

PHILIPS
electronic
engineer

Instructieboek | EE 1003

SCHAKELINGEN MET DE ELECTRONIC ENGINEER EE 1003

- A1 TWEE-TRAPSVERSTERKER
- A2 PUSH-PULL VERSTERKER
- A3 DRIE-TRAPSVERSTERKER MET TEGENKOPPELING

- B1 MORSECODETRAINER
- B2 TELEFOONMEELUISTERVERSTERKER
- B3 GENERATOR VOOR TELEFOONSIGNALEN

- C1 DRIE-TRANSISTOR MG-REFLEXONTVANGER
- C2 SUPERREGENERATIEVE ONTVANGER

- D1 VERKLIKKERLICHT
- D2 KNIPPERLICHT MET INSTELBAAR TEMPO
- D3 FLITSLICHT MET INSTELBAAR TEMPO
- D4 AKOESTISCH RELAIS
- D5 DIEFSTALALARM MET LICHTCEL EN RAAMKONTAKT
- D6 INBRAAKALARM
- D7 TWEE-TRANSISTOR CLIGNOTEUR
- D8 DRIE-TRANSISTOR CLIGNOTEUR
- D9 TWEE-TONIGE CLAXON

- E1 AUTOMATISCHE NACHTLAMP
- E2 VOCHTIGHEIDSINDICATOR MET INDICATIELAMP
- E3 VOCHTIGHEIDSINDICATOR MET GELUIDSSIGNAAL
- E4 TIJDSCHAKELAAR MET INDICATIELAMP
- E5 TIJDSCHAKELAAR MET GELUIDSSIGNAAL
- E6 LICHTINTENSITEITSMETER
- E7 MEETBRUG VOOR WEERSTANDEN, SPOELN EN CONDENSATOREN

ELEKTRONISCHE BESTURING IN COMBINATIE MET DE MECHANICAL ENGINEER ME 1201

- EM1 MOTORWAGEN MET VERSNELLINGEN
- EM2 WAGEN MET TWEE-TONIGE CLAXON
- EM3 WAGEN MET CLIGNOTEUR
- EM4 WAGEN DIE STOPT OP DONKERE VLOER
- EM5 WAGEN MET AUTOMATISCH ONTSTEKENDE KOPLAMPEN
- EM6 LICHTSIRENE
- EM7 WAGEN MET REMLICHT
- EM8 WAGEN DIE IN HET DONKER VAART MINDERT EN HET LICHT ONTSTEKT
- EM9 WAGEN DIE EVEN STOPT ALS HET DONKER WORDT
- EM10 NIVEAUREGELAAR
- EM11 WAGEN MET BEVEILIGING TEGEN OVERBELASTING
- EM12 OBSTAKELLICHT

PHILIPS

electronic engineer

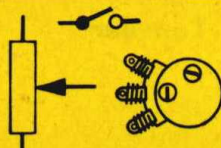
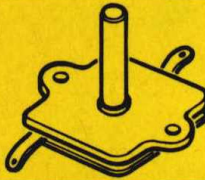
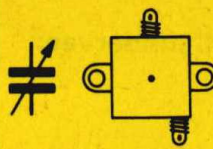
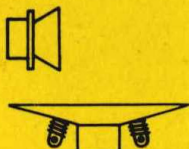
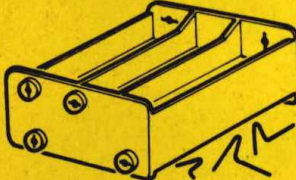
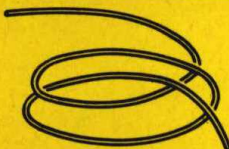
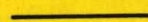
EE 1003

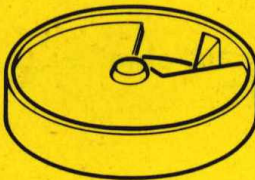
Instructieboek

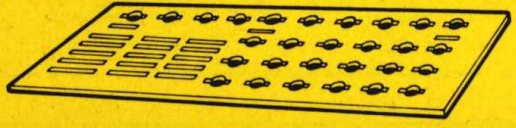
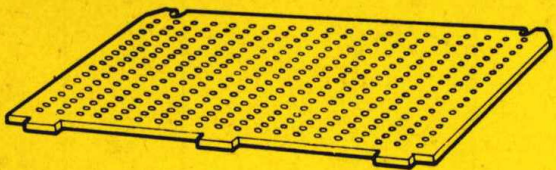
INHOUD

Lijst van onderdelen	pag. 2
Bouwinstructies	pag. 6
Meer over elektronica	pag. A1
Schemabeschrijvingen en gegevens	pag. 14
A. Elektro-akoestiek	pag. 14
B. Communicatie	pag. 16
C. Radio	pag. 18
D. Elektronische signalering	pag. 22
E. Meet- en regeltechniek	pag. 27
EM. Combinatiemogelijkheden met ME1201	pag. 32
Eindkontrolle	pag. 36
Opsporen van fouten	pag. 36
Kleurcodesleutel voor weerstanden en condensatoren	pag. 37

