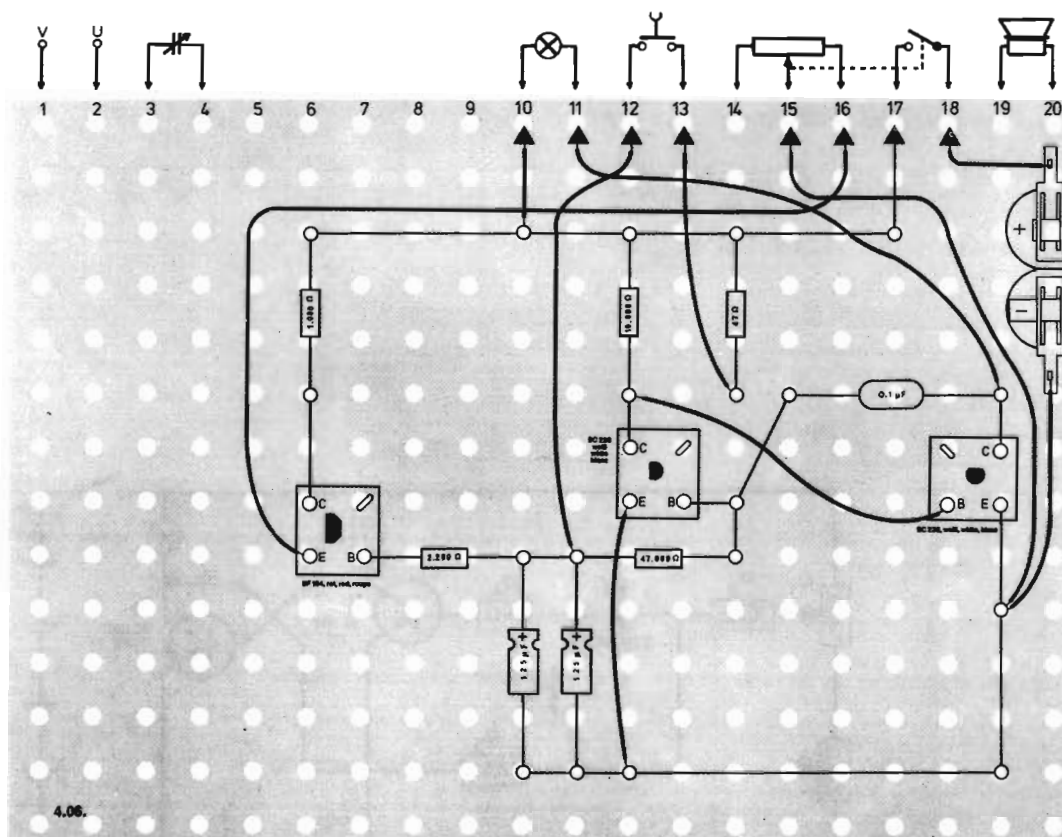
Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Hiermee kun je het tijdstip instellen waarop de lamp moet gaan branden.

Op afb. 177 kun je zien hoeveel tijd er verstrijkt voor de lamp gaat branden bij een bepaalde afstelling van de knop.

Als je op de knop drukt gaat de lamp uit. Na de ingestelde tijd gaat ze weer aan. Gaat ze niet aan, schakel dan het toestel direct uit en zoek de fout.



Afb. 177

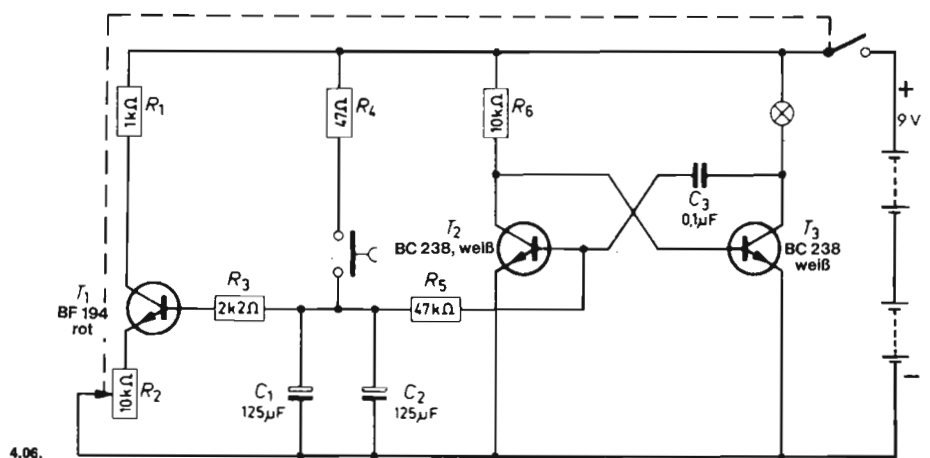


Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De ingangsstroom voor de gelijkstroomversterker T 2/T 3 wordt afgegeven door de elektrolytische condensatoren C 1 en C 2. Hij loopt over weerstand R 5 en de basis-emitterleiding van T 2 naar de minpool en is de ontladstroom van deze condensatoren. Ze zijn eerder door het indrukken van de knop door de batterijspanning over R 4 opgeladen. Zolang deze ontladstroom loopt, is T 2 geleidend en T 3 geblokkeerd en de lamp brandt niet.

Als het ontladen van de condensatoren bijna voltooid is, begint T 2 te blokkeren en T 3 te geleiden. De omschakeling wordt ondersteund door condensator C 3 zodat hij vrij abrupt verloopt en de lamp direct fel brandt. De ontladtijd van de condensatoren is afhankelijk van het feit hoe snel de stroom kan wegvloeien. Daarom hebben we nog een tweede, regelbare ontladleiding ingebouwd om de ontladtijd te kunnen beïnvloeden. Dientengevolge vloeit de ontladstroom constant over de basis-emitterleiding van T 2 en ook, maar dan regelbaar, over de basis-emitterleiding van T 1 weg. De tijdsduur wordt vastgesteld met potentiometer R 2 die als emitterweerstand voor T 1 geschakeld is. De regelbare ontladleiding kan overigens niet alléén door de potentiometer worden gevormd omdat zijn waarde van $10\text{ k}\Omega$ te gering is om een naar verhouding lange ontladtijd te bereiken.

De tijdschakelaar begint te werken na het indrukken van de knop. De elektrolytische condensatoren zijn dan geheel opgeladen.



4.07. Tijdschakelaar met toon

Dit toestel geeft na een bepaalde, door jou ingestelde, tijd een geluidssignaal. Die tijd kun je regelen met behulp van de potentiometer.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

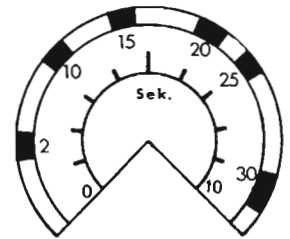
Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

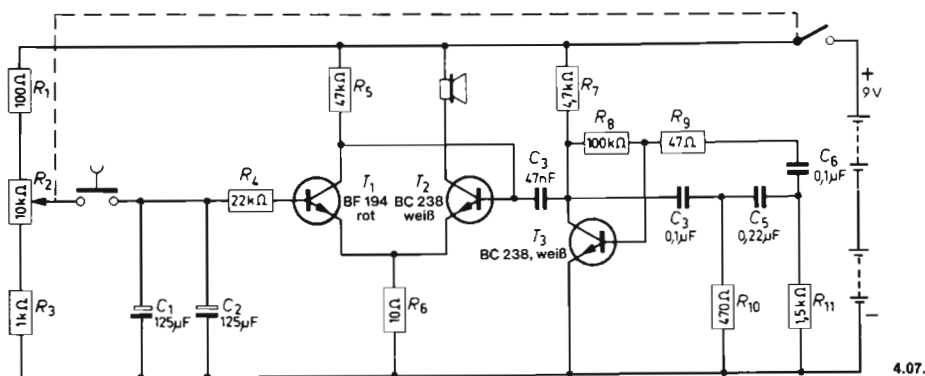
Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Hiermee kun je de tijd regelen wanneer het signaal moet worden uitgezonden.

Op afb. 178 kun je zien hoeveel tijd er verstrijkt voor die toon klinkt bij een bepaalde stand van de knop.

Als je de drukschakelaar bedient treedt het toestel in werking. Na de vooraf ingestelde tijd klinkt het signaal. Hoor je niets, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



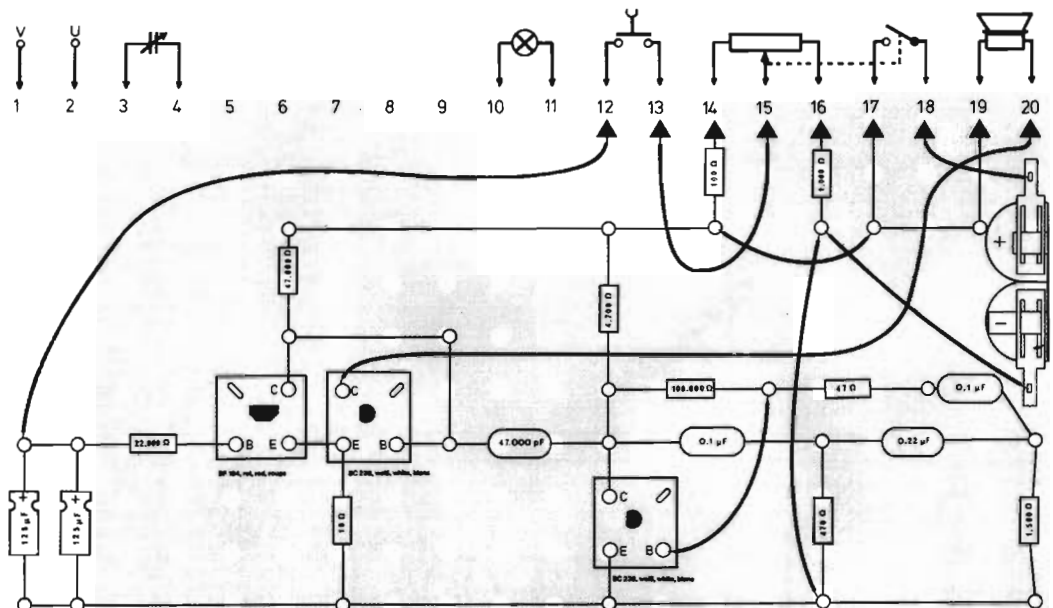
Afb. 178



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Ook bij deze schakeling wordt het ontladen van twee elektrolytische condensatoren gebruikt voor het meten van een tijdsduur. Het verschil met 4.06. bestaat echter hierin dat de ontladtijd niet wordt verkort door de verhoging van de ontlaadstroom maar dat men de elektrolytische condensatoren oplaadt tot een door potentiometer R2 bepaalde hoogte en ze niet meer direct aansluit op de volle batterijspanning.

De ontlaadstroom van de condensatoren C 1 en C 2 loopt over R 4 en basis/emitterleiding van T 1. Zolang deze transistor geleidt blijft T 2 geblokkeerd. Als de condensatoren bijna ontladen zijn, blokkeert T 1 en wordt T 2 geleidend. Transistor T 3 vormt een RC-generator waarvan de frequentie over C 3 bij de basis van T 2 belandt. Zo gauw T 2 wordt geopend, horen we de toon, die door T 3 wordt opgewekt en door T 2 wordt versterkt, door de luidspreker.



4.08. Lichtsterktemeter

Bij film- en televisie-opnamen is de belichting van de studioruimte van groot belang. Ook in werkruimten is verlichting belangrijk. Als we hier te weinig licht hebben daalt de arbeidsprestatie. De lichtverhoudingen worden daarom gemeten met belichtings- of Lux-meters om precieze gegevens te krijgen. Lux is de eenheid voor lichtsterkte. Met dit toestel kun je de lichtsterkte meten.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren

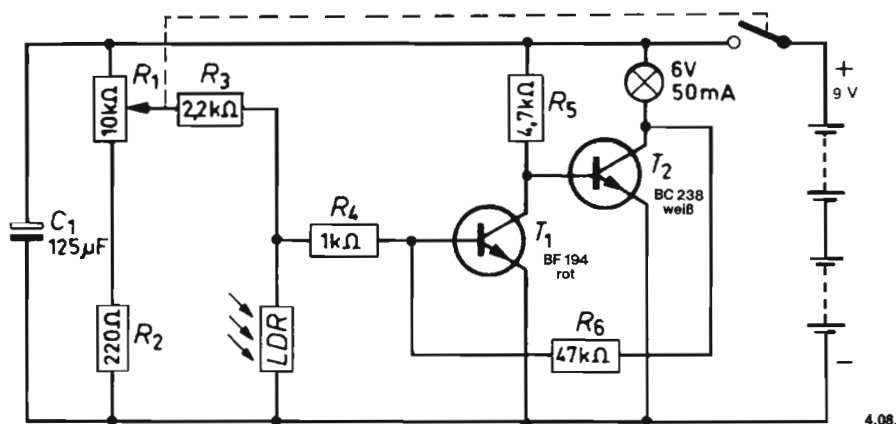
Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bevestig de lichtgevoelige weerstand (LDR) aan de buitenaansluitingen U en V, met de gestreepte kant naar boven.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

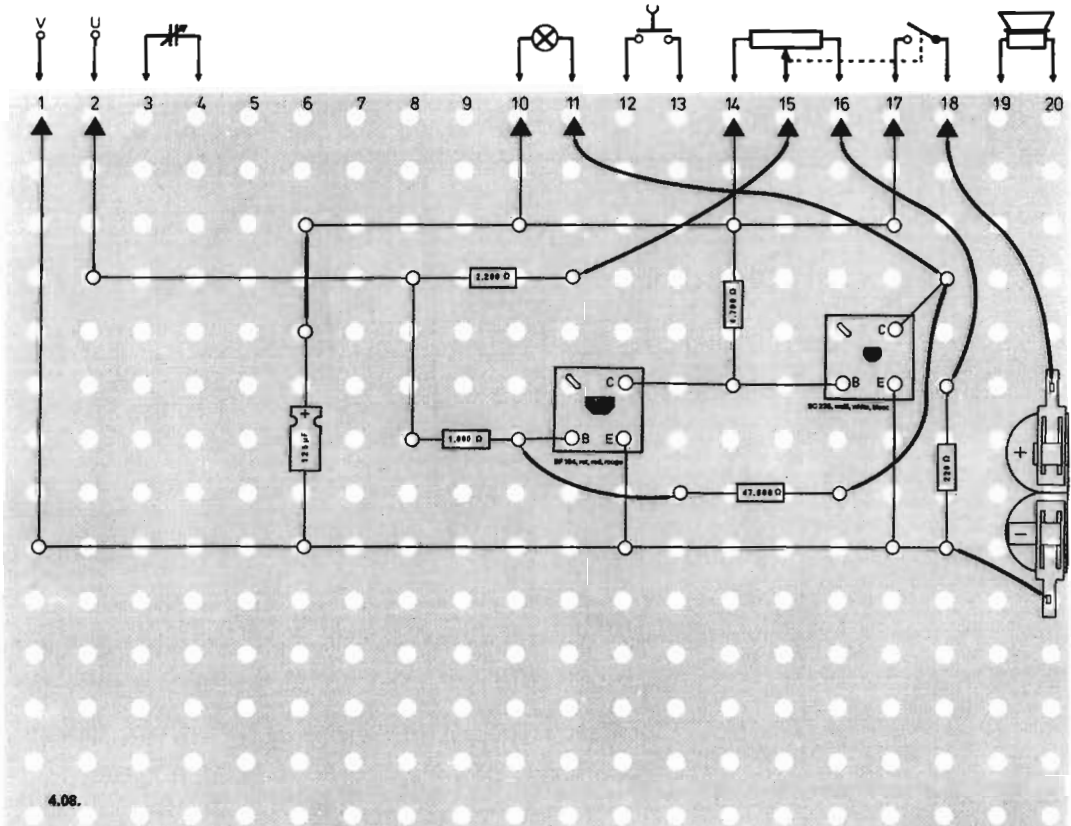
Draai de knop van de potentiometer naar rechts en dan heen en weer. In een bepaalde stand gaat de controlelamp aan of uit. Hoe lichter het is hoe verder naar rechts dat punt ligt. Let op: bij te veel licht gaat de lamp niet uit en bij te weinig licht gaat ze niet aan. Door de verschillende standen van de knop van de potentiometer te vergelijken kun je de verschillende lichtsterkten herkennen. Werkt het toestel niet, schakel het dan direct uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Deze schakeling kan worden gebruikt voor het vaststellen van verschillende belichtingssterkten. Het controle-element wordt gevormd door een lamp en als opnemer dient een lichtgevoelige weerstand (LDR).

De basisstroom wordt naar transistor T 1 geleid over een netwerk van weerstanden (R 1 tot R 4, LDR). Dit bestaat uit een spanningsdeler met twee veranderlijke elementen, namelijk R 1 en de LDR. Valt er geen licht op de LDR dan heeft hij een hoge weerstand. Als nu tevens de potentiometer zodanig is ingesteld dat er een hoge, positieve basisstroom loopt, dan geleidt T 1. Daardoor is de basis van T 2 verbonden met de minpool en de lamp brandt niet. Als de basis van T 1 door verandering van de potentiometer een negatieve spanning krijgt dan gaat de lamp aan want transistor T 1 blokkeert en transistor T 2 geleidt. Indien de weerstand van de LDR afneemt doordat er licht op valt dan verandert er aanvankelijk niets; de lamp blijft branden. Draaien we dan de knop van de potentiometer terug dan komen we vanzelf in een stand waarin de lamp uit gaat. Dit punt is afhankelijk van de hoeveelheid licht in een ruimte en daardoor een maatstaf voor de belichtingssterkte.



4.09. Gevoelige lichtsterktemeter

Ook met dit toestel kun je lichtsterkte meten, nog beter dan met toestel 4.08.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsledingen bevestigen volgens het bedradings-schema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren

Schroef de montageplaat en het schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bevestig de lichtgevoelige weerstand (LDR) aan de buitenaansluitingen U en V.

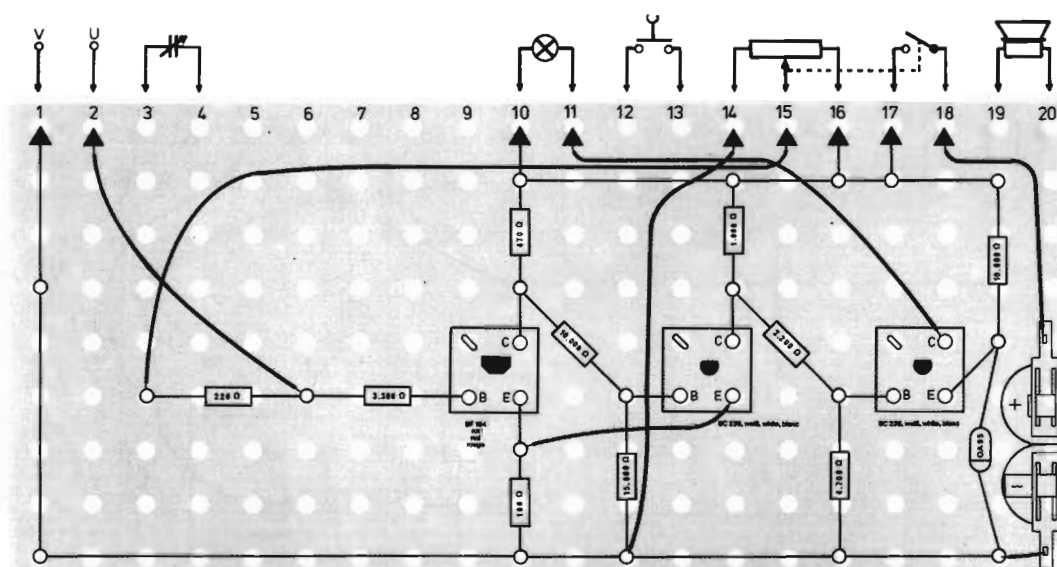
Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts en de lamp gaat direct aan. Gebeurt dat niet, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout. Draai nu langzaam de knop net zo lang naar rechts tot de lamp uit gaat. Op afb. 179 kun je zien welke lichtsterkte overeenkomt met de stand van de knop.



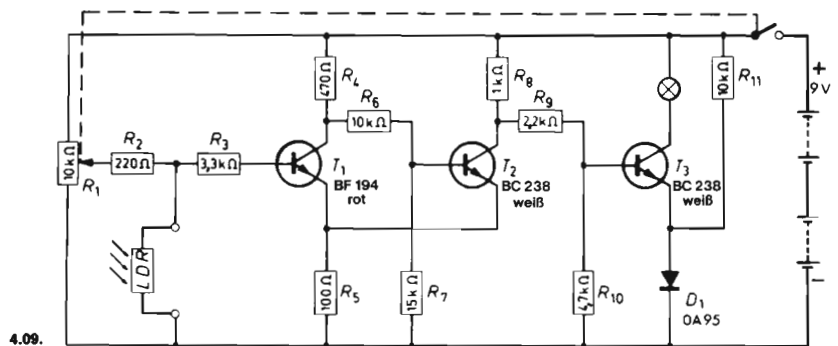
Afb. 179



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Bij dit toestel zijn de transistors T 1 en T 2 als „Schmitt-trigger” geschakeld. De basisspanning voor T 1 wordt ingesteld met potentiometer R 1 waarbij gelijktijdig de drempelwaarde voor het omschakelen van de Schmitt-trigger wordt bepaald. Bij welke stand van de potentiometer de Schmitt-trigger omschakelt is bovendien afhankelijk van de hoeveelheid licht die op de LDR valt. Het omschakelen wordt aangeduid door de lamp. Die gaat namelijk uit als de weerstand van de LDR afneemt door lichtinval. Een bijzonderheid vinden we in transistortrap T 3. Als de emitter van T 3 direct met de minpool verbonden zou zijn, zou de transistor altijd geleidend zijn. De serieschakeling van diode D 1 en weerstand R 11 wekt echter een spanning op bij de diode die afhankelijk is van de eigen weerstand van de diode en hier ongeveer 0,5 V bedraagt. Ze vormt een emitter-blokkeerspanning zodat transistor T 3 geblokkeerd blijft en de lamp niet brandt als transistor T 2 geleidt. Tegelijk met de stijgende collectorspanning stijgt over R 9 ook de basisspanning van T 3 die daardoor geleidt.

Nu is de emitter-blokkeerspanning T 3 verdwenen en de lamp gaat aan. Als er licht op de LDR valt, kunnen we aan potentiometer R 1 draaien tot dat de controlelamp aan gaat. Op de schaal van de potentiometer kunnen we dan de lichtsterkte aflezen.



4.10. Lichtmeettoestel

Dit toestel zet de belichtingssterkte om in tonen. De toonhoogte is afhankelijk van de lichtinval. Zulke metingen worden ook verricht door radiosondes, raketten en satellieten die dan de resultaten naar de aarde zenden. Het over grote afstand verzenden van metingsresultaten noemen we **telemetrie**.

De techniek wordt ook toegepast in gevallen waarbij het voor de mens niet mogelijk is om vlak bij het te meten object te komen, b.v. door grote hitte, hoge druk of gevaarlijke, radio-actieve straling.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingschema.

Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren

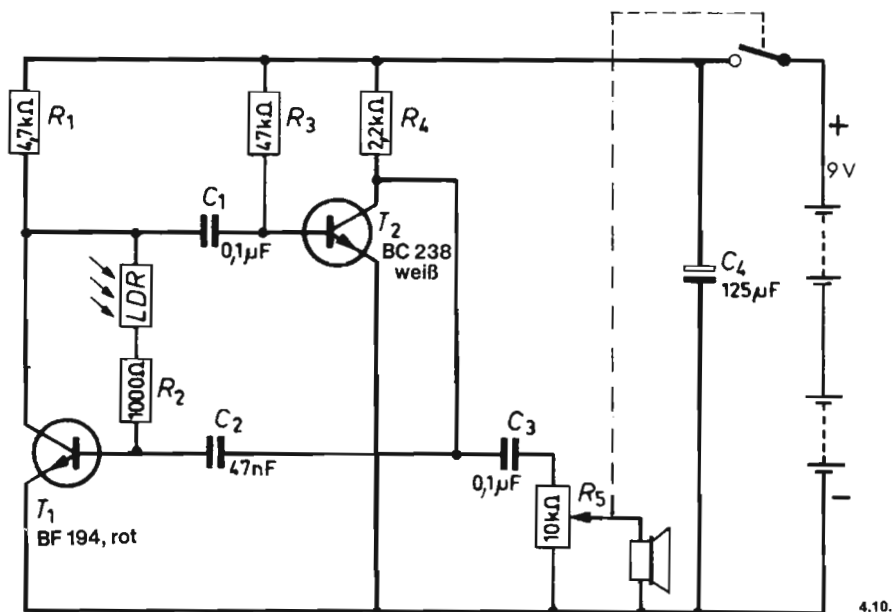
Schroef de montageplaat en het schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bij EE 2050 wordt de oortelefoon aan de aansluitingen 19 en 20 bevestigd.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

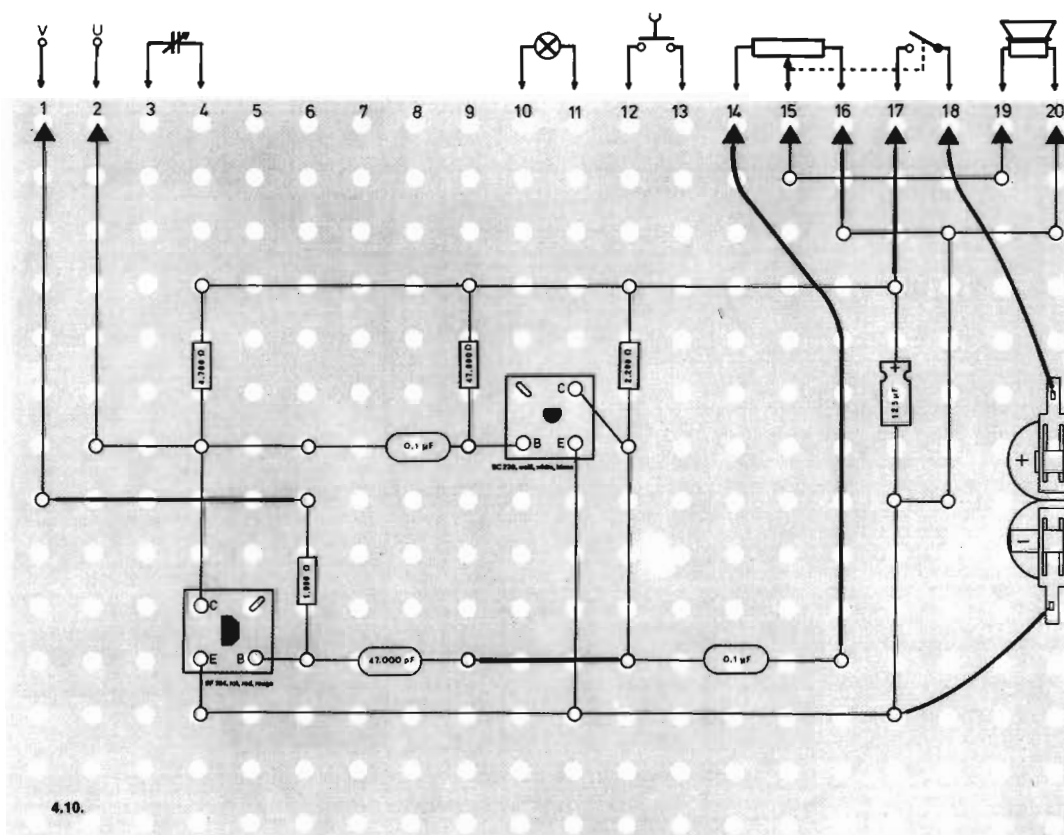
Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Hiermee wordt het geluidsvolume geregeld. Hoor je niets, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Ook bij deze schakeling wordt een multivibrator gebruikt voor het opwekken van trillingen. De opgewekte trillingen worden uitgezonden door de oortelefoon of de luidspreker die over C 3 en geluidssterkteregelaar R 5 aangesloten is aan de collector van T 2.

In de basiskring van T 1 is een lichtgevoelige weerstand ingebouwd. Over die weerstand en over weerstand R 2 loopt een basisstroom. Als er geen licht op de LDR valt – grote weerstand – vormt hij met R 2 en condensator C 2 een RC-element met een bepaalde tijdconstante. Zij geeft aan hoeveel tijd een condensator nodig heeft om over een weerstand tot een bepaalde spanning te worden opgeladen of ontladen. Vermindert de weerstand van de LDR doordat er licht op valt dan verandert die tijdconstante (het produkt van $R \times C$ wordt kleiner) en de frequentie van de multivibrator wordt hoger. De toonhoogte van de generatorfrequentie is dus regelbaar, afhankelijk van de lichtinval.



4.11. Meetbrug voor weerstand, inductie en capaciteit

Fabrikanten van weerstanden, spoelen en condensatoren moeten steeds controleren of de opgegeven waarde van een weerstand, de inductie van een spoel of de capaciteit van een condensator wel kloppen. Dit gebeurt met behulp van elektronische metingen. Dat kun jij met dit toestel ook. Als je ooit eens zo'n onderdeel in handen krijgt zonder te weten welke waarde het heeft dan kun je dat zelf vaststellen.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies.

Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradings-
schema.

Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren

Schroef de montageplaat en het schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

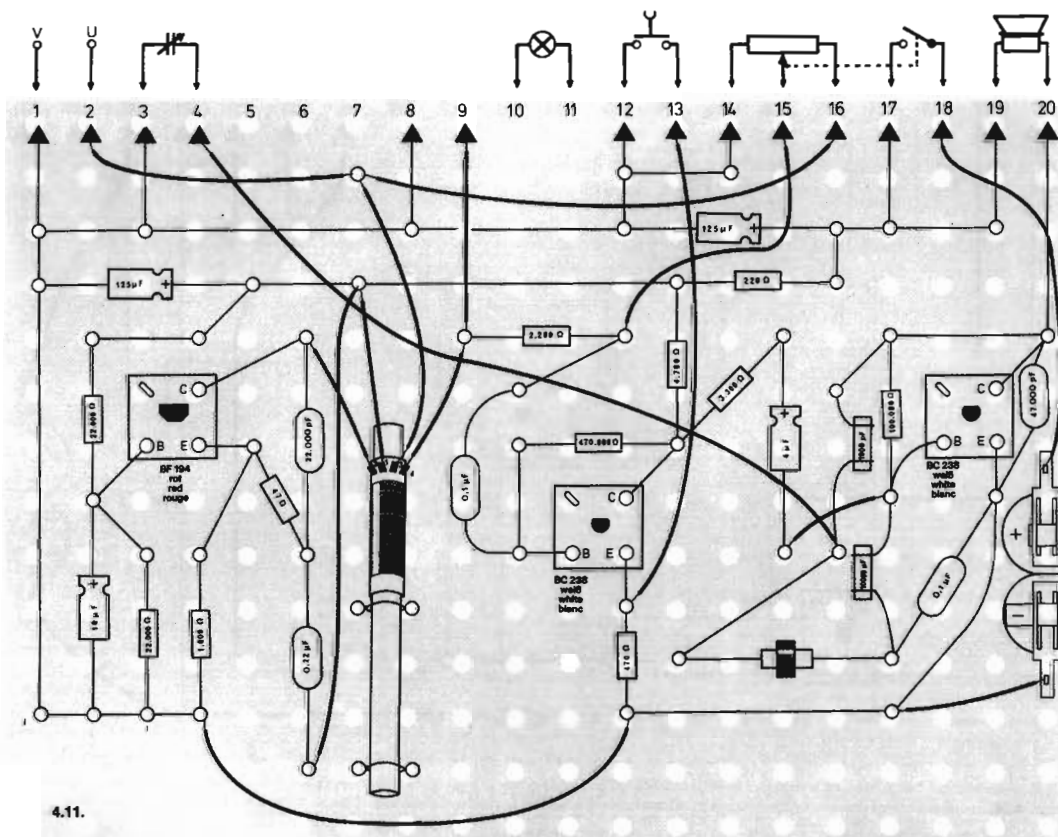
Speciale werkzaamheden: zet in de openingen Q en S aan de voorkant van het schakelpaneel twee klemmen. Verbind Q met aansluiting 8 en S met aansluiting 9. Bij deze meetbrug noemen we de buitenaansluitingen U/V altijd Z_S en Q/S altijd Z_X .

Sluit nu aan Z_S en aan Z_X een weerstand aan.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

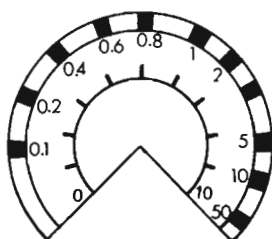
Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Terwijl je dat doet moet je een fluittoon horen. De toonhoogte kun je veranderen met de variabele condensator. Hoor je niets, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Alleen wanneer je twee gelijksoortige onderdelen meet (bijv. **weerstand** in Z_S en **weerstand** in Z_X) krijg je de juiste waarde. Bij **ongelijksoortige** onderdelen (bijv. een **condensator** in Z_S en **spoel** in Z_X) kun je de waarde niet vaststellen.

Hoe je die metingen moet verrichten zullen we je in de nu volgende hoofdstukken duidelijk maken.

Meting van weerstanden



Afb. 180

De meting omvat het vergelijken van de waarde van een bekende weerstand met de waarde van een onbekende weerstand. De schaalverdeling op afb. 180 laat zien hoeveel groter of kleiner de onbekende weerstand is. Wanneer je een bekende weerstand aangesloten hebt aan Z_S en een onbekende aan Z_X , draai je net zo lang aan de knop van de potentiometer tot je de fluittoon bijna niet meer kunt horen. Druk dan op de knop. Daardoor stijgt de gevoeligheid en je kunt de geringste geluidssterkte precies instellen. Op de schaal kun je dan de verhouding aflezen.