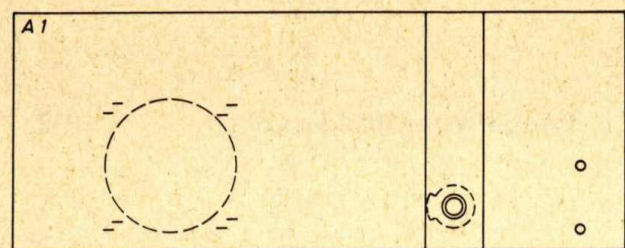
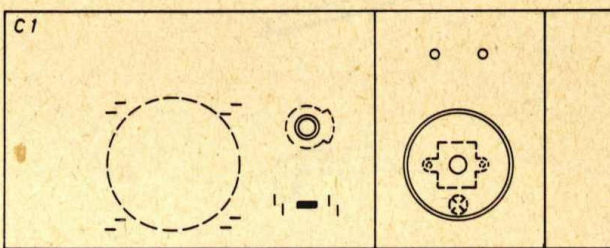
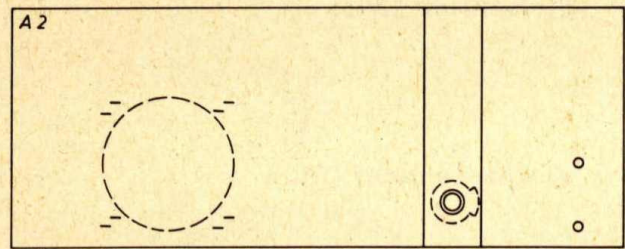
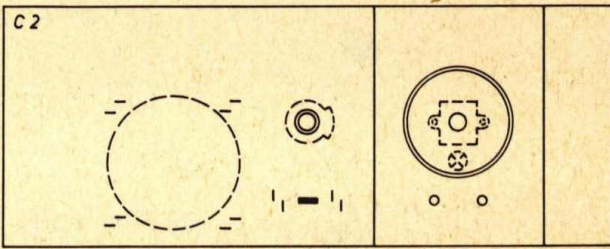
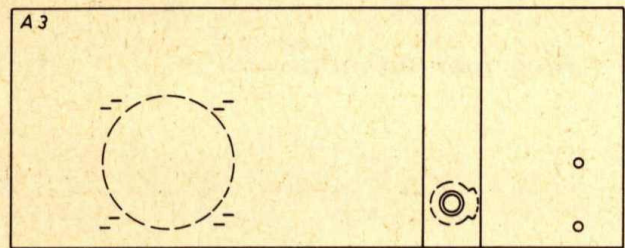
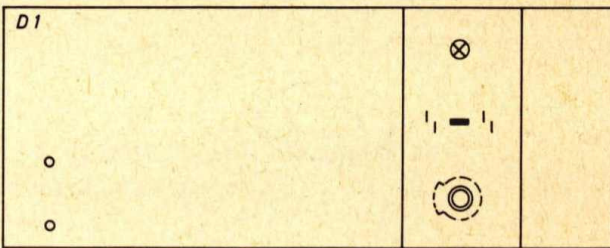
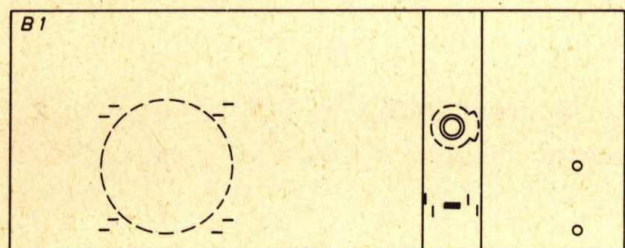
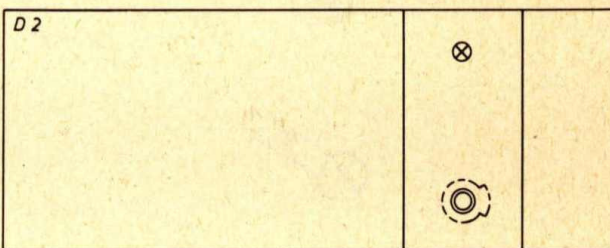
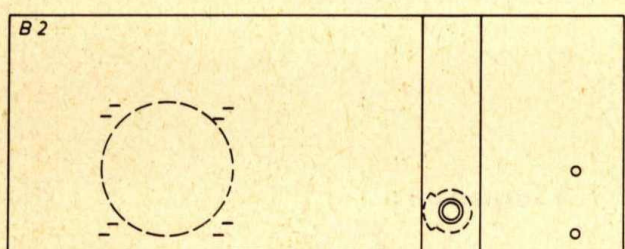
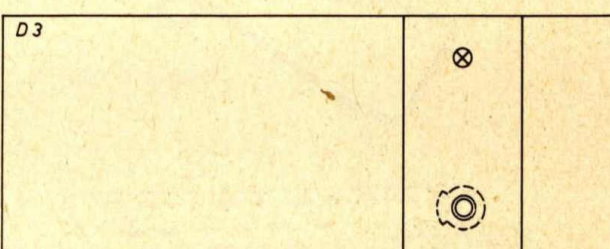
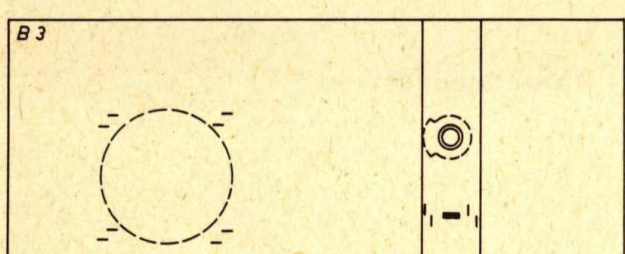
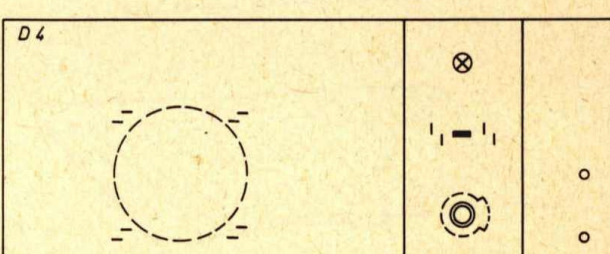
ONDERDEEL EN SYMBOOL	Num- mer	BENAMING	Aan- tal
	1	Transistor (T) BF 194	1
	2	Transistor (T) BC 148	2
	3	Diode (D) OA 85	1
	4	Weerstand (R) 1x 10 ohm 1x 1.500 ohm 2x 22.000 ohm 1x 47 ohm 1x 2.200 ohm 2x 47.000 ohm 1x 100 ohm 1x 3.300 ohm 1x100.000 ohm 1x 220 ohm 2x 4.700 ohm 1x220.000 ohm 1x 470 ohm 2x10.000 ohm 1x470.000 ohm 1x1000 ohm 1x15.000 ohm	21
	5	Polyester Condensator (C) 1 x 0.22 μ F 1 x 47.000 pF (= 47 nF) 2 x 0.1 μ F 1 x 22.000 pF (= 22 nF)	5
	6	Elektrolytische condensator (C) 2 x 125 μ F 1 x 10 μ F 1 x 4 μ F	4
	7	Keramische condensator (C) 1 x 10.000 pF 1 x 47 pF 2 x 10 pF 1 x 1000 pF 2 x 22 pF	7
	8	Smoorspoel (L)	1
	9	Antennespoel (L) 1 = rood 3 = groen 2 = geel 4 = grijs	1

		10	Lichtgevoelige weerstand (LDR)	1
		11	Potentiometer (R) met schakelaar 10.000 ohm	1
		12	Variabele condensator (C) 5 - 180 pF	1
		13	Luidspreker 150 ohm	1
		14	Lamp 6 V, 0.05 A	1
		15	Batterijhouder met veren voor 6 penlite batterijen	1
		16	Blank montagedraad	10 m
		17	Geïsoleerd montagedraad	10 m
		18	Ferroxcube staaf	1
		19	Rubber tule	2