Een voorbeeld: aan Z_S bevestig je een weerstand van 1500 ohm en aan Z_X een onbekende weerstand. Nu draai je aan de potentiometer tot je de stand hebt gevonden waarin de fluittoon nog maar nauwelijks hoorbaar is. Druk dan op de knop en vindt als punt op de schaal het cijfer 10. De waarde van de onbekende weerstand bedraagt in dit geval dus $10 \times 1500 \text{ ohm} = 15.000 \text{ ohm}$.

Bij een ander voorbeeld blijft de pijl staan bij 0,1. Dan bedraagt de waarde van de onbekende weerstand $1/10$ van 1500 ohm = 150 ohm. Als standaardweerstand kun je het beste een weerstand van 1000 ohm nemen.

Meting van spoelen

Bij spoelen moeten we weten wat de inductie – gemeten in henry – is. Deze eenheid is echter zo groot dat we meestal alleen maar werken met gedeelten ervan, b.v.:

$$\text{mH} = \frac{1}{1000} \text{ H} \text{ of } \mu\text{H} = \frac{1}{1.000.000} \text{ H. Het eigenlijke meten gebeurt net zoals bij de weerstanden.}$$

De spoelen moet je zelf maken. Knip van een geïsoleerde draad twee stukken van precies 57 cm af. Wikkel daarmee twee spoelen met elk 10 wikkelingen en een doorsnee van 16 mm. Deze spoelen bevestig je aan de buitenaansluitingen Z_S en Z_X . Als de potentiometer op 1 staat moet je de geringste geluidssterkte bereikt hebben.

De toon is naar verhouding hoog. Je kunt dat veranderen met de variabele condensator en hij daalt bij spoelen met méér wikkelingen.

Nu kun je nog andere spoelen wikkelen en ze bij Z_X meten. Gebruik steeds een andere draadlengte en maak meer of minder wikkelingen, verander de doorsnee (om een potlood wikkelen) en de lengte. Maak een tabel. Als de schaal 2 aanwijst dan is de waarde van de onbekende spoel tweemaal zo groot, blijft de schaal staan bij 0,5 dan is hij maar half zo groot als de bekende spoel in Z_S .

Meting van condensatoren

We kunnen de capaciteit niet direct meten in farad. We moeten eerst de impedanties (Z) van twee onderdelen met elkaar vergelijken. Hoe kleiner die impedanties, hoe groter de capaciteit van de onbekende condensator in verhouding tot de bekende.

Als je dus een bekende condensator, bijv. van $10\ \mu\text{F}$, in de buitenaansluiting Z_S steekt en een onbekende in Z_X moet je, net als bij de weerstanden, de laagste geluidsterkte uit zien te vinden. Nu moet je oppassen; hier moet worden gerekend met de omgekeerde waarde.

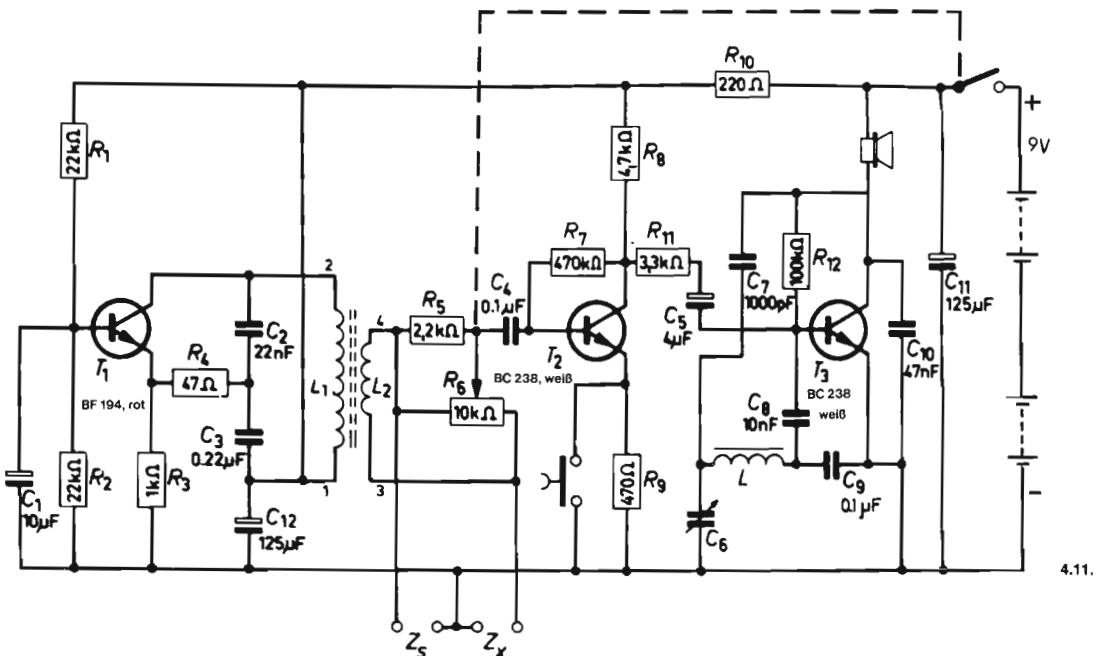
2 betekent dus $1/2$ van $10\ \mu\text{F} = 5\ \mu\text{F}$, en 5 betekent $1/5$ van $10\ \mu\text{F} = 2\ \mu\text{F}$.

Wijst de schaal 0,5 of 0,8 aan dan ga je als volgt te werk:

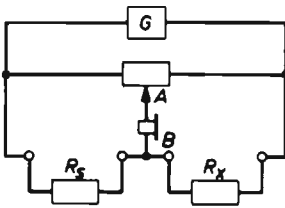
0,5 wil zeggen $10/5 \times 10\ \mu\text{F} = 20\ \mu\text{F}$; 0,8 is $10/8 \times 10\ \mu\text{F} = 12,5\ \mu\text{F}$.

Omrekeningstabel voor condensatoren behorende bij afb. 180:

0,1	=	100
0,2	=	50
0,4	=	25
0,6	=	17
0,8	=	13
1	=	1
2	=	0,5
5	=	0,2
10	=	0,1
50	=	0,02



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden



Afb. 181

Met een meetbrug kan men een onbekende weerstand, een spoel of een condensator vergelijken met een gelijksoortig onderdeel met een bekende waarde, en zo de waarde ervan vaststellen. Hiervoor gebruiken we een brugschakeling die bestaat uit twee parallel geschakelde spanningsdelers (afb. 181). De ene spanningsdeler is de potentiometer A en de andere bestaat bijv. uit twee weerstanden waarvan de waarde van één (R_S) bekend is en de waarde van de andere (R_X) moet worden vastgesteld. Aan dit net van weerstanden is een toengenerator G aangesloten. Beide verdeelpunten (sleefcontact van de potentiometer en verbindingspunt B van de weerstanden) zijn met elkaar verbonden door een toestel dat de spanning weergeeft – in dit geval een luidspreker. Als de spanningen tussen A en B verschillen kun je dat horen doordat de luidspreker een toon weergeeft. Draaien we nu aan de knop van de potentiometer dan kunnen we de spanning bij A zodanig veranderen dat ze overeenstemt met die van B. De toon valt dan weg. In deze toestand is de weerstandsverhouding van de twee spanningsdelers gelijk en op de schaal van de potentiometer kun je de verhouding van de deling aflezen. Daardoor is ook de verhouding van de twee weerstanden R_S en R_X bekend. Omdat we de waarde van R_S weten kun je gemakkelijk de waarde van R_X vaststellen.

Hetzelfde geldt voor twee condensatoren of twee spoelen, echter niet voor twee verschillende onderdelen.

De schakeling bevat een oscillator met transistor T 1 die de meetfrequentie levert voor de brugschakeling. De LC-generator werkt op een frequentie van ca 50 kHz. Parallel met de uitkoppeling L 2 liggen de potentiometer R 6 en de aansluitingen voor de impedanties die we moeten meten (Z_S en Z_X). Het spanningsverschil van de brugschakeling wordt versterkt door transistor T 2 en verder geleid naar eindtrap T 3.

Het versterkte signaal kan echter niet direct door de luidspreker worden weergegeven want de frequentie van 50 kHz kunnen we niet horen. Daarom werkt T 3 bovendien als oscillator en wekt een frequentie op die iets lager ligt dan die van de eerste oscillator. Het frequentieverschil, ontstaan door menging in T 3 kunnen we goed horen. De tweede oscillatorfrequentie kunnen we veranderen met de variabele condensator C 6 zodat daarmee ook gelijktijdig het frequentieverschil gevarieerd kan worden. De versterking van T 2 wordt groter als men op de knop drukt omdat daarvoor emitterweerstand R 9 wordt kortgesloten.

4.12. Regelbare toongenerator

Goede versterkers moeten alle tonen, van hoog tot laag, even goed weer-geven zodat het klankspectrum niet vervormd wordt. Dat wordt getest met behulp van „glijdende toonfrequenties”. Misschien heb je die wel eens ge- hoord tussen radio-uitzendingen, als pauzeteken. De technici controleren namelijk ook steeds of de zender wel goed werkt.

Technici gebruiken dit soort toestellen graag omdat ze met één knop een brede stroom verschillende toonfrequenties kunnen opwekken.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. On- derdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingssche- ma. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef de montageplaat en het schakelpaneel aan elkaar en leg verbind-ingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

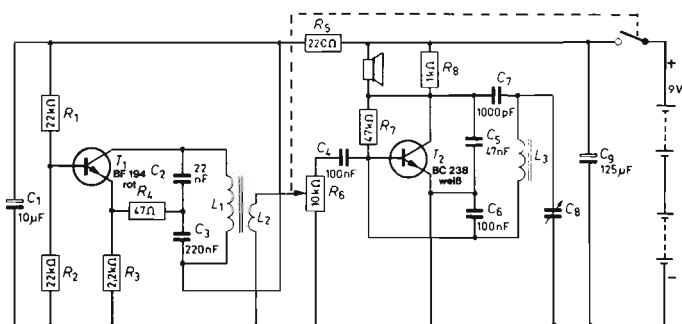
Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Hiermee kun je de ge- luidssterkte regelen. Hoe verder naar rechts, hoe meer volume. Hoor je niets, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.

Als je toestel werkt moet je het instellen. Daaronder verstaan we alle han- delingen die nodig zijn om je toestel zo goed mogelijk te laten functione- ren.

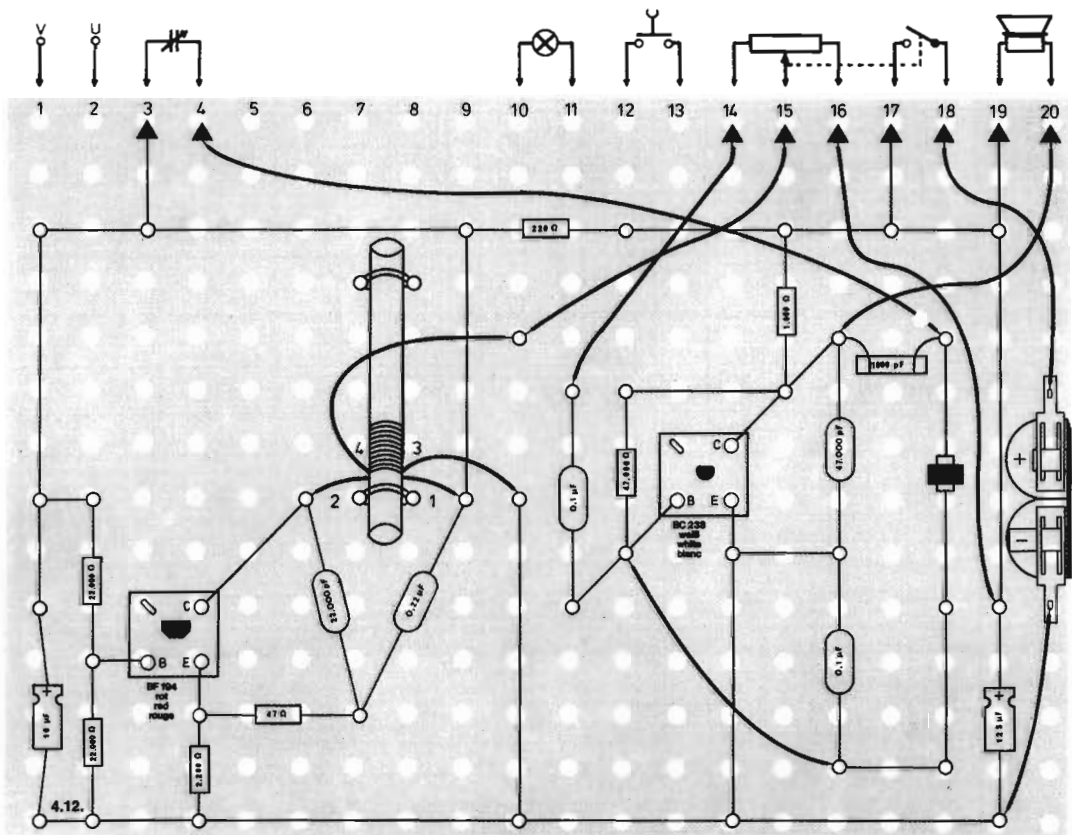
Instelling

1. Draai de variabele condensator helemaal naar links.
2. Stel de potentiometer zodanig in dat je net nog een toon hoort. (Even- tueel moet je de antennespoel op een andere plaats leggen).
3. Verschuif de antennespoel zodanig dat je een zeer lage toon hoort. Door de variabele condensator naar rechts te draaien wordt de toon hoger.
4. Let er op dat je de knop van de potentiometer niet te ver naar rechts draait omdat anders de toon plotseling afbreekt. Zorgvuldig instellen en regelmatig controleren zijn nodig om de genera- tor goed te laten werken.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De schakeling omvat twee oscillatoren met de transistors T 1 en T 2. De LC-generators werken met een frequentie van ca 50 kHz. De beide opgewekte frequenties zijn zo hoog dat we ze niet kunnen horen. Pas door het mengen ervan in T 2 ontstaat er een ander z.g. verschilsignaal dat we wel kunnen horen. Hij wordt uitgezonden door de luidspreker. Terwijl trap T 1 een vaste frequentie opwekt werkt T 2 als oscillator op een frequentie die iets onder die van de eerste oscillator ligt. Het door menging ontstane frequentieverschil kunnen we dan door de luidspreker horen. De oscillatorfrequentie van de tweede oscillator is regelbaar met behulp van variabele condensator C 8 zodat daarmee ook het frequentieverschil veranderd kan worden.



4.13. Vloeistofpeilindicator

Bij de schakelingen 4.03 en 4.04 heb je al enige richtlijnen gehad omtrent de gebruiksmogelijkheden van dit toestel. Hier is de schakeling zo vereenvoudigd dat het principe makkelijk te herkennen is.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

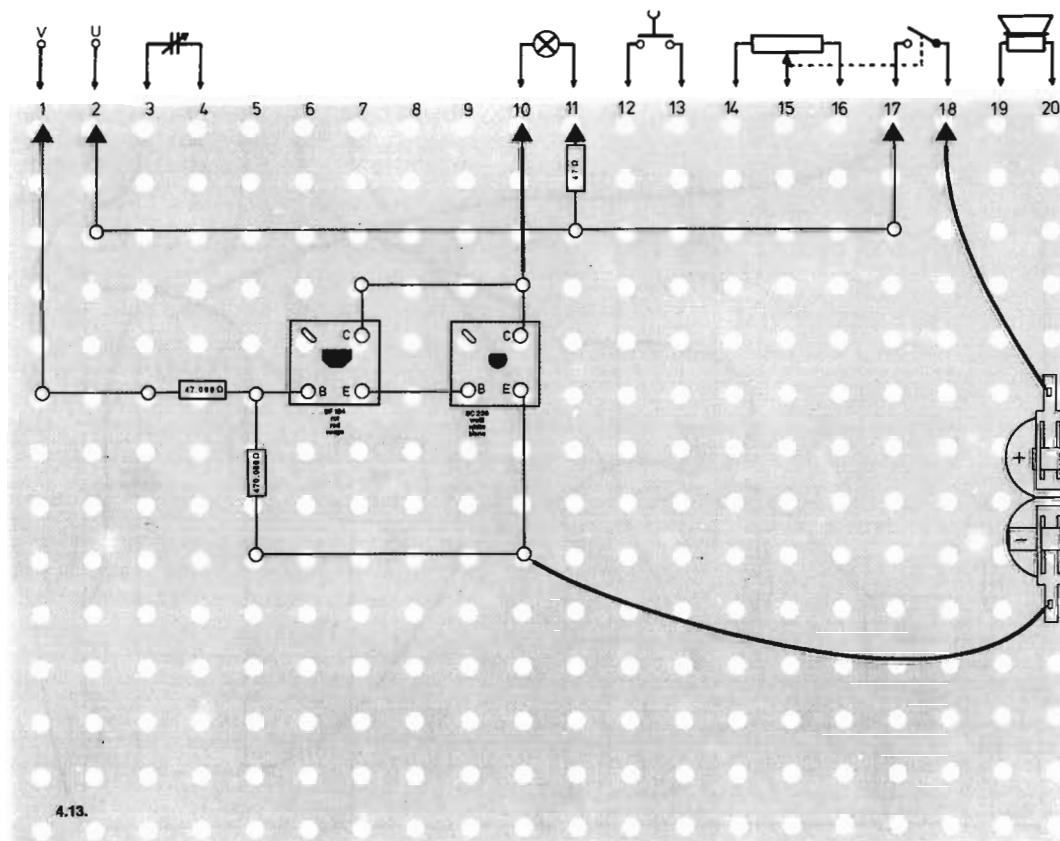
Schroef de montageplaat en het schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: bevestig aan de buitenaansluitingen twee lange, geïsoleerde draden. Verwijder de isolatie van de uiteinden want ze moeten dienst doen als meetvoeler.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Je kunt het toestel testen door de twee draden met de uiteinden tegen elkaar te houden. De lamp moet dan gaan branden. Is dat niet het geval, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.

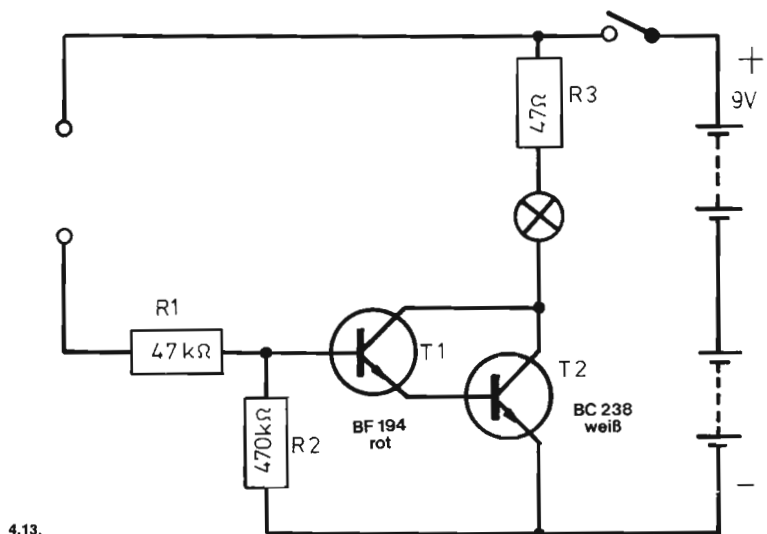


Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Het principe van dit toestel berust op een gekoppelde gelijkspanningsversterker waarvan de ingang via de meetvoelers bij het onderdompelen in een geleidende vloeistof over R 1 een positieve stroom krijgt toegevoerd. De basisstroom in transistor T 1 veroorzaakt een grote emitterstroom die tegelijkertijd de basisstroom van T 2 is.

Omdat elke transistor een stroomversterkingsfactor van circa 100 heeft is een kleine ingangsstroom al voldoende om de lamp in de uitgangskring van T 2 te laten branden.

De versterking van de stroom door deze versterker is circa $100 \times 100 = 10000 \times$; dat wil zeggen: om de lamp (6 V, 50 mA) helder te laten branden hebben we genoeg aan een ingangsstroom van $\frac{50}{10000} = 0,005 \text{ mA}$, dus $5 \mu\text{A}$.



4.14 Lichtgevoelige schakeling I

Voor veel gebieden van de elektronica worden lichtgevoelige schakelaars gebruikt die een waarschuwingssignaal geven wanneer in een bepaalde ruimte licht aan gaat of wanneer er licht binnendringt in een donkere kamer.

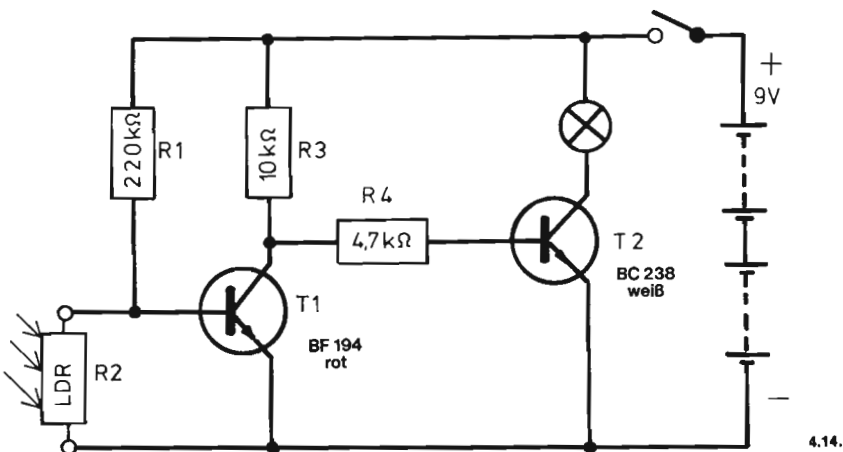
Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

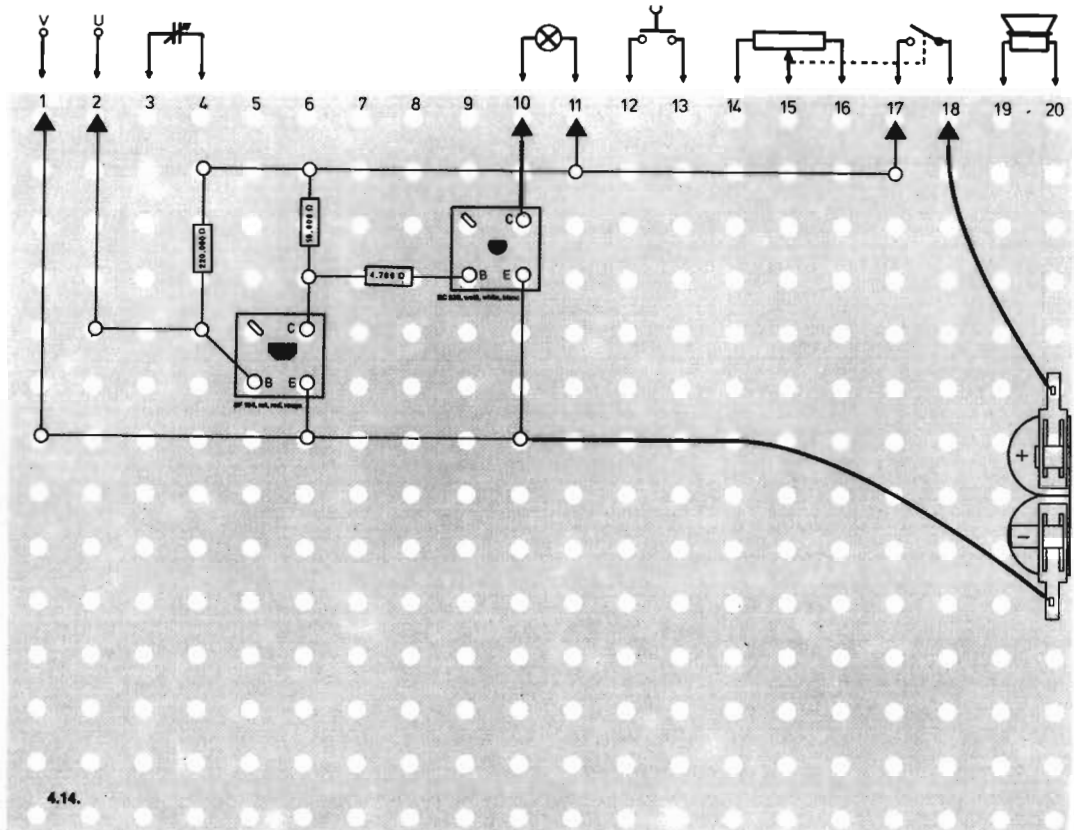
Speciale werkzaamheden: bevestig de LDR aan de buitenaansluitingen U en V. Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.** Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Valt er licht op de LDR dan moet de lamp gaan branden. Gebeurt dat niet, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Deze schakeling geeft een waarschuwingssignaal als er licht op de LDR valt. Dan neemt de weerstand af en er kan geen positieve basisstroom meer naar transistor T 1 vloeien. Hij is dus geblokkeerd. Over weerstanden R 3 en R 4 vloeit om die reden een positieve basisstroom naar transistor T 2. Hij geleidt en de waarschuwingslamp gaat aan. De weerstand van de nietbelichte LDR is zo hoog dat er over R 1 een stroom naar transistor T 1 loopt. Die geleidt nu. Daardoor kan over weerstand R 4 geen basisstroom naar transistor T 2 vloeien. T 2 is dus geblokkeerd en de lamp gaat uit.



4.15. Lichtgevoelige schakeling II

Deze schakeling wordt gebruikt om er b.v. voor te waken dat het licht in een bepaalde ruimte blijft branden. Gaat het onverhoopt uit dan geeft het toestel een waarschuwing.

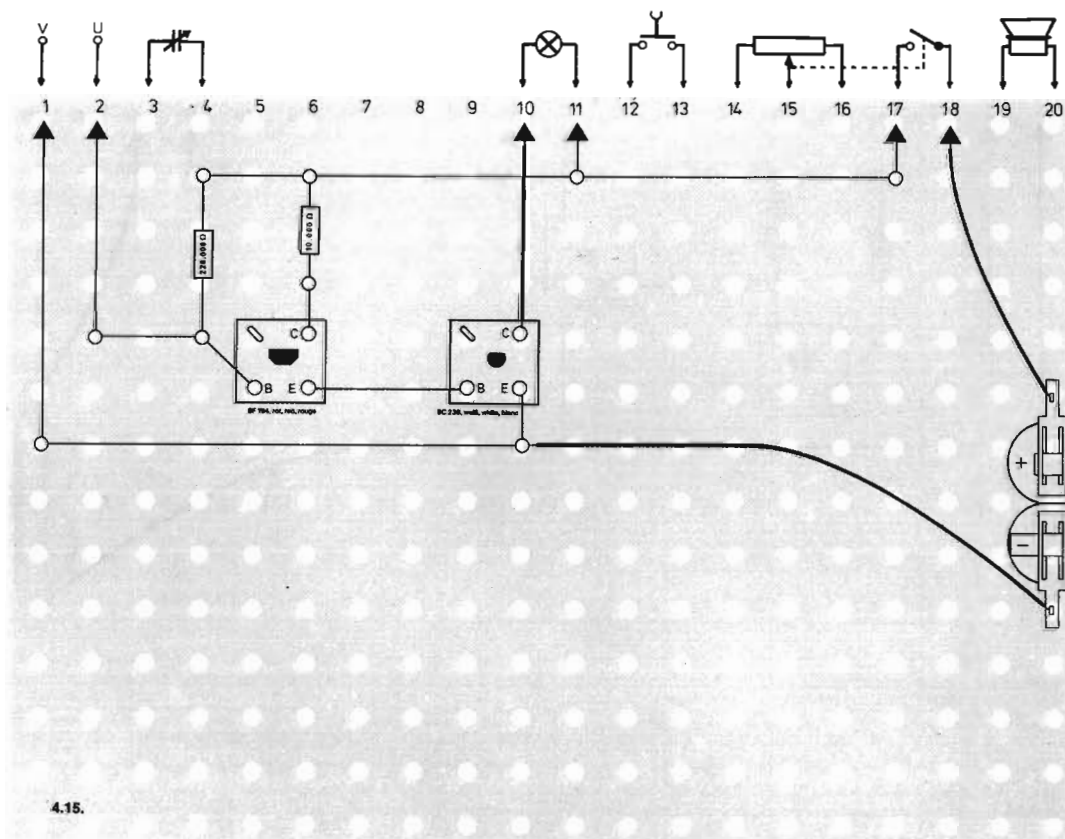
Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren. Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindings naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: sluit de LDR aan aan de buitenaansluitingen U en V. Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

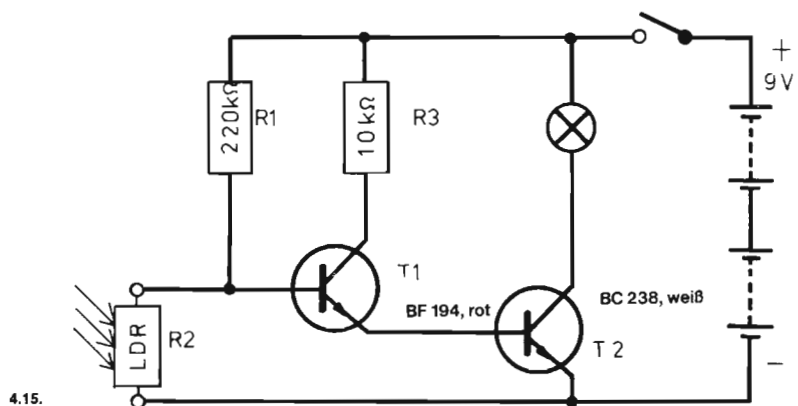
Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Als je de LDR afdekt moet het licht aan gaan. Gaat de lamp niet aan, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden.

Als er geen licht op de LDR valt heeft die een zeer grote weerstand. Over R 1 kan er dan een basisstroom naar transistor T 1 lopen; hij is geleidend. Daar de emitter van T 1 verbonden is met de basis van transistor T 2 moet de emitterstroom over de basis van T 2 vloeien. T 2 is geleidend en de lamp gaat aan. Als de weerstand van de LDR afneemt – dus wanneer er licht op valt – kan er geen basisstroom door T 1 vloeien en beide transistors zijn geblokkeerd. In deze schakeling wordt de emitterstroom begrensd door de zeer grote collectorweerstand van $10\text{ k}\Omega$, zodat de basisstroom voor T 2 niet te groot wordt. Transistor T 2 zou anders onklaar raken.



4.16. Controle-installatie voor transistors

Als een toestel niet goed werkt hoewel je na controle hebt vastgesteld dat het goed in elkaar is gezet moet je met dit toestel de transistors controleren. Voor NPN- en PNP-transistors zijn speciale schakelingen nodig.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van de transistors. Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

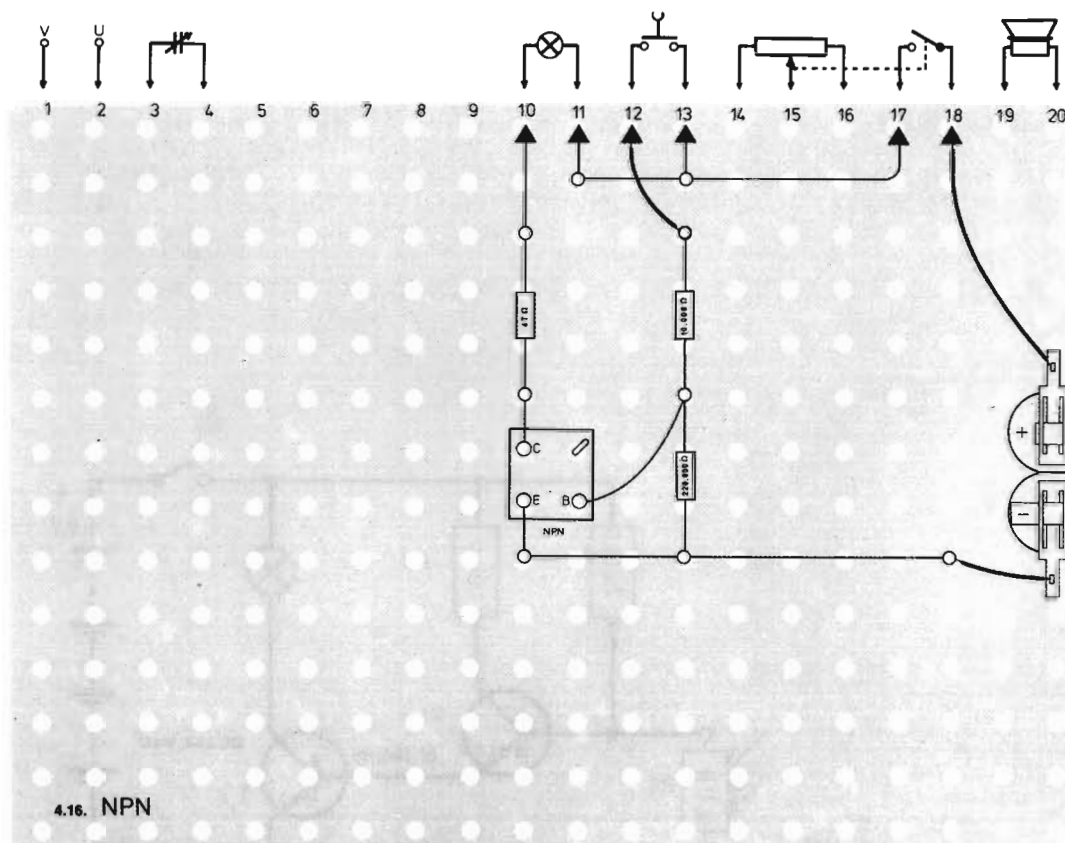
Speciale werkzaamheden: geen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Controletest voor NPN-transistors (BC 238/BF 194)