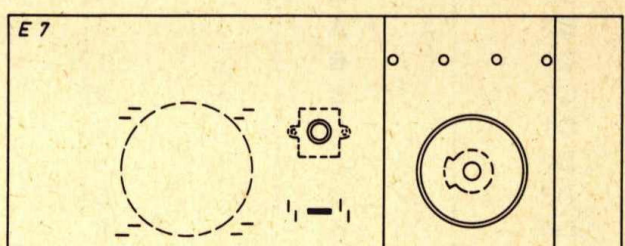
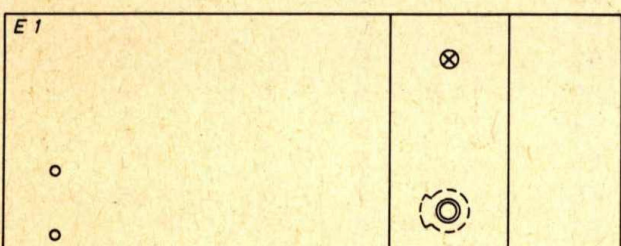
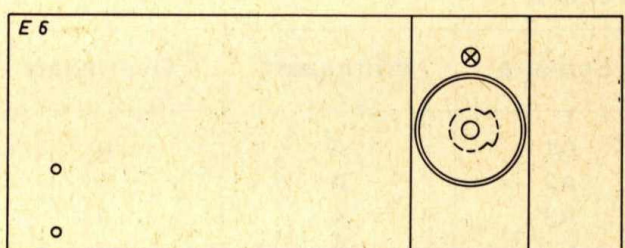
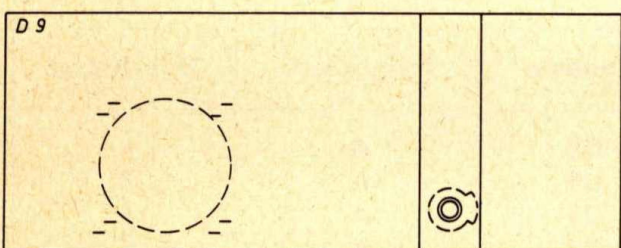
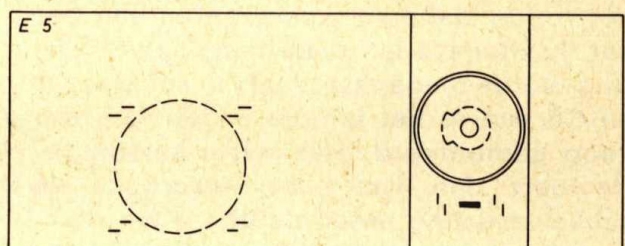
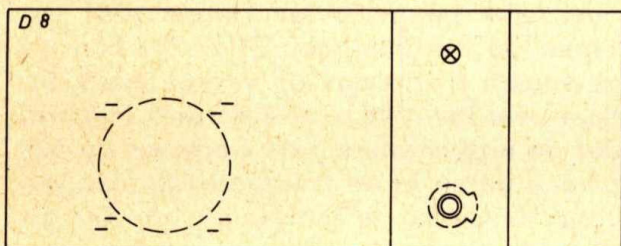
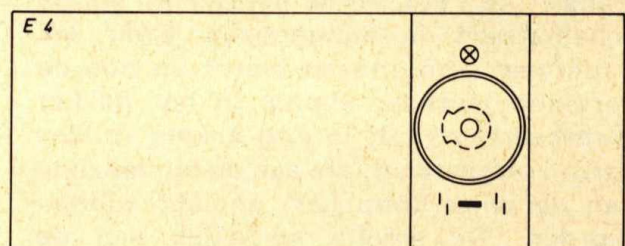
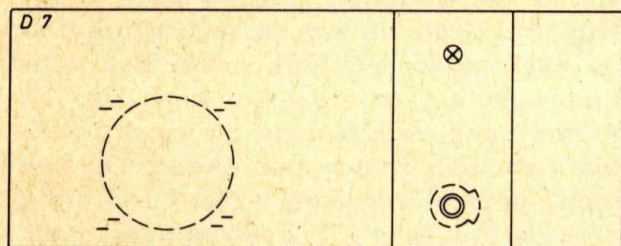
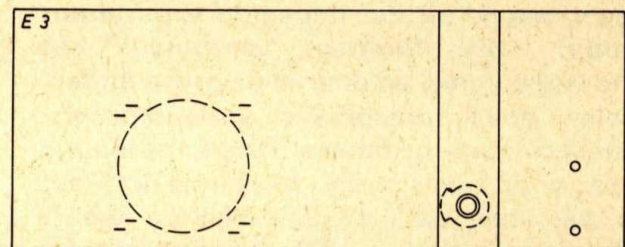
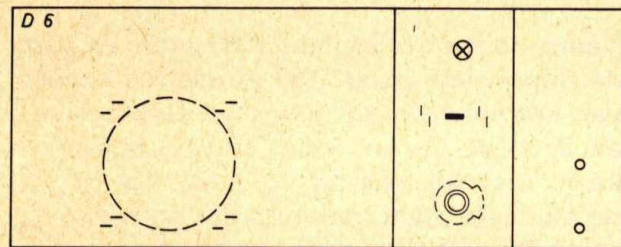
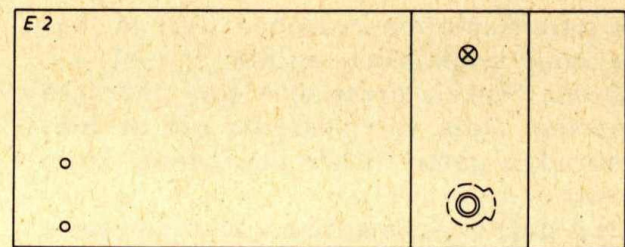
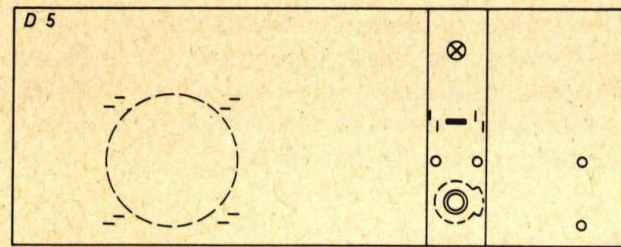
	20	Ankerveer	50
	21	Tonveer	50
	22	Cylinderveer	20
	23	Schaalknop	1
	24	Afstandsplaat voor variabele condensator	1
	25	Knop	1
	26	Lamphouder	1
	27	Afdekglasje	1
	28	Elastiek	5
	29	Drukknop	1

	30	Contactveer voor drukknop	1
	31	Beugel voor drukknop	2
	32	Stelschroef (M3)	2
	33	Vierkante moer (M3)	4
	34	Ring voor potentiometer	1
	35	Ring voor beugel 37	4
	36	Schroef (M3)	2
	37	Beugel voor chassis	2
	38	Voorpaneel	1
	39	Montageplaat	1

Tabel 1

A1 	C1 
A2 	C2 
A3 	D1 
B1 	D2 
B2 	D3 
B3 	D4 

Tabel 1 (vervolg)



VOLGORDE VAN BOUWEN

In deze experimenteerdoos vind je, behalve de schemakaarten met een A1, A2, A3 enz., enkele grote en kleine bedrukte kaarten. Deze zijn bestemd om de niet gebruikte gaten in het voorpaneel af te schermen.

Als je gaat experimenteren, zoek dan eerst in tabel 2 welke frontkaart en welke overlegstrook je bij dat bepaalde experiment nodig hebt. Monteer vervolgens het montagepaneel en daarna de grote onderdelen, zoals luidspreker, variabele condensator, potentiometer, drukknoplampje etc., voor zover nodig. Begin als dit klaar is pas met de montage van de weerstanden (zie pag. 37), condensatoren, transistoren etc. en de bedrading. Op de schemakaart is aangegeven waar elk onderdeel gemonteerd wordt en hoe de verbindingdraden lopen. In het pakket frontkaarten vindt je nog enkele stukjes karton uitgestanst, die aan de binnenzijde van de wijzerknop (23) geplakt kunnen worden. De smalle strookjes aan de schuine zijkanten, de halve maantjes op het ronde vlak aan weerskanten van het gat. In de gevallen waarin schaalverlichting wordt toegepast, zoals in schema C1 en C2, wordt het lampje onder de grote knop gemonteerd. Het witte karton reflecteert dan het licht, waardoor de schaalverdeling beter zichtbaar wordt.

Tabel 2

Schema	Frontkaart	Overlegstr.	Schema	Frontkaart	Overlegstr.
A1	A	4	D5	A	—
A2	A	4	D6	A	8
A3	A	4	D7	A	5
B1	A	3	D8	A	5
B2	A	4	D9	A	4
B3	A	3	E1	C	5
C1	B	1	E2	C	5
C2	B	2	E3	A	4
D1	C	8	E4	C	—
D2	C	5	E5	A	7
D3	C	5	E6	C	6
D4	A	8	E7	B	—

Waarschuwing :

Controleer voordat je de batterijen aansluit of het apparaat inschakelt, of je geen fouten gemaakt hebt. Gebruik altijd onderdelen met waarden zoals aangegeven (zie ook blz. 36).

HET CHASSIS

Neem de montageplaat (39) voor je met de lippen van je af. Pak de schemakaart van het schema dat je wenst te bouwen, en druk de gaten open. Leg de schemakaart met de bedrukking naar boven op de montageplaat zodanig, dat links één rij en onder drie rijen gaten onbedekt blijven, en het kaartnummer leesbaar voor je ligt (fig. 5). Druk nu op de aansluitpunten de haarspeldveren (20) van onder door montageplaat en bouwschema (fig. 1). Plaats geen veren in de doorvoergaten, hier omheen staat een cirkel. Leg de montageplaat vervolgens plat op tafel en druk de tonveren (21) over de haarspeldveren. Neem nu de beugels (37) en schuif over elke beugel twee ringen (35) tot tegen de verdikkingen (fig. 2). Leg de gewenste frontkaart op voorpaneel (38), daar over heen de overlegstrook, zodanig dat de uitgestanste gaten precies op bepaalde gaten in de frontkaart komen, en vouw deze naar de achterzijde om (fig. 3).