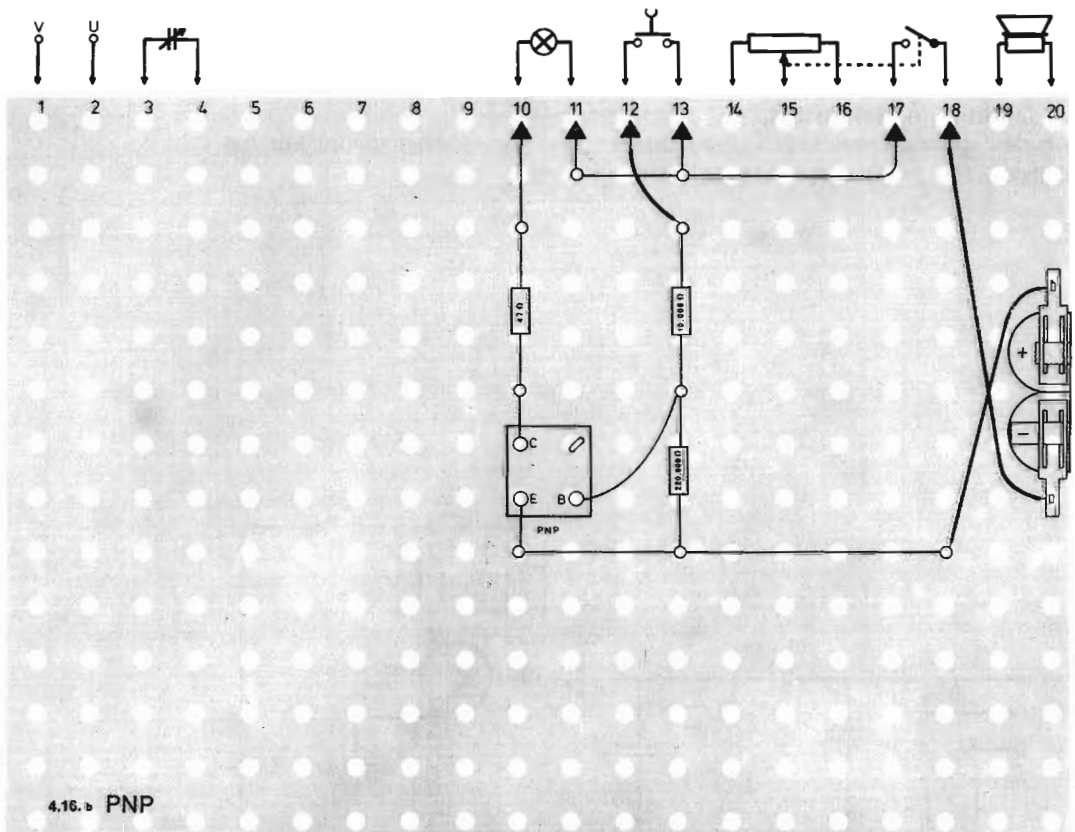
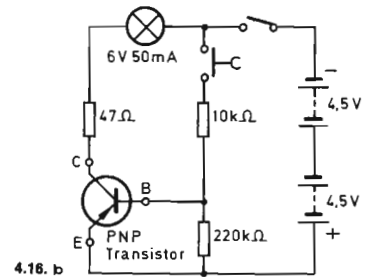
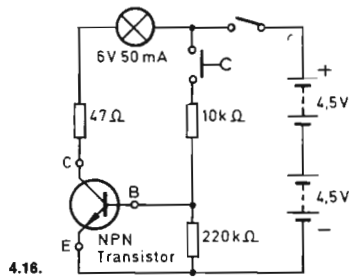
De lamp mag alleen branden als je de drukschakelaar bedient. Bij deze schakeling krijgt de transistor over de weerstand van $10\text{ k}\Omega$ een positieve basisvoorspanning. Deze basisstroom opent de collector-emitterleiding, zodat er een collectorstroom gaat lopen; de lamp gaat aan. Als ze al brandt vóór je op de knop hebt gedrukt is de transistor kapot. Dat is ook het geval als ze helemaal niet brandt.



Controletoestel voor PNP-transistors (BC 158/BC 328)

Voor het controleren van PNP-transistors moet je het bedradingsschema van 4.16 gebruiken. Je moet alleen de poling van de batterijen veranderen zoals aangegeven op afb. 4.16 b.

Bij deze schakeling mag de lamp alleen branden als de basis na het bedienen van de schakelaar een negatieve basisvoorspanning krijgt. Deze basisstroom opent de collector-emitterleiding en schept daar de mogelijkheid om stroom te laten vloeien. Als de lamp helemaal niet brandt is de transistor stuk. Dat is ook het geval als ze blijft branden.



5.01. Diode

Dit toestel is de eenvoudigste schakeling voor radio-ontvangst, een diode-ontvanger.

Omdat dit zo'n eenvoudige schakeling is kun je er alleen maar „sterke” stations op de middengolf mee ontvangen.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema.

Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van de transistors, de diode en de elektrolytische condensatoren.

Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

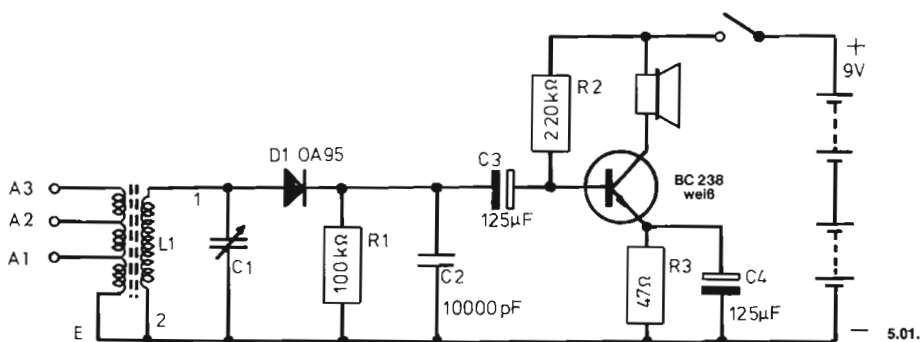
Speciale werkzaamheden: voor dit toestel moet je zelf een antennespoel maken. Leg naast de middengolf-antennespoel (waarvan je alleen de aansluitingen rood 1 en geel 2 nodig hebt) een stuk stevig papier rond de ferroxcube staaf en maak daarop vijf windingen met geïsoleerde draad.

Nu moet je eerst een klein stukje isolatie verwijderen, daarna breng je weer vijf windingen aan, verwijder weer de isolatie en leg nog eens vijf windingen op de staaf. Nu heb je een spoel met 15 windingen met de aansluitingen E voor de aarde en A 3 (de einden van de spoel) en de aftakkingen A 1 en A 2 (stukken waarvan de isolatie is verwijderd). Probeer met de antenne bij welke aansluiting – A 1, A 2, of A 3 – je de beste ontvangst hebt. Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

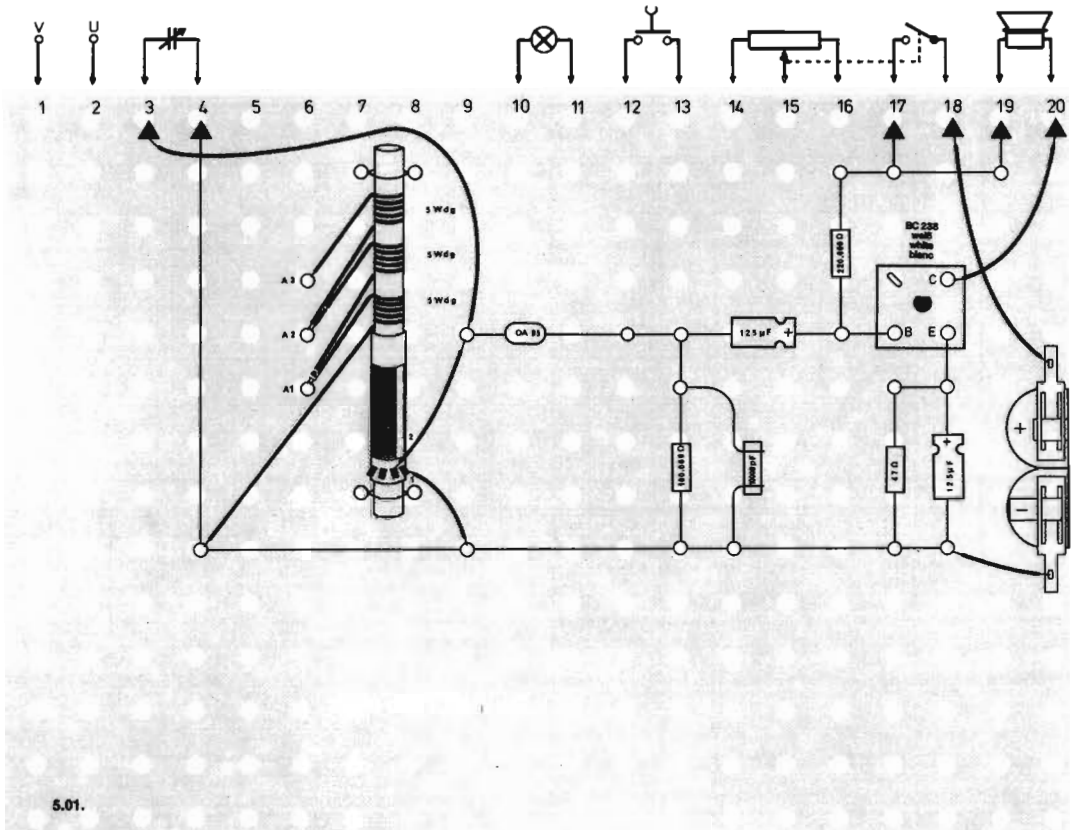
Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Stel met de variabele condensator de grootste geluidssterkte in. Hoor je niets, schakel dan direct het apparaat uit en zoek de fout.

Als de constructie van het toestel in orde is en je hoort toch niets dan kan het zijn dat je te ver van een middengolfzender woont.



Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

De hoogfrequent energie die door de zender wordt geproduceerd, wordt opgenomen door de antenne en belandt over antennespoel L 3 door transformatie op spoel L 1. Deze vormt met de variabele condensator C 1 een kring die kan worden afgestemd op middengolfzenders van voldoende vermogen. De over de kring aanwezige gemoduleerde hoge frequentie wordt door de diode gelijkgericht waarbij bij belastingsweerstand R 1 een laag frequentiesignaal ontstaat. Condensator C 2 zeeft de resten van het hoogfrequent signaal uit het laagfrequent signaal. Om de geringe, laagfrequent-spanning hoorbaar te maken wordt deze over condensator C 3 naar de versterker geleid die gevormd wordt door transistor T 1. Condensator C 3 zorgt dat de positieve spanning over R 1 niet bij de basis van de transistor komt, omdat anders het werkpunt van deze trap zou veranderen alnaargelang de energie van de zender. Weerstand R 2 bepaalt het werkpunt van de transistor, R 3 dient om het werkpunt te stabiliseren. Bij R 3 ligt een wisselspanning die tegengesteld werkt aan de stuurspanning. Dat is de reden dat condensator C 4 in de schakeling moet zijn opgenomen. Hij heeft de opdracht de wisselspanning over R 3 kort te sluiten. Omdat ook de lage frequenties de ingangsspanning niet mogen tegenwerken moet hij zeer groot zijn. De luidspreker ligt in de collectorkring.



5.02. Drie transistor middengolf-ontvanger

Met deze schakeling kun je stations ontvangen die uitzenden op de middengolf. Dit toestel moet je niet als eerste bouwen.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbinding sleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van de transistors, de diode en de elektrolytische condensatoren.

Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: maak om de antennestaaf nog 5 extra windingen met een geïsoleerde draad en bevestig deze aan de aansluitingen 1 en 2. Bevestig aan buitenaansluiting V de aardleiding en aan U de antenne.

Batterijen aansluiten. **Let op de juiste aansluiting.**

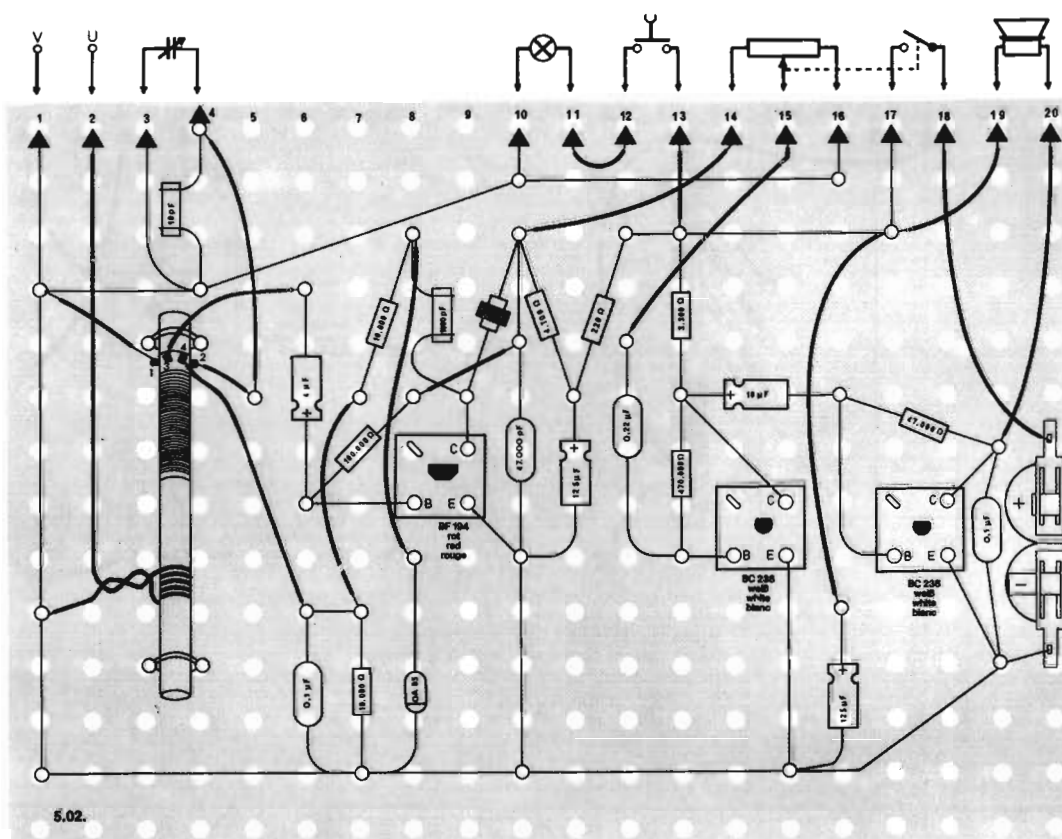
Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. In de meest rechtse stand heb je het grootste geluidsvolume.

Op afb. 182 kun je zien hoe de frequenties zijn verdeeld. Hoor je niets, schakel dan direct het toestel uit en zoek de fout.



Afb. 182



Buitenantenne en aarde

De antenne bij de zender zendt radiogolven uit die door de antenne in jouw radiotoestel weer worden opgevangen. Een buitenantenne bestaat uit een enkele geïsoleerde of ongeïsoleerde draad die tussen twee hooggelegen punten wordt gespannen, en een verbinding naar je radio. Een goede buitenantenne ontvangt meer dan een ingebouwde staafantenne. Het is echter niet zo eenvoudig om een buitenantenne aan te leggen. Het eenvoudigste is om een draad aan te brengen vanuit je kamer naar een boom of een paal in de buurt. Ga echter niet aan het boren zonder uitdrukkelijke toestemming van je ouders. Soms is het al genoeg om een lange draad door je kamer te spannen.

Bij het bouwen moet je op twee dingen letten: de antenne mag niet direct in aanraking komen met de muur of een boom maar moet geïsoleerd worden. Er zijn voor dat doel speciale isolatoren in de handel. Bovendien moet je iedere verbinding van de antenne solderen. Het beste is om één lang stuk draad te gebruiken waaraan niets is gesoldeerd.

Als je een buitenantenne gebruikt moet je ook een aardleiding hebben. Met „aarde” bedoelen we natuurlijk niet de aarde in een bloempot. De waterleiding kan heel goed dienst doen als aarde omdat ze zich uitstrekt over grote afstand en helemaal ondergronds ligt. Je kunt dus volstaan met de aardleiding aan te sluiten aan de buis van de waterleiding, mits die van metaal is en bovendien moet je eventuele roest of verf wegkrabben van de plaats waar je je leiding wilt aansluiten.

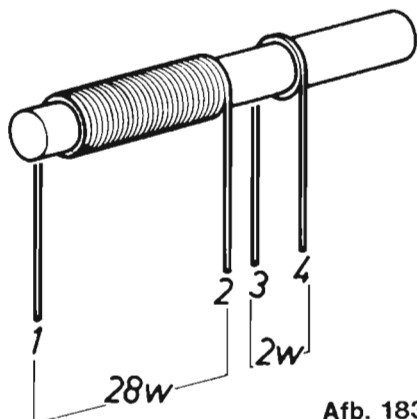
Als het huis is aangesloten op een centraal antennesysteem dan kun je die natuurlijk ook gebruiken. Op het verdelerkastje aan de radio vind je twee aansluitingen met het teken Υ voor antenne en $\frac{1}{3}$ voor aarde.

Schaalverlichting

Als je 's avonds naar je radio wilt luisteren kun je de schaal verlichten. Verwijder dan de lamp uit opening B en zet haar in opening K.

Kortegolfontvanger

Met het voorgaande toestel ontvang je radiozenders die uitzenden op de middengolf, d.w.z. met frequenties tussen 510 en 1605 kHz. Er liggen echter ook interessante zenders in het gebied tussen 1700 en 5100 kHz. Om die te kunnen ontvangen heb je nog een spoel nodig. Haal de middengolf-antennespoel van de ferroxcubestaaf en maak met een geïsoleerde draad 28 windingen strak om de staaf. Naast deze KG-spoel maak je nog twee windingen. De nummers van de aansluitingen op afb. 183 komen overeen met die van de MG-spoel op bedradingsschema 5.02. Bevestig de draden van de nieuwe spoel aan dezelfde aansluitingen als waar die van de MG-spoel waren aangesloten. Als je een fluittoon hoort, moet je de draden 3 en 4 verwisselen. Als je niet vlak bij de kust woont, heb je in ieder geval een buitenantenne nodig. Als alles klaar is moet je met de schaalknop langzaam en heel voorzichtig een zender opzoeken. Met een goede antenne kun je op dit toestel verschillende stations ontvangen.



Afb. 183

Je radio als wekker

Wat zou je zeggen van een wekker die alleen afloopt bij mooi weer en die bij slecht weer geen toon geeft? Zoiets dergelijks kun je zelf bouwen. Verwijder de draad die van de basis van de middelste transistor naar de klem loopt waaraan de polyester-condensator van $0,22 \mu\text{F}$ en de weerstand van 470.000 ohm zijn aangesloten. Inplaats daarvan bouw je de lichtgevoelige weerstand (LDR) in. Als je het goed hebt gedaan speelt de ontvanger net zoals eerst. Doe nu het licht in je kamer uit. Het volume neemt af of je hoort helemaal niets meer. Dat komt omdat de weerstand van de LDR zonder licht zo groot is dat er geen stroom meer naar de basis van de transistor kan vloeien. Op die manier kun je je radio als wekker gebruiken. Als 's morgens de zon opkomt begint je radio te spelen; is de hemel betrokken dan wordt het toestel niet ingeschakeld en kun je verder slapen.

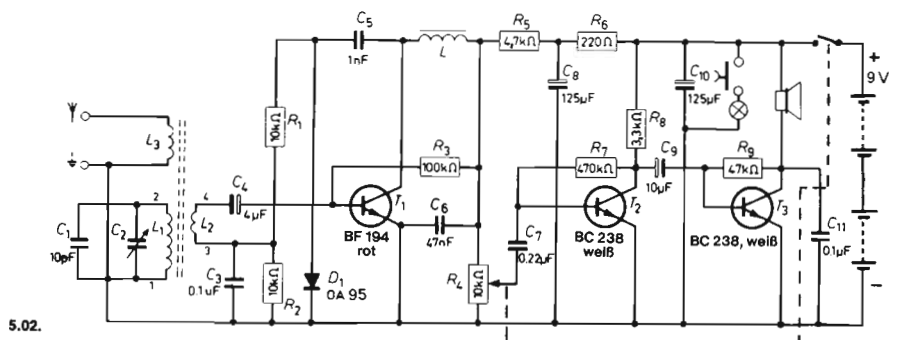
Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Bij deze schakeling wordt transistor T1 op twee manieren gebruikt (Reflexschakeling), en wel omdat hij zowel hoog- als laagfrequent signalen versterkt. Natuurlijk moeten die frequenties wel ver genoeg van elkaar afliggen om tot een afdoende scheiding van de twee signalen te kunnen komen en een neiging tot oscilleren te voorkomen. In dit geval gebruiken we een hoge frequentie van 500 kHz en hoger alsook een lage frequentie van minder dan 15 kHz, die afstand is voldoende. Het door de zender geproduceerde hf-signaal wordt naar de basis van de reflex-versterker T1 gevoerd. Hiertoe dienen de spoel L2 die is gekoppeld aan de kring L1/C1/C2 en over C3 is geaard, en de condensator C4. De smoorspoel L in de collectorkring van T1 vormt een weerstand voor de hoge frequentie zodat daar het versterkte signaal van de zender wordt opgenomen en over C5 naar de diodegelijkrichter D1 kan worden gevoerd. Als gelijkricht-belastingsweerstand dienen de weerstanden R1 en R2, die gelijktijdig met C3 een zeef vormen om resten hoogfrequent signaal uit te filteren. Dientengevolge staat er bij weerstand R2 nog een laagfrequent wisselspanning die over L2 en C4 de basis van T1 bereikt. C4 verhindert bovendien dat de basis van T1 wordt beïnvloed door een negatieve gelijkspanning die ontstaat bij het gelijkrichten van het signaal van de zender in diode D1.

Ook het laagfrequent signaal wordt nu in transistor T1 versterkt en verschijnt in de collectorkring. Smoorspoel L vormt voor laagfrequent wisselspanningen echter geen hindernis en laat ze ongehinderd door naar geluidsvolumeregelaar R4. Anderzijds vormt condensator C5 op grond van zijn elektrische waarde een hoge capaciteits weerstand voor de laagfrequent trillingen en houdt ze weg van de basis van transistor T1. Restanten worden ook nog over C3 afgevoerd naar de minpool.

De koppelspoel L3 bestaat uit vijf windingen rond een antennestaaf en hij kan worden gebruikt voor het aansluiten van een buitenantenne. Als je ook nog een aardleiding hebt aangesloten kun je nog verder verwijderde zenders ontvangen. Door de geringe gevoeligheid is het echter niet mogelijk zuiver af te stemmen op zwakke zenders, die naast een zeer sterke zender liggen.

De tweetraps lf-versterker met de transistors T2 en T3 verschilt niet wezenlijk van de reeds besproken laagfrequent-versterkers. De voedingspanning van de voortrap wordt gefilterd door het zeefelement R6/C8.



5.03. Kortegolfontvanger

Vrijwel het gehele zendverkeer over grote afstand wordt afgewikkeld in het kortegolfgebied. Deze ontvanger voor dit gebied is van het superregeneratieve type. (superreg.)

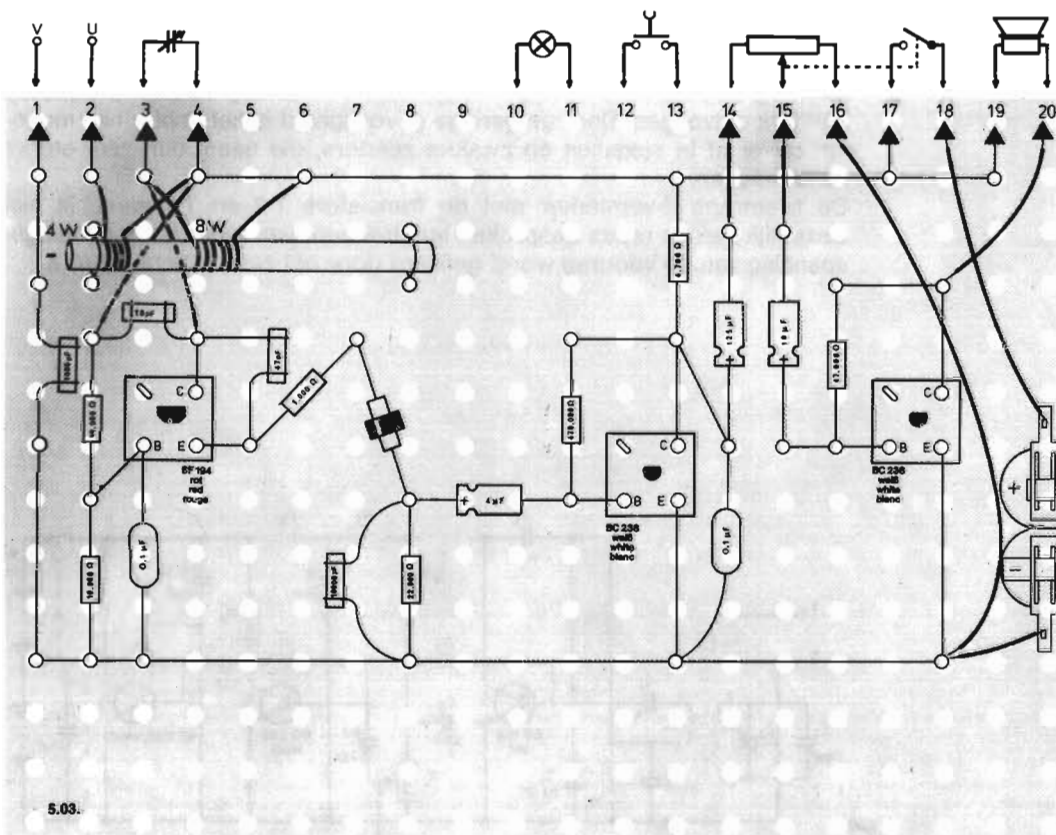
Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Onderdelen en verbindingsleidingen bevestigen volgens het bedradingsschema. Voor weerstanden en condensatoren codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren.

Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.

Speciale werkzaamheden: de spoelen voor deze KG-ontvanger moet je zelf wikkelen. Wikkel om een ferroxcubestaaf resp. vier- en achttmaal een stuk rode, geïsoleerde draad en sluit de uiteinden aan op de betreffende klemmen. Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Draai de knop van de potentiometer naar rechts. Hiermee kun je het geluidsvolume regelen. In de meest rechtse stand is dat het grootst. Hoor je niets, schakel dan het toestel uit en zoek de fout.

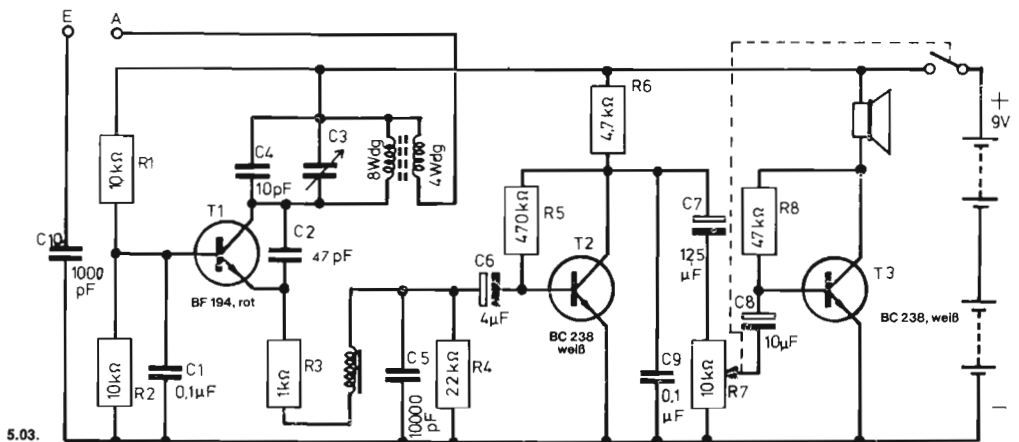


Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Als we een versterktrap aan het oscilleren brengen en die trillingen steeds weer onderbreken spreken we van een **superreg.** Deze schakeling heeft een grote versterkingsfactor en is daarom heel geschikt als gevoelige ontvangerschakeling.

Op het schakelschema zie je een kortegolfontvanger die met de aangegeven waarden werkt in een gebied van 5 MHz tot 10 MHz. Het superreg gedeelte wordt gevormd door transistor T 1 waarbij de ontvangstspoel in de collectorkring ligt en de terugkoppeling geschiedt over condensator C 2. Weerstand R 4 en condensator C 5 bepalen de onderbreekfrequentie. Bovendien kan bij R 4 de toonfrequentiespanning van de zender waarop is afgestemd worden afgenomen. Over condensator C 6 belandt het signaal bij de eerste laagfrequent-versterktrap T 2.

Met behulp van de volumeregelaar R 7 kan de geluidssterkte van de eindversterker T 3 worden veranderd.



5.04. Ultrakortegolfontvanger (F.M radio en TV geluid)

Met dit toestel kun je onder andere radiozenders ontvangen die uitzenden op de ultrakorte golf. Dit golfgebied is nog onderverdeeld en wel in 1. VHF = very high frequency = zeer hoge frequentie en 2. UHF = ultra high frequency = ultrahoge frequentie.

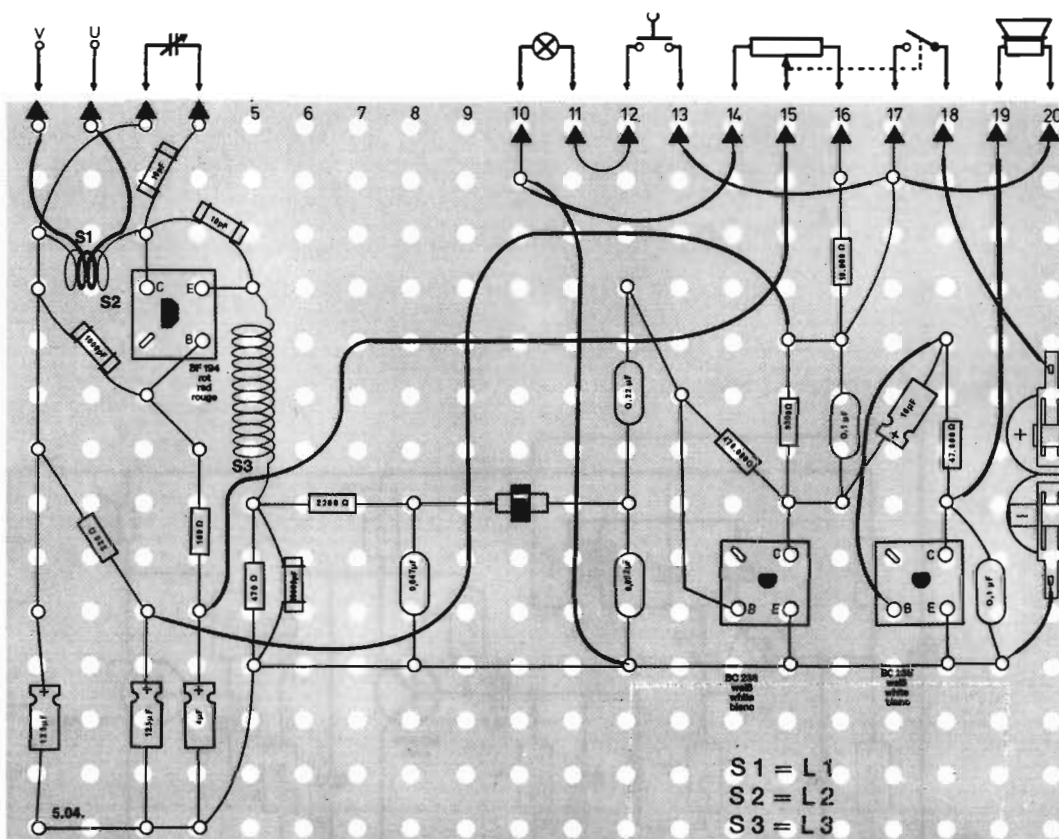
Bij de bouw van dit toestel moet je **zeer omzichtig te werk gaan** en ook het afstemmen moet heel precies gebeuren, anders ontvang je niets. In geen geval moet je dit toestel als eerste bouwen.

Bouw van het toestel voorbereiden volgens de algemene instructies. Voor het inzetten van de klemmen moet je eerst alle tonveren wat uit elkaar trekken zodat je er zeker van kunt zijn dat bij monteren van de onderdelen en verbindingsleidingen werkelijk goed contact wordt gemaakt. Bevestig de onderdelen en de verbindingsleidingen volgens het bedradingsschema.

De draadverbinding van de ene condensator van 125 μF naar aansluiting 3 van het schakelpaneel moet in elk geval bestaan uit één stuk draad om storingen bij de ontvangst tegen te gaan. Ook de minleiding naar de drie elektrolytische condensatoren moet uit één stuk bestaan.

Voor weerstanden en condensatoren de codetabel raadplegen.

Belangrijk: let op de juiste aansluiting van transistors en elektrolytische condensatoren. Schroef montageplaat en schakelpaneel aan elkaar en leg verbindingen naar de betreffende aansluitingen.



Speciale werkzaamheden:

Voor dit toestel moet je de spoelen L_1 , L_2 en L_3 zelf wikkelen. Ga vooral heel nauwkeurig te werk want anders zou het kunnen gebeuren dat je helemaal niets ontvangt. Gebruik voor het wikkelen de ferroxcubestaaf als gereedschap, zodat de wikkelingen gelijkvormig zijn. Als de spoel de juiste vorm heeft, trek je de staaf er uit.

Spoel L_1 : maak van geïsoleerde draad twee windingen rond de ferroxcubestaaf met een afstand van ca. 0,5 cm. De aansluitdraden moeten zo worden bemeten dat ze net tot de aansluitingen 1 en 2 van het schakelpaneel reiken. De spoel wordt bevestigd aan de twee klemmen die tegenover de aansluitingen 1 en 2 van het schakelpaneel liggen.

Spoel L_2 : Deze spoel wordt gemaakt van 4 windingen blanke draad; de spoel wordt zover uitgetrokken dat de windingen ca. 1 cm. van elkaar liggen. Spoel L_2 wordt in spoel L_1 geschoven. Ook bij L_2 moet je er op letten dat de aansluitdraden zo kort mogelijk zijn.