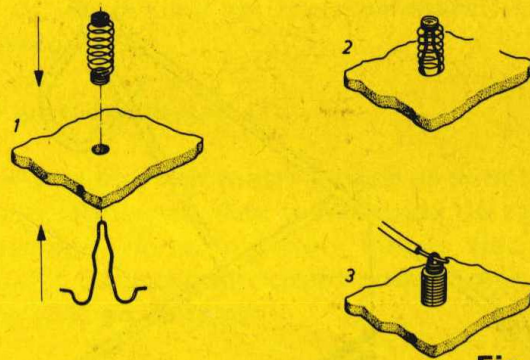


Fig. 1

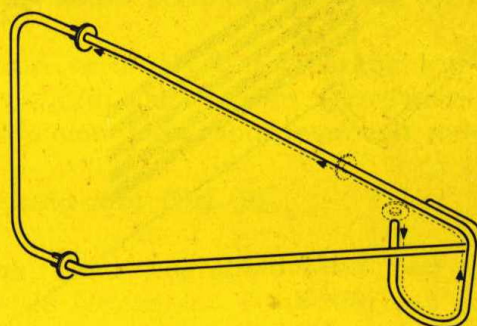


Fig. 2

Tabel 1 (vervolg)

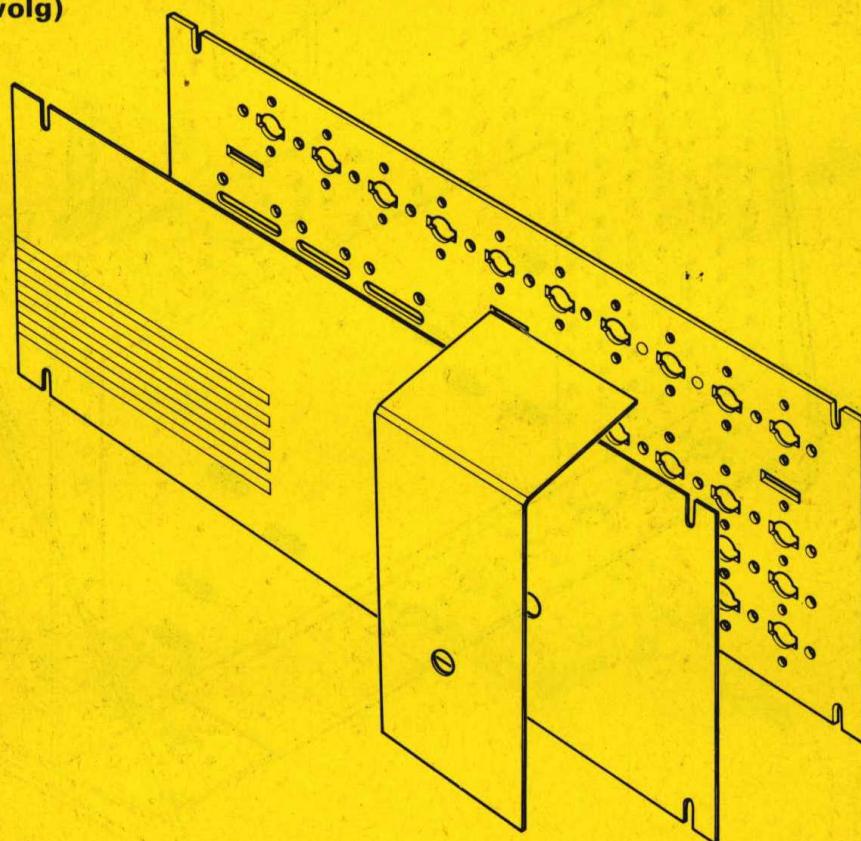


Fig. 3

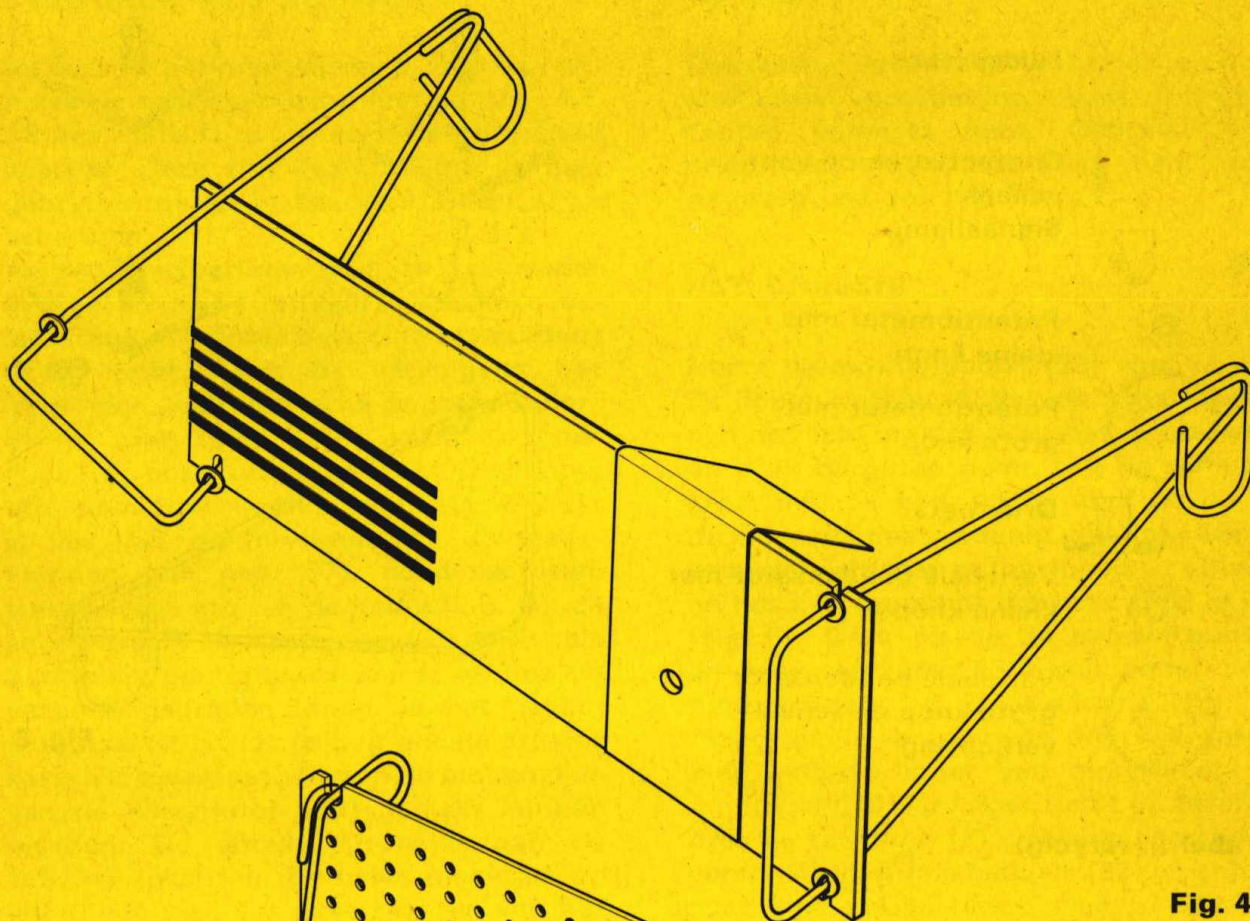


Fig. 4

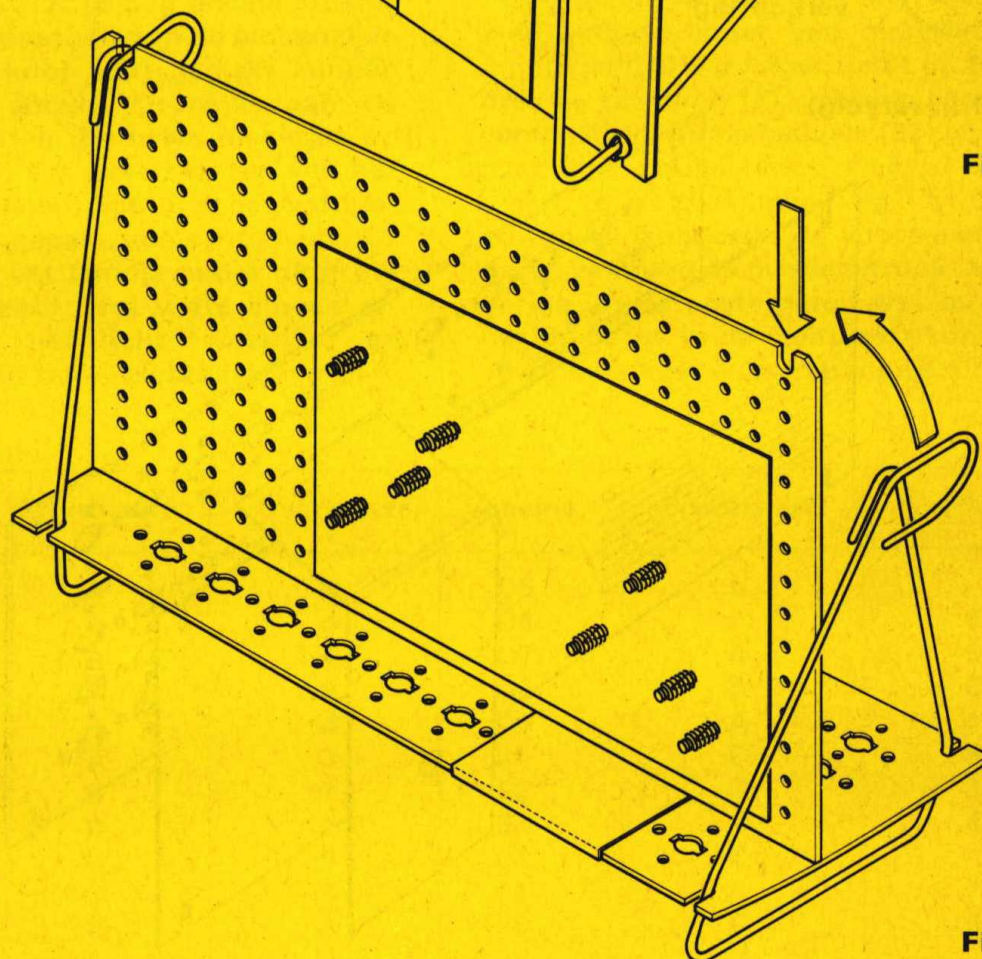


Fig. 5

Schuif de beugels met de ringen in bepaalde uitsparingen van de voorplaat (fig. 4). Druk de montageplaat met de lippen in de voorplaat, waarbij de flap van de overlegstrook tussen voorplaat en montageplaat geklemd wordt.

Trek de beugels achtereenvolgens aan de achterzijde over de montageplaat totdat ze in de betreffende uitsparing terugveren (fig. 5). Bij deze handeling mag de voorplaat iets doorbuigen. In de opengebleven gaten worden nu diverse onderdelen gemonteerd. Welke onderdelen dat zijn vind je in tabel 1 (pag. 6 en 7). Slechts in enkele gevallen blijft een gat open.

BEVESTIGING VAN DE DIVERSE ONDERDELEN

De luidspreker (fig. 6).

Druk van voren door het voorpaneel vier haarspeldveren. Schuif de luidspreker met de bevestigingsgaten over deze haarspeld-

veren. Druk over de haarspeldveren een tonveer (21).

De potentiometer (fig. 7).

Steek de potentiometer met de as door het betreffende gat. Aan welke zijde de aansluitlippen moeten zitten, kun je zien in tabel 2. Bevestig de potentiometer met de ring (34) en de moer.

De variabele condensator (fig. 8).

Zet de variabele condensator met het plaatje (24) vast op het voorpaneel met behulp van twee schroeven en moeren.

De druktoets (fig. 9).

Steek twee haarspeldveren van voren door de frontplaat. Druk hier van achter de tonveren op. Steek de beugels (31) aan weerskanten in de druktoets. Schuif de cylinderveren (22) over deze beugels.