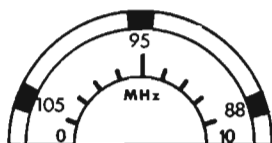
Spoel L_3 : maak 28 windingen met behulp van de ferroxcubestaaf. De leidingen naar de klemmen moeten ook kort zijn.

Aan de buitenaansluitingen U en V sluiten we een antenne aan. Hoe je die zelf kunt maken zullen we je nog vertellen.

Batterijen aansluiten. **Let op de aansluiting.**

Laatste controle en inschakelen van het toestel.

Draai de knop van de potentiometer zo ver naar rechts dat het toestel nog net hoorbaar ruist. Als je te ver doordraait houdt het geruis op zodat er geen ontvangst meer mogelijk is. Zoek dan met behulp van de grote schaalknop een zender. Hoor je niets, schakel dan onmiddellijk het toestel uit en zoek de fout.



Afb. 184

Antenne

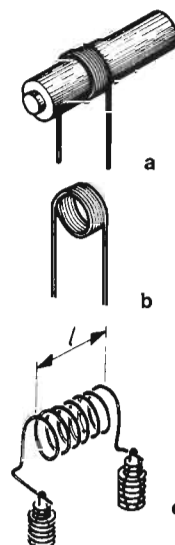
Voor het ontvangen van VHF- en UHF-zenders worden antennes gebruikt die zijn afgestemd op ontvangstfrequenties. Deze antennes – we noemen ze dipoolantennes – zijn richtinggevoelig, d.w.z. de brede kant moet in de richting van de zender wijzen. Een dipoolantenne bestaat uit twee staven van gelijke lengte. Tussen die twee staven bevindt zich de leiding naar de ontvanger. Je kunt een eenvoudige dipool maken van twee draden van gelijke lengte. Neem daarvoor ongeveer 4 m twee-aderige kabel met een isolatie van kunststof die je tot een lengte van ca. 75 cm van elkaar snijdt. De twee aders vormen nu een dipool en het niet opengesneden deel de leiding naar je toestel. Verwijder de isolatie aan de uiteinden en bevestig ze aan de buitenaansluitingen U en V. Met zo'n dipool kun je een sterke plaatselijke zender al goed ontvangen. Als je ook verder weg gelegen stations wilt ontvangen moet je je dipool zo hoog mogelijk, bijv. op zolder, ophangen. De leiding naar je ontvanger moet dan wel bestaan uit een 300 ohm hoogfrequent lintkabel die je in elke radiozaak kunt kopen. De dipool kun je met punaises op een lat vastzetten.

Extra golfgebieden

Met dit toestel kun je, behalve de reeds genoemde FM-band van 80-100 MHz, ook andere frequenties ontvangen. Daarvoor moet je spoel L 2 van blanke draad verwisselen voor een andere en ook de keramische condensator C 4 die parallel met de emitter en de collector van de rode transistor T 1 ligt. In onderstaande tabel kun je zien hoe groot de nieuwe waarden moeten zijn. De spoel van 16 mm diameter kun je het best met behulp van de ferroxcubestaaf wikkelen (afb. 185 a-c). Denk er aan dat de lengte van de dipool moet overeenstemmen met de golflengte die je wilt ontvangen. De lengte van het opengesneden deel moet iets minder zijn dan de halve golflengte. De beste lengte van een dipool voor een ontvangstfrequentie van 26-31 MHz is dus ongeveer 5,5 m. Voor een kamerantenne is dat natuurlijk te lang. Daarom is het beter om voor dit gebied het oude systeem met de aardeleiding te gebruiken en als antenne een enkele draad van $\frac{1}{4}$ golflengte = 2,75 m te spannen.

Frequentie	Golf- lengte in m	Diameter van de spoel L 2 in mm	Aantal win- dingen	Lengte van de spoel in mm	Kera- mische cond. C 4	Lengte van de dipool in m.
26-31 MHz	11,5-10	16	10	20	47 pF	$2 \times 2,75$
115-135 MHz	2,6-2,2	16*)	1*)	—	10 pF	$2 \times 0,6$

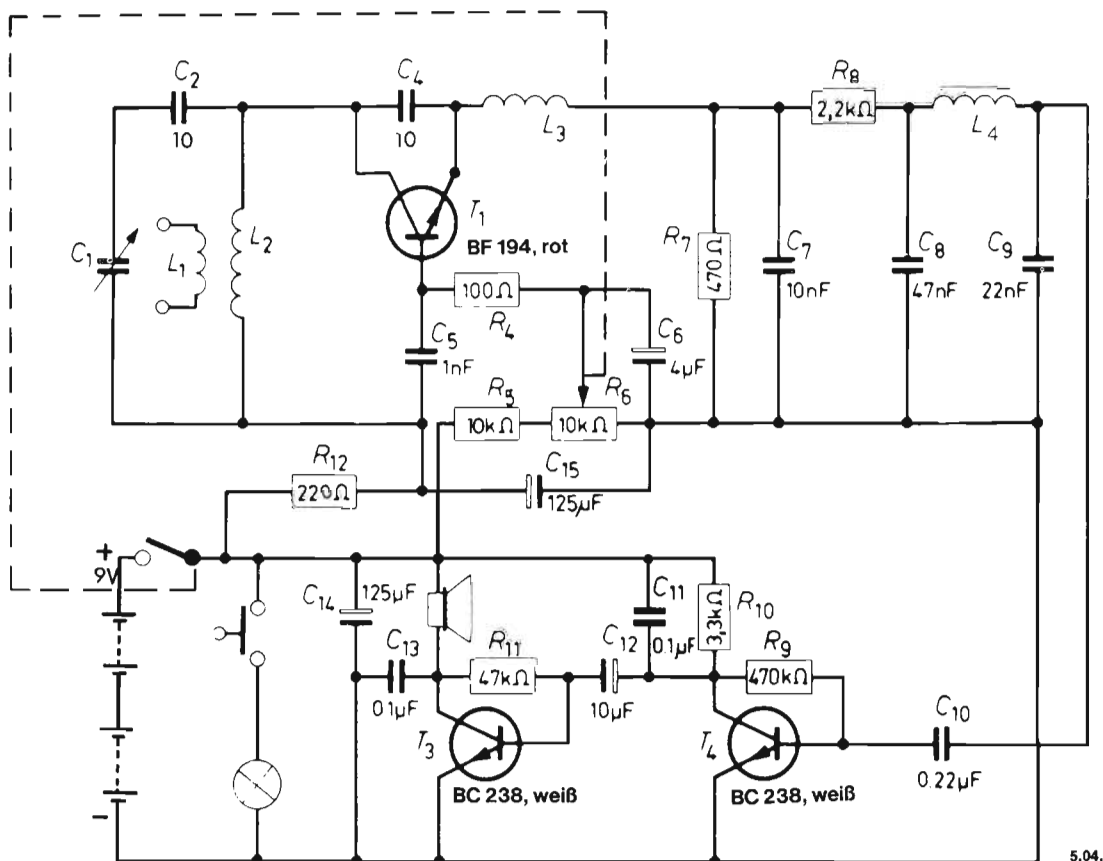
*) Uittrekken tot een halve cirkel (afb. 186).



Afb. 185 a - c



Afb. 186



5.04.

Beschrijving van de schakeling voor gevorderden

Met de afstemkring, bestaande uit de spoelen L 1 en L 2 alsook de condensatoren C 1 en C 2 wordt de ontvanger afgestemd op de frequentie van het zendersignaal. Veranderlijk is alleen de variabele condensator C 1, de andere onderdelen hebben de voor deze schakeling noodzakelijke vaste waarden.

In de hoogfrequenttrap met transistor T 1 en de bijbehorende elementen wordt niet alleen het zendersignaal opgevangen en afgestemd maar ook gelijktijdig gedemoduleerd.

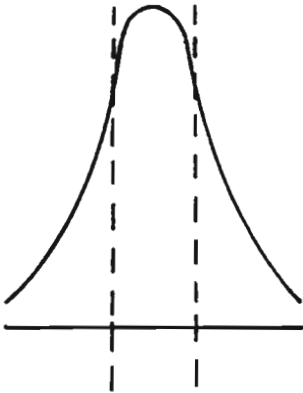
Deze hoogfrequenttrap is gebouwd als superreg met een zeer vaste terugkoppeling. Door een bijzondere schakelvariant wordt deze terugkoppeling echter regelmatig onderbroken.

Voor dit trucje gebruiken we een hulpfrequentie die ook wordt opgewekt in transistor T 1 en die men onderbreekfrequentie kan noemen. In ons voorbeeld ligt die frequentie bij ca. 50 kHz, dus ver boven de gehoor grens en wordt hoofdzakelijk bepaald door C 5.

Deze snelle trillingen schakelen het door transistor T 1 gevormde hf-signaal (terugkoppeling over C 4) in en uit. Om te voorkomen dat de onderbreekfrequentie in de daaraan gekoppelde lf-versterker terecht komt, wordt ze over filter R 8, L 4 en C 9 naar de minpool geleid; de door T 1 opgewekte hoogfrequent trillingen worden al door smoorspoel L 3 geblokkeerd.

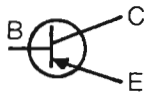
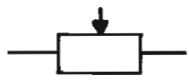
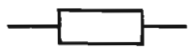
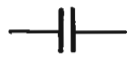
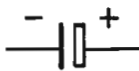
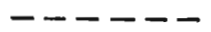
Om het ontvangen signaal van de zender gelijk te richten moet eerst het door de antenne opgevangen gemoduleerde signaal met de kring C 1, C 2/L 2 worden afgestemd en wel zodanig dat de zender links of rechts van het eigenlijke resonantiemaximum (waar de ontvangst te zacht of vervormd is) op de schuine flank van de resonantiecurve ligt (zie afb. 187). Als dit het geval is gaan de veranderingen in de frequentie van de draaggolf over op de trillingen die in T 1 worden opgewekt. Dat wil zeggen: deze oscillator wordt op een bepaalde manier beïnvloed door het gemoduleerde ontvangsts signaal zodat als gevolg hiervan de stroom door transistor T 1 verandert. Deze veranderingen in de stroom komen overeen met de modulatiefrequenties van het signaal van de zender en doen bij weerstand R 7 een laagfrequent signaal ontstaan dat na de filters C 7, R 8/C 8, L 4/C 9 voor C 10 in de lf-versterker belandt.

Met potentiometer R 6 kan de gevoeligheid van de ontvanger worden ingesteld. Deze is het grootst als we de potentiometer opendraaien tot vlak voor het moment waarop het ruisen ophoudt. Na het afstemmen op een zender op de linkse of rechtse flank van de resonantiecurve kan met de potentiometer in geringe mate ook het geluidsvolume worden beïnvloed.

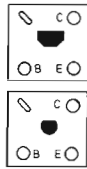


Afb. 187

Schakelsymbolen

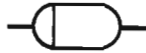
	Transistor PNP		Transistor NPN
	Diode		Potentiometer
	Weerstand		Variabele condensator
	Condensator		Elektrolytische condensator
	Smoorpoel		Antennespoel met ferroxcubestaaf
	Luidspreker		Oortelefoon
	Microfoon		Toonopnemer
	Lamp		
	Batterij		Omschakelaar
	Aan/uit-schakelaar		Drukschakelaar
	Verbindingsleiding		Kruising van leidingen met verbinding
	Kruising van leidingen zonder verbinding		
	Buitenaansluitingen		
	Verbindingslijn tussen onderdelen die tegelijkertijd worden bediend (b.v. potentiometer met schakelaar, dubbele variabele condensator)		
	Antenne		Aarde

Symbolen van het bedradingsschema



Transistor

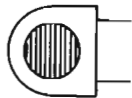
Transistor



Diode



Weerstand



Lichtgevoelige weerstand – LDR



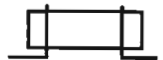
Temperatuurgevoelige weerstand – NTC



Polyester-condensator



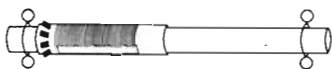
Elektrolytische condensator



Keramische condensator



Smoorpoel



Middengolf-antennespoel op ferroxcubestaaf



Lamphouder met lamp



Blanke draad



Geïsoleerde draad (isolatie aan uiteinden verwijderd)



Draadverbinding naar schakelpaneel



Batterij

TREFWOORDENREGISTER

	Pagina
A	
Ampère – meeteenheid voor stroomsterkte	21
Amplitude – bij wisselspanning de grootte (hoogte) van een trilling	33
Amplitude-modulatie – afgekort AM – hoogfrequente trillingen waarvan de hoogte varieert volgens het ritme van het uit te zenden signaal	75
Anode – positieve pool, b.v. bij elektronenbuis of halfgeleiderdiode	38
Atoom – bouwsteen van de materie	22
B	
Basis – een aansluitpunt van een transistor	42
Basisschakeling – soort schakeling van een transistor waarbij de basis gemeenschappelijk distributiepunt is voor ingangs- en uitgangsstroom	54
Basisstroomkring – stroomkring tussen basis en emitter	45
Blokkeerrichting – richting waarin bij een diode geen stroom kan vloeien	39
Brug van Wien – schakeling voor het opwekken van een zeer constante wisselspanning	89
Buis – element in de radiotechniek – tegenwoordig meestal vervangen door halfgeleiders (transistors)	38
C	
Capaciteit – opnemingsvermogen van condensatoren voor elektronen	60
Capacitieve spanningsdeler – spanningsdeler, opgebouwd uit condensatoren	68
Capacitieve weerstand – wisselstroomweerstand bij condensatoren	63
Collector – een aansluitpunt van een transistor	43
Collectorschakeling – soort schakeling van een transistor waarbij de collector gemeenschappelijk distributiepunt is voor ingangs- en uitgangsstroom	54
Collector-stroomkring – stroomkring door emitter en collector	45
Condensator – element dat elektrische ladingen kan opslaan en dat dikwijls wordt gebruikt voor het scheiden van wissel- en gelijkstromen	58
D	
Demodulatie – het weer verkrijgen van een laagfrequente spanning uit een hoogfrequent signaal	75
Diëlektricum – isolatiemateriaal tussen twee platen van een condensator	59
Diode – elektronenbuis of halfgeleider met twee polen, anode en katode	38
Doorlaattrichting – richting waarin bij een diode de stroom kan vloeien	39
Drempelwaarde – spanningswaarde van een versterker die door de ingangsspanning moet worden overschreden om een duidelijke verandering van het uitgangssignaal te veroorzaken	70
Drietraps-versterker – toestel voor het versterken van een klein signaal met drie achter elkaar geschakelde transistors	66
E	
Eenkringer – radio met één afgestemde kring	75
Elektrisch veld – een hoeveelheid elektronen in een diëlektricum. Pos. elektrische lading betekent gebrek aan elektronen, negatieve lading een overschot aan elektronen	59
Elektro-akoestiek – geluidstechniek met behulp van elektrische of elektronische modulen	65
Elektromagneet – door stroom opgewekte magnetische werking	35
Elektromagnetische inductie – opwekking van stroom in een spoel door een magnetisch veld	35
Elektron – negatieve ladingdrager	17
Elektronische signaalapparaten	69
Emitter – een aansluitpunt van een transistor	42
Emitterschakeling – soort schakeling van een transistor waarbij de emitter gemeenschappelijk distributiepunt is voor de ingangs- en de uitgangsstroomkring	54
Emittervolger – andere benaming voor collectorschakeling	54

F	Farad – meeteenheid voor de capaciteit bij condensatoren	60
	Flip-flop – andere benaming voor een bistabiele multivibrator	70
	Frequentie – aantal trillingen gedurende een bepaalde periode	33
	Frequentie-modulatie – afgekort FM – hoogfrequente trillingen waarvan het aantal per tijdseenheid verandert alnaargelang de aangevoerde informatie (uit te zenden signaal)	76
G	Gatenstroom – stroom bestaande uit positieve ladingdragers (tegenovergestelde: elektronenstroom)	40
	Geleider – materiaal, b.v. metaal, dat elektrische stroom geleidt	22
	Geluidsgolven – trillingen, b.v. in de lucht, die geluid overbrengen	34
	Gelijkrichten – verandering van wisselstroom in gelijkstroom	41
	Gelijkstroomweerstand – ook ohmse weerstand – weerstand die ook bij gelijkstroom werkzaam is	37
	Germanium – chemisch element, materiaal voor halfgeleiders	38
H	Halfgeleider – materiaal waarvan het geleidingsvermogen ligt tussen geleiden en isoleren	38
	Hf – afkorting voor hoge frequentie	49
	Henry – meeteenheid voor inductie	36
	Hertz – meeteenheid voor de frequentie van een trilling	33
I	Impedantie – ook schijnbare weerstand – weerstand die alleen optreedt bij wisselstroom	37
	Impedantie-omvormer – schakeling voor het met zo weinig mogelijk verlies aanpassen van twee verschillende wisselstroomweerstand	56
	Inductiespanning – door elektromagnetische inductie opgewekte spanning	35
	Inductieve weerstand – zie Impedantie	36
	Inductie – elektromagnetische eigenschap van een spoel	36
	Ingangskring – stroomkring met behulp waarvan het te versterken signaal naar de transistor wordt geleid	54
	Ingangsweerstand – (schijnbare) weerstand van de ingangskring van een transistor	56
	Isolatoren – materialen die geen elektrische stroom doorlaten	22
K	Katode – negatieve pool, b.v. bij een elektronenbuis of halfgeleiderdiode	38
	Koolmicrofoon – microfoon waarin gebruik wordt gemaakt van de overgangsweerstanden van koolkorrels (o.a. microfoon in telefoontoestel van PTT)	65
L	L-C-oscillator – zie Oscillator	68
	LDR – lichtgevoelige weerstand	31
	Lichtgevoelige weerstand – afgekort LDR – element waarvan de weerstand verandert alnaargelang de lichtsterkte	31
M	Magnetisch veld – krachtveld rond een magneet	34
	Magnetisch krachtveld – zie Magnetisch veld	34
	Magnetische krachtlijnen – (denkbeeldige) lijnen waaruit een magn. krachtveld is samengesteld	34
	Membraan – dun plaatje in luidspreker of microfoon	65
	Meet- en regeltechniek – meten en regelen met behulp van elektronische schakelingen	73
	Microfoon – toestel voor het veranderen van geluidsgolven in elektr. energie	65
	Microfarad – afgekort $\mu\text{F} = 0,000\,001\text{ F}$ (farad)	20
	Mf – middenfrequentie	20
	Minpool – pool van een spanningsbron waaruit de elektronen vloeien	17
	Modulatie – verandering van een hoogfrequente trilling op het ritme van een uit te zenden laag frequentiesignaal	75

Multivibrator	71
astabiele – generatorschakeling die voortdurend rechthoekcurven produceert	
bistabiele – teruggekoppelde transistorschakeling met twee stabiele uitgangstoestanden. De toestand van de uitgang kan alleen worden veranderd door ingangsimpulsen	70
monostabiele – schakeling met één stabiele toestand	72
N Nanofarad – nF – is 0,000 000 001 Farad	60
N-geleidingsvermogen – geleidingsvermogen dat wordt veroorzaakt door een overschot aan elektronen in het halfgeleidende materiaal	40
NPN-transistor – halfgeleider-element met de eigenschappen van een versterker waarbij de collector- en de basisspanning tegenover de emitter positief moeten zijn om een collectorstroom op te wekken. Volgorde van de lagen N-P-N (negatief-positief-negatief)	46
NTC – temperatuurgevoelige weerstand	32
O Ohm – meeteenheid voor weerstand	24
– wet van , – wet die de afhankelijkheid uitdrukt tussen spanning, stroomsterkte en weerstand in een stroomkring	25
Ontladen – b.v. het wegvloeien van elektronen van de platen van een condensator	62
Opladen – opslaan van elektronen op de platen van een condensator door het aanvoeren van een spanning	59
Oscillator – versterkerschakeling waarbij door het terugvoeren van een uitgangsspanning met een juiste faze naar de ingang de schakelingwisseltrillingen opwekt	67
P Parallelschakeling – het naast elkaar schakelen van elementen	21
P-geleidingsvermogen – geleidingsvermogen dat wordt veroorzaakt door gebrek aan elektronen (positief) in het halfgeleidende materiaal	40
Picofarad – pF – is 0,000 000 000 001 Farad	60
PNP-transistor – halfgeleider-element met de eigenschappen van een versterker waarbij de collector- en de basisspanning tegenover de emitter negatief moeten zijn om een collectorstroom op te wekken. Volgorde van de lagen P-N-P (positief-negatief-positief)	49
Potentiometer – traploos regelbare spanningsdelers, ook te gebruiken als regelbare weerstand	30
Primaire spoel – ingangsspoel van een transformator	35
Proton – positieve ladingdrager in een atoom	22
R R-C-oscillator – zie Oscillator	67
Rechthoekcurve – weergave van een wisselspanning met scherpe stijgingen en dalingen	34
Radio-ontvanger – toestel voor het ontvangen van de programma's die door radiozenders worden uitgezonden	170
Radio-ontvangsttechniek – techniek toegepast in het construeren van radio-ontvangers	75
Recht-uit ontvanger – ontvanger zonder frequentietransformatie, zie ook superhet	75
S Schema – weergave van een schakeling met schakelsymbolen	18
Schakelsymbool – internationaal gebruikelijk teken voor een bepaald element	18
Schakelteken – zie Schakelsymbool	18
Schijnbare weerstand – weerstand die bij wisselspanning optreedt bv. in spoel, groter dan „gewone” weerstand	56
Schmitt-trigger – ook drempelwaardeschakelaar – overschrijdt de ingangsspanning een bepaalde waarde (drempelspanning) dan verandert plotseling de uitgangsspanning	69
Secundaire spoel – uitgangsspoel van een transformator	35

	Serieschakeling – benaming voor het achter elkaar schakelen van elementen	21
	Silicium – chemisch element, materiaal voor halfgeleiders	38
	Sinuscurve – schematische voorstelling van een wisselstroom met een bepaalde vorm van toename en afname	34
	Smoorspoel – spoel die voor wisselstroom een hoge wisselstroomweerstand vormt (smoort de wisselstroom)	37
	Spanning – verschil in lading tussen twee polen van een spanningsbron	19
	Spanningsverlies – vermindering van een spanning b.v. over een weerstand	25
	Spanningsdeler – in serie geschakelde weerstanden om spanningen van verschillende hoogte af te nemen	30
	Spanningsversterking – verandering van een lage ingangsspanning in een hoge uitgangsspanning, bijv. bij een transistor	55
	Spreekwisselspanning – door geluidsgolven in een microfoon opgewekte wisselspanning	65
	Spoel – van elkaar geïsoleerde draadwikkelingen	34
	Spoelkern – ijzeren kern ter verhoging van de werking van een spoel	36
	Stabiliseren – het vasthouden van belangrijke bedrijfsgrößen op een bepaalde waarde	52
	Stroombron – batterij, accu enz.	17
	Stroomkring – circulatie van elektronen in een leiding van min- naar pluspool	17
	Stroomsterkte – stroom van een bepaalde hoeveelheid elektronen door een leiding in een bepaalde tijd	16
	Stroomversterking verandering van een kleine ingangsstroom in een grote uitgangsstroom	54
	Superhet – afkorting voor Superheterodyne systeem voor radio-ontvangst met frequentietransformatie (omzetting)	76
	Super Reg – (Super regeneratieve-) kortegolfontvanger waarbij een oscillator automatisch steeds snel wordt onderbroken – grote gevoeligheid	76
T	Tegenkoppeling – het terugvoeren van een deel van de uitgangsspanning van een versterker die leidt tot reductie van het uitgangssignaal en afname van de vervorming	52
	Telemetrie – het uitzenden van meetresultaten over grote afstand	
	Tolerantie – mogelijke afwijking van een bepaalde waarde	154
	Totale weerstand – de som van verschillende deelweerstand	24
	Transformator – constructie van meestal twee spoelen die door middel van een ijzeren kern magnetisch met elkaar zijn verbonden. Hij dient voor het transformeren of omvormen van wisselspanningen	27
	Transistor – halfgeleider-element waarmee o.a. een versterker kan worden gemaakt (zie PNP- en NPN-transistor)	36
	Trilling – het stijgen en dalen van de spanning bij een wisselstroom	41
	Trillingskring – elektrische stroomkring die een condensator en een spoel omvat	33
	Trimpotentiometer – zie Potentiometer	63
	Tweevinger – ontvanger met twee afgestemde kringen	31
		75
U	Uitgangskring – stroomkring, b.v. bij een transistor, waar het versterkte signaal wordt afgevoerd	
	Uitgangsweerstand – weerstand van de uitgangskring van een transistor	54
		56
V	Valentie-elektron – elektronen op de buitenste schil van een atoom	
	VDR – spanningsgevoelige weerstand	39
	Vermogenstransistors – transistors gebruikt voor vermogensversterking	32
	Vermogensversterking – soort schakeling voor het gelijktijdig verhogen van spanning en stroomsterkte	49
	Volt – meeteenheid voor elektrische spanning	55
	Voorschakelweerstand – weerstand voor het instellen van de basisstroom bij de transistor	19
		19

W	Watt – meeteenheid voor elektrisch vermogen	26
	Weerstand – element, gemaakt en toegepast als weerstand die wordt geboden aan elektrische stroom	
	ook algemeen: weerstand die aan elektrische stroom wordt geboden	23
	Werkpunt – instelling van de transistor waarbij deze het best werkt	51
	Wisselstroom – stroom waarvan de richting en de sterkte voortdurend veranderen	32
	Wisselstroomweerstand – zie Impedantie	37

Morse-alfabet

A .-
 B -...
 C -.-.
 D -..
 E .
 F ..-.
 G --.
 H
 I ..
 J .--.-

K -.-
 L .-...
 M --
 N -.
 O ---
 P .-.-.
 Q -.-.-
 R .-..
 S ...
 T -

U ..-
 V ...-
 W .--
 X -.-.-
 Y -.-.-
 Z --...
 Ä .-.-.-
 CH -.-.-
 Ö -.-.-.
 Ü ..-.-

1 .-.-.-.-
 2 ..-.-
 3 ...-.-
 4-
 5
 6 -.....
 7 --....
 8 ---...
 9 ----..
 0 -----

Punt .-.-.-.-
 Vergissing
 SOS .-.-.-.-
 Begin bericht -.-.-.-
 Einde bericht .-.-.-.-

CODETABEL



Tolerantie goud 5%
en zilver 10%

Kleur	Eerste gekleurde ring	Tweede gekleurde ring	Derde gekleurde ring
zwart	0	0	—
bruin	1	1	0
rood	2	2	00
oranje	3	3	000
geel	4	4	0000
groen	5	5	00000
blauw	6	6	000000
violet	7	7	
grijs	8	8	
wit	9	9	

Weerstand

Op een weerstand bevinden zich vier gekleurde ringen. Eén van deze ringen is zilver- of goudkleurig. Als je de kleurencode leest moet de zilveren of gouden ring rechts liggen. Dan betekent de kleur van de eerste ring (van links naar rechts) het eerste getal, de kleur van de tweede ring het tweede getal en de kleur van derde ring het aantal nullen.

Een gouden ring wil zeggen dat de weerstand een precisie-tolerantie heeft van plus of min 5% en de zilveren van plus of min 10%.

De normale tolerantie is 10%. Daarom is het ook duidelijk waarom weerstandswaarden zulke eigenaardige getallen zijn. De waarden zijn 10, 12, 15, 18, 27, 33 enz. Een weerstand van 10 ohm kan dus maximaal een waarde hebben van $10 \text{ ohm} + 10\% = 11 \text{ ohm}$. Een weerstand van 12 ohm kan ook 10% minder zijn: $12 \text{ ohm} - 10\% = 10,8 \text{ ohm}$. Als een weerstand een afwijking vertoont van meer dan 10% valt hij automatisch onder een andere waarde-aanduiding.

Leg een weerstand zó voor je dat de gouden of zilveren ring aan de rechterkant ligt en let dan op de andere kleuren, b.v. geel, violet, rood (goud).

Nu kun je van links af lezen:

1e gekl. ring: geel = 4	of	1e gekl. ring: bruin = 1
2e gekl. ring: lila = 7		2e gekl. ring: rood = 2
3e gekl. ring: rood = 00		3e gekl. ring: zwart = —
Totaal: 4700 ohm		Totaal: 12 ohm

Weerstand (Ω)	Gekleurde ringen	Weerstand (Ω)	Gekleurde ringen
10 ohm	bruin zwart zwart	3300 ohm	oranje oranje rood
47 ohm	geel violet zwart	4700 ohm	geel violet rood
100 ohm	bruin zwart bruin	10.000 ohm	bruin zwart oranje
150 ohm	bruin groen bruin	15.000 ohm	bruin groen oranje
220 ohm	rood rood bruin	22.000 ohm	rood rood oranje
470 ohm	geel violet bruin	47.000 ohm	geel violet oranje
1000 ohm	bruin zwart rood	100.000 ohm	bruin zwart geel
1500 ohm	bruin groen rood	220.000 ohm	rood rood geel
2200 ohm	rood rood rood	470.000 ohm	geel violet geel

Voor de in de inhoudsopgave genoemde weerstanden gelden de volgende waargrenzen:

Weerstanden (Ω)	Minimaal	Maximaal
10 ohm	–	11 ohm
47 ohm	43 ohm	51 ohm
100 ohm	91 ohm	110 ohm
150 ohm	130 ohm	160 ohm
220 ohm	200 ohm	240 ohm
470 ohm	430 ohm	510 ohm
1000 ohm	910 ohm	1100 ohm
1500 ohm	1300 ohm	1600 ohm
2200 ohm	2000 ohm	2400 ohm
3300 ohm	3000 ohm	3600 ohm
4700 ohm	4300 ohm	5100 ohm
10.000 ohm	9100 ohm	11.000 ohm
15.000 ohm	13.000 ohm	16.000 ohm
22.000 ohm	20.000 ohm	24.000 ohm
47.000 ohm	43.000 ohm	51.000 ohm
100.000 ohm	200.000 ohm	240.000 ohm
470.000 ohm	430.000 ohm	510.000 ohm

Keramische condensatoren

Voor het vaststellen van de waarde van keramische condensatoren geldt dezelfde tabel als voor weerstanden. Alleen hebben ze niet goud (of zilver) als voor ons onbelangrijke kleur. De grondkleur heeft overigens geen betekenis. Wel kan het voorkomen dat ze een vierde of vijfde gekleurde ring hebben, alnaargelang de belastbaarheid naar spanning en temperatuur.

De keramische condensator heeft twee aansluitdraden. Als je goed kijkt zie je dat die aansluitingen op het buisje niet allebei even ver van het einde zijn gemonteerd. Bij de ene is de afstand wat korter en die moet je altijd aan de linkerkant leggen. Dan kun je de drie gekleurde ringen net zo aflezen als bij de weerstand.

a) drie gekleurde ringen

Ze geven de capaciteit in pF aan volgens de tabel.

b) vier gekleurde ringen

De eerste drie ringen geven de capaciteit in pF aan volgens de tabel. De vierde heeft geen betekenis.

c) vijf gekleurde ringen

De twee buitenste ringen hebben geen betekenis, de drie binnenste geven de capaciteit in pF aan volgens de tabel.

d) opgedrukte getallen

Niet alle keramische condensatoren hebben gekleurde ringen. Op sommige staat de waarde in cijfers afgedrukt. Staat het getal alleen dan wil dat zeggen de capaciteit in pF. Wordt het gevolgd door een **kleine letter** dan geldt de meeteenheid:

$$\begin{aligned}
 p &= & pF \\
 n &= & nF = 1000 \text{ pF} \\
 k \text{ (kilo pF)} &= & nF = 1000 \text{ pF}
 \end{aligned}$$

Hoofdletters hebben **geen** betekenis bij het vaststellen van de waarde.

Waarde	Kleurencode of opschrift						
10 pF	bruin zwart zwart	10	10 p				
22 pF	rood rood zwart	22	22 p				
47 pF	geel lila zwart	47	47 p				
68 pF	blauw grijs zwart	68	68 p				
100 pF	bruin zwart bruin	100	100 p				
180 pF	bruin grijs bruin	180	180 p				
220 pF	rood rood bruin	220	220 p				
330 pF	oranje oranje bruin	330	330 p				
470 pF	geel lila bruin	470	470 p				
1000 pF	bruin zwart rood	1000	1000 p	1 k		1 n	
2700 pF	rood lila rood	2700	2700 p	2,7 k	2 k 7	2,7 n	2 n 7
4700 pF	geel lila rood	4700	4700 p	4,7 k	4 k 7	4,7 n	4 n 7
10.000 pF	bruin zwart oranje	10.000	10.000 p	10 k		10 n	

Voor de in de inhoud vermelde keramische condensatoren gelden de volgende grenzen:

Waarde	Minimaal	Maximaal
10 pF	–	11 pF
22 pF	20 pF	24 pF
47 pF	43 pF	51 pF
1000 pF	820 pF	1200 pF
10.000 pF	8200 pF	12.000 pF

Polyester-condensatoren

Op polyester-condensatoren zijn de waarden afgedrukt in pF, nF en μ F. Hieronder vind je een omrekeningstabel.

Opschrift	Minimaal	Maximaal
22.000 pF = 22 nF = 0,022 μ F	0,018 μ F	0,027 μ F
47.000 pF = 47 nF = 0,047 μ F	0,039 μ F	0,056 μ F
100.000 pF = 100 nF = 0,1 μ F	0,082 μ F	0,12 μ F
220.000 pF = 220 nF = 0,22 μ F	0,18 μ F	0,27 μ F

Elektrolytische condensatoren

Op de elektrolytische condensatoren zijn de waarden afgedrukt in μ F. Het kan echter ook gebeuren dat er twee getallen op staan, gescheiden door een schuine streep (b.v. cijfer/cijfer). Het getal achter de schuine streep heeft dan geen betekenis voor het berekenen van de waarde. Ook van geen betekenis voor de waarde zijn getallen die worden gevolgd door $^{\circ}$ C.

Opschrift	Minimaal	Maximaal
4 μ F = 4/...	3,3 μ F	4,7 μ F
10 μ F = 10/...	6,8 μ F	15 μ F
125 μ F = 125/...	100 μ F	150 μ F