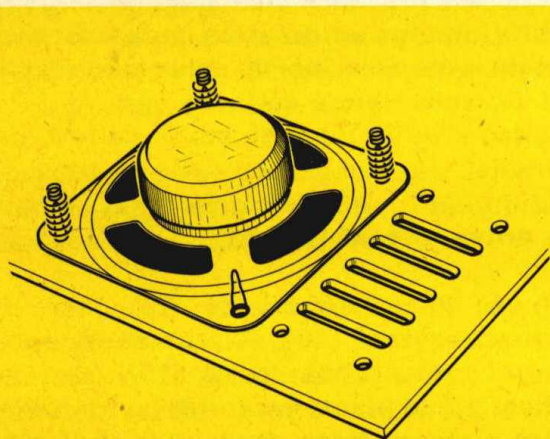


Fig. 6

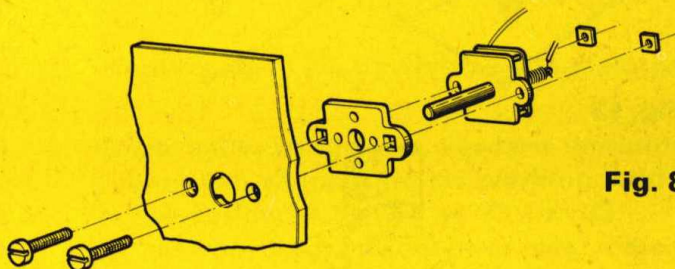


Fig. 8

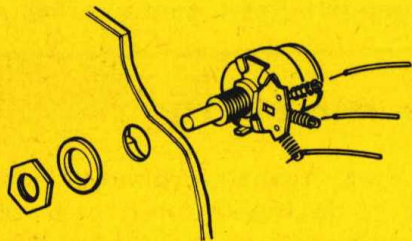


Fig. 7

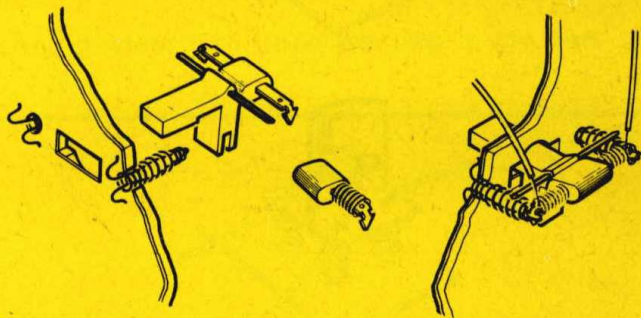


Fig. 9

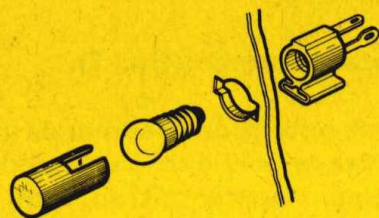


Fig. 10

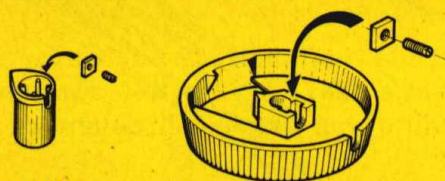


Fig. 11 en 12

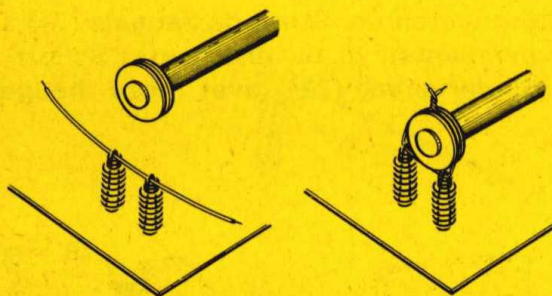


Fig. 13

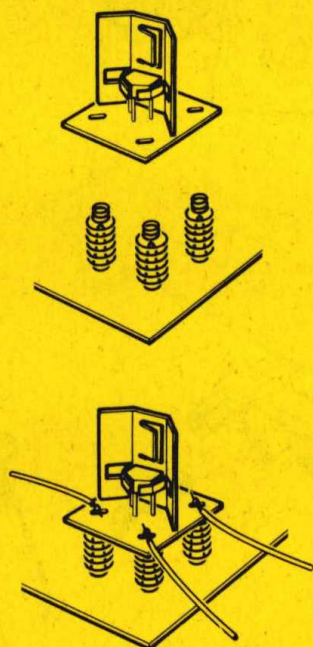


Fig. 14

Schuif de contactveer (30) in de gleuf van de druktoets. Neem dit geheel en steek het met de punten van de beugels in de reeds aangebrachte contactveren. De montagedraden worden aangesloten door de veren (22) tegen de druktoets in te drukken en de blank gemaakte einden door de gaatjes in de beugels te steken.

De signaallamp (fig. 10).

Houd de lamphouder (26) achter het betreffende gat en draai het lampje (14) van voor door het voorpaneel in de lamphouder. Schuif het rode afdekglasje (27) over de lamp door het voorpaneel met de lippen over de fitting.

De knoppen (fig. 11 en 12).

Draai een stelschroef (32) niet te ver in een moer (33). Plaats dit geheel in de rechthoekige uitsparing in het asgat van de betreffende knop. Schuif de knop over de as van de variabele condensator of potentiometer en draai de knop vast met behulp van een kleine schroevendraaier. Zet de schaalknop zodanig vast, dat hij rechtsonder in de uiterste stand de letter P aanwijst.

De antennestaaf (fig. 13).

Schuif de antennespoel (9) over de ferroxcubestaaf (18). Daarna aan weerskanten twee rubber tules (19). Leg het geheel op de plaats waar het gemonteerd moet worden. Neem twee stukjes (5 cm) geïsoleerd montagedraad. Steek deze door de contactveren. Leg de draadjes in de sleuven van de rubberringen en twist de draadeinden in elkaar. De blanke uiteinden mogen geen contact met elkaar maken.

De transistors (fig. 14).

Schuif het transistorplaatje met de sleuven in de hoekpunten over de drie contactveren. Zorg dat deze veren in de goede stand staan. Druk het plaatje iets omlaag en steek door de ontstane

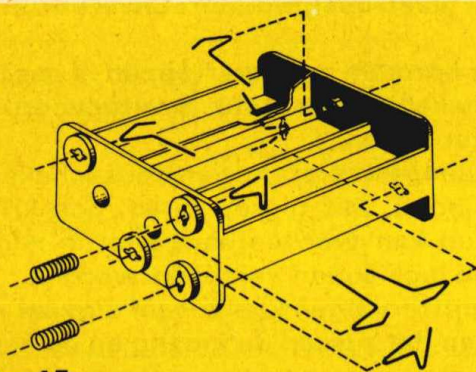


Fig. 15

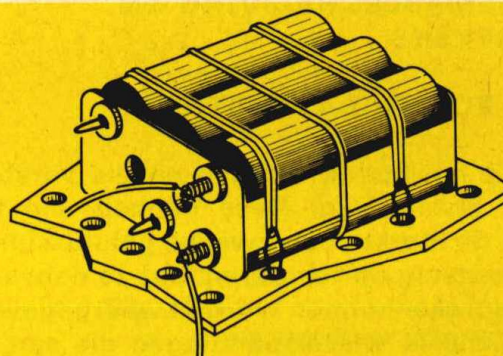


Fig. 16

opening in de haarspeldveer de aansluitdraden of onderdelen.

De batterijhouder. (fig. 15 en 16).

Zet de veren volgens fig. 15 in de batterijhouder en plaats tegelijkertijd de batterij erin. Een elastiekje om het geheel, zodat de batterijen er niet meer uitvallen. De stand van de batterijen is in de batterijhouder aangegeven. Bevestig het geheel met twee elastiekjes en vier haarspeldveren of een stukje geïsoleerd montage draad op de montageplaat.

Bevestiging van de draden aan luidspreker, potentiometer, lamphouder, variabele condensator etc.

Schuif over de aansluitlippen van het betreffende onderdeel een kleine veer (22). Druk de veer in en schuif een blank gemaakt eind (± 7 mm) van de draad door het oog en laat de veer los.

De aansluitingen op het voorpaneel.

In sommige schakelingen zijn vóór op het voorpaneel nog contactveren aangebracht. Deze veren worden met de bedrading verbonden door eerst de haarspeldveer van achter door het gat te steken, daarna het blank gemaakte eind van een draad eveneens door dat gat en vervolgens van voren de tonveer erover heen te drukken. Het draadeind wordt dan vastgeklemd tussen tonveer en voorpaneel.

Aanwijzingen bij de diverse schakelingen

Deze aanwijzingen en verdere verduidelijking van toepassing en werking vind je op bladzijde 14 t/m 18 en 19 t/m 33. In het hoofdstuk „Meer over electronica” worden de verschillende begrippen en de werking van de diverse onderdelen behandeld.

WAARSCHUWING

Kom niet aan het lichtnet, daar de spanning meer dan hoog genoeg is om een noodlottig ongeluk te veroorzaken.

SCHEMABESCHRIJVING EN GEGEVENS

A. ELEKTRO-AKOESTIEK

In dit hoofdstuk worden enkele versterkers beschreven. Deze hebben alle tot doel de sterkte van zwakke geluidssignalen zodanig op te voeren, dat ze door een luidspreker kunnen worden weergegeven. De zwakke wisselspanningen die aan de ingang van zo'n versterker worden toegevoerd kunnen afkomstig zijn van bijv. een microfoon, een platenspeler of magnetofon.

Een platenspeler wordt aangesloten door de afscherming (a) aan de min, en de één of twee kernen (b) aan de andere aansluiting te verbinden (fig. 17).

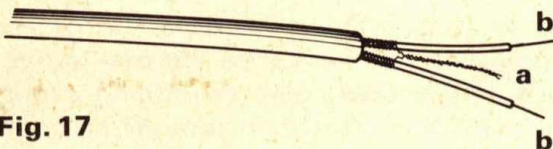


Fig. 17

Van een versterker wordt niet alleen verlangd dat hij deze wisselspanningen voldoende versterkt om via een luidspreker weer te geven, maar bovendien dat hij weinig vervorming geeft (de elektrische trillingen moeten hun oorspronkelijke vorm behouden), dat hij de sterkteverhouding tussen hoge en lage tonen niet ontoelaatbaar verandert en dat de geluidsterkte gemakkelijk regelbaar is.

A1 Tweetrapsgrammofoonversterker

Twee normale versterktrappen in cascade geschakeld. De eerste is uitgevoerd als emittervolger.

De ingangsweerstand van deze schakeling is zo hoog, dat hierop direct een kristal pick-up kan worden aangesloten zonder dat de lage tonen verzwakt worden.

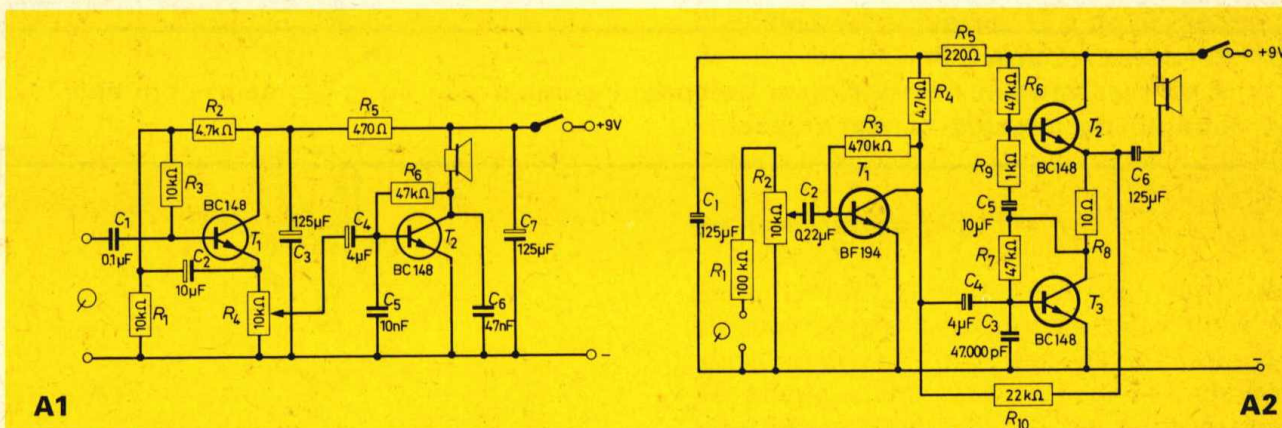
De emittervolger kan zoveel signaal verwerken dat tussen de ingang en de eerste transistor geen potentiometer nodig is.

De potentiometer is achter de eerste transistor geplaatst en hierop wordt het ingangssignaal voor de tweede trap afgenomen. De weerstand R5 vormt met de elektrolytische condensator C3 een filter dat schommelingen van de batterijspanning van de voorversterker verwijderd houdt.

A2 Push-pull versterker

De eindtrap van deze versterker is anders dan we tot nu toe hebben gezien. Het is een balanstrap, hetgeen wil zeggen, dat de stroomveranderingen in de beide transistoren tegen elkaar in gaan. Terwijl de stroom door de transistor T2 toeneemt neemt de stroom door de transistor T3 af en vice versa.

Zoals we zien, staan beide transistoren in serie over de batterijspanning, zodat het wat moeilijk is om je voor te stellen dat de stromen hierdoor van elkaar kunnen verschillen. Dit is mogelijk doordat de stroomveranderingen snel zijn en, zoals op blz. 34 is verteld, kunnen we deze ver-



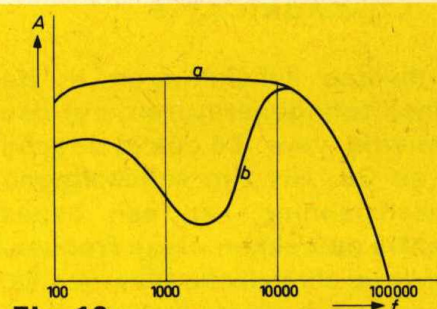
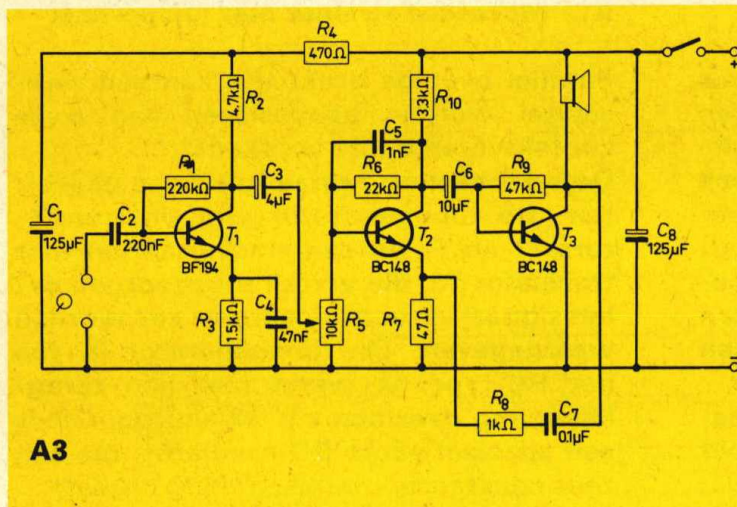


Fig. 18

a - Frequentie karakteristiek zonder tegenkoppeling.

b - Frequentie karakteristiek met tegenkoppeling.

anderingen dan beschouwen als een wisselstroom. Deze wisselstroom, die het verschil is tussen de stromen van beide transistoren, kan door de condensator via de luidspreker afvloeien. De gemiddelde stroom (gelijkstroom) door beide transistoren is dan gelijk.

We hebben nu het voordeel, dat door de luidspreker wel wisselstroom maar géén gelijkstroom loopt. Een bijkomend voordeel van deze balansschakeling is dat hij minder vervorming geeft, doordat kleine afwijkingen in de transistorkarakteristieken worden uitgebalanceerd. In de meeste balansschakelingen worden beide eindtransistoren direct door de voorversterker gestuurd. Hier is dit anders: De transistor T1 stuurt de transistor T3, de collectorwisselstroom van deze transistor loopt behalve door de luidspreker ook door een weerstand R8. De wisselspanning die over deze weerstand ontstaat, stuurt via R9 en C5 de transistor T2.

A3 3-trapsversterker met tegenkoppeling en frequentiecorrectie

Met drie versterktrappen in cascade geeft deze schakeling veel meer versterking dan we nodig hebben. We maken hiervan gebruik voor het aanbrengen van tegenkoppeling. Hieronder wordt verstaan het terugvoeren van een deel van de uitgangsspanning van de versterker naar de ingang. Dit op zodanige wijze, dat de ingangsspanning wordt tegengewerkt.

Een dergelijke tegenkoppeling kan worden aangebracht over één of over meerdere versterktrappen. We zien in het schema dat via de condensator C7 en de weerstand R8 spanning wordt teruggevoerd van de luidspreker naar de emitter van transistor T2. Dit is dus tegenkoppeling over twee trappen. De condensator C5, die tussen de collector en basis van de tweede transistor staat geeft daarentegen tegenkoppeling over één trap. Stel dat we een versterker hebben, die 0,1 V ingangsspanning nodig heeft om 10 V uitgangsspanning te geven (versterking 100 x).

Wanneer we nu van de uitgangsspanning 0,9 V terugvoeren naar de ingang, zodanig dat de uitgangsspanning wordt tegengewerkt, dan zullen we nu 1 V aan de ingang (blijft over 0,1 V) moeten toevoeren om weer 10 V uitgangsspanning te krijgen. De versterking is nu met tegenkoppeling eigenlijk maar 10 x. Oorspronkelijk was deze 100 x. We zeggen dan dat de versterking tienmaal is tegengekoppeld. Tegenkoppeling verbetert de eigenschappen van een versterker. De voornaamste verbetering ligt in vermindering van de vervorming. Wanneer we zorgen dat uitgangsspanningen van verschillende frequentie met verschillende sterkte worden teruggevoerd, dan vermindert de versterking niet voor alle toonhoogten evenveel. We kunnen op deze wijze verandering aanbrengen in de frequentie karakteristiek van de versterker (fig. 18).

B. COMMUNICATIE

In diverse schakelingen in deze doos komen toongeneratoren, ook oscillatoren genoemd, voor. Zo ook in de schakelingen B1 en B3. Dit zijn schakelingen die een wisselspanning van een bepaalde frequentie opwekken. Deze frequentie hangt af van de elektrische waarden van de toegepaste onderdelen en ligt meestal tussen de 10 Hz en de 100 kHz. Wij onderscheiden hierin twee hoofdgroepen.

- a - De LC-oscillatoren; de frequentiebepalende onderdelen zijn een spoel en een condensator.
- b - De RC-oscillatoren; de frequentiebepalende onderdelen zijn weerstanden en condensatoren.

Met LC-oscillatoren is het eenvoudiger om een goed sinusvormig signaal te verkrijgen. Dit soort oscillatoren heeft echter het nadeel dat zij voor lage frequenties erg omvangrijk en duur worden en zeer moeilijk in frequentie te variëren zijn. Voor hoge frequenties worden zij veel toegepast, omdat deze bezwaren daar niet aanwezig zijn en zij de hierboven genoemde voordelen bieden.

De RC-oscillatoren moeten met behulp van terugkoppeling zeer nauwkeurig worden ingesteld. Zij zijn daardoor ook zeer afhankelijk van de spreiding in transistoren, van de waarden van de weerstanden en de condensatoren en van de batterijspanning.

B1 Morsecodetrainer met luidspreker

Parallel over de druktoets kan een sein sleutel worden aangesloten aan twee kontaktveren op de voorkant.

Deze schakeling bestaat uit twee gedeelten: De toongenerator met de transistors T1 en T2 en een eindversterker met transistor T3, die ervoor moet zorgen dat het signaal via een luidspreker kan worden weergegeven. De toongenerator is van het RC-type en werkt met een terugkoppeling over een z.g. Wienbrug. Dit is een speciaal soort RC-oscillator, die een zeer constante wisselspanning afgeeft.

De spanningsversterking hoeft in dit geval maar 3 x te zijn. Deze is echter veel groter, waardoor het signaal wordt vervormd. Daarom is er nog een instelbare tegenkoppeling over C5, R7 en R6, waardoor de versterking wordt verminderd. Wanneer deze tegenkoppeling met R7 juist wordt ingesteld, geeft deze schakeling een goed sinusvormig signaal. Wordt de tegenkoppeling verminderd, dan is de toename van de vervorming goed hoorbaar. Bij een sterke vermindering van de batterijspanning moet de tegenkoppeling ook verminderd worden.

B2 Telefoonmeeluisterversterker

Dit is een drietrapsversterker met alle transistors in gearde emitterschakeling:

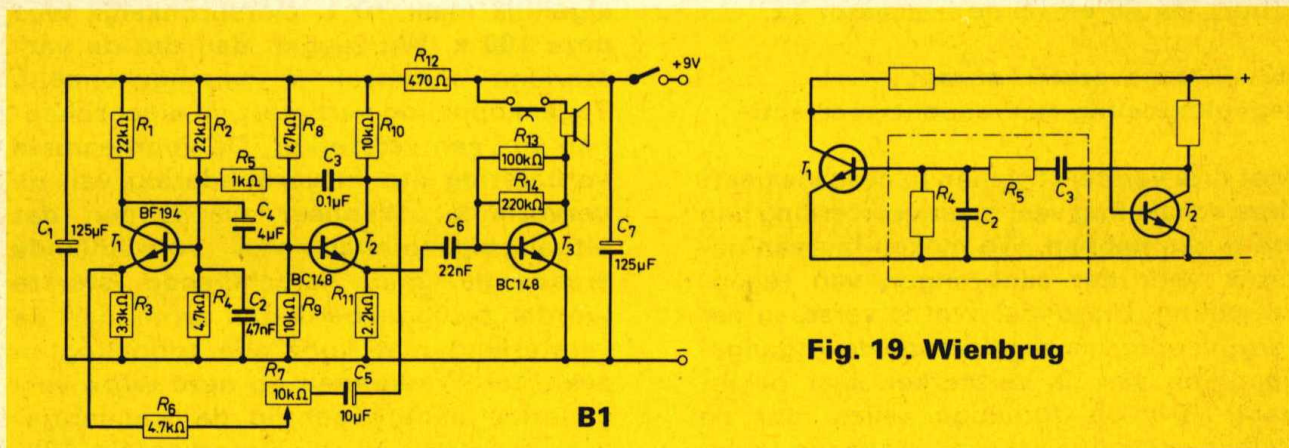
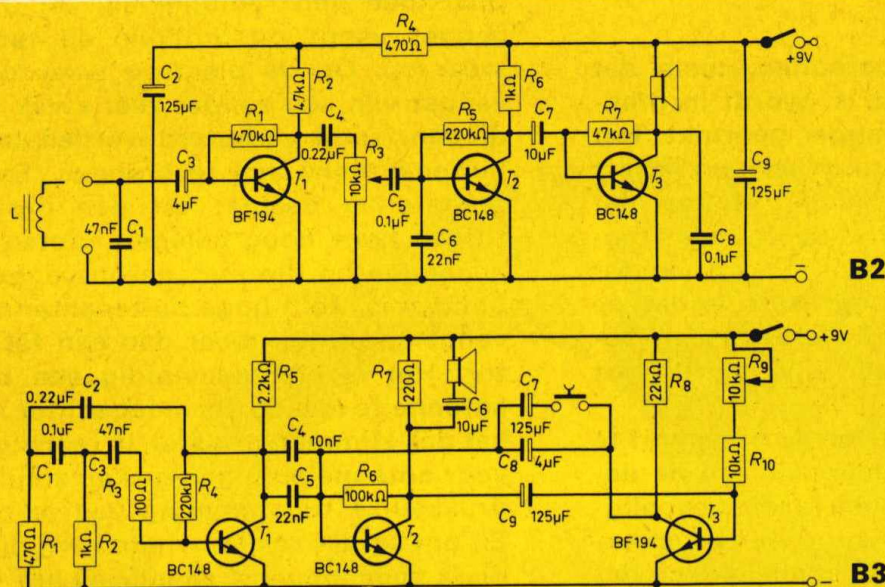


Fig. 19. Wienbrug



dit geeft een grote versterking. Op de ingang van deze versterker wordt (via een langer snoer, b.v. 5 m) het smoor-spoeltje dat zich in deze doos bevindt, aangesloten. In fig. 20 is aangegeven hoe

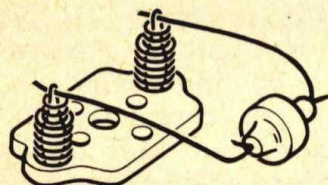


Fig. 20

je het spoeltje op een afstand het best aan de draad kunt verbinden. Dit spoeltje levert een signaal als het in een laag-frequent magnetisch veld wordt gebracht. Zo'n veld vinden wij bij een telefoontoestel door de aanwezigheid van een ijzerkernsmoor spoel of transformator daarin. De beste plaats om het signaal op te pikken moet bij ondervinding worden vastgesteld.

Het signaal dat van dit oppikspoeltje komt, is zo klein dat het zonder kans op overbelasting rechtstreeks aan de eerste trap kan worden toegevoerd. De volume-regelaar vinden wij tussen de eerste en de tweede trap. Het signaal aan de ingang wordt door de condensatoren C1, C4, C5 en C6 begrensd in frequentie-omvang; alleen het spraakgebied wordt doorgelaten.

Dit is noodzakelijk vanwege de grote ver-

sterking, daar anders het apparaat veel brom zou oppikken of hoogfrequent instabiel zou worden. Een andere vorm van instabiliteit, ook wel „rondzingen” genoemd, krijgen wij als wij de spoel in de buurt van de eigen luidspreker brengen.

B3 Generator voor telefoonsignalen

Deze schakeling bootst de signalen na die de P.T.T. bij de telefoon toepast.

Dit apparaat bestaat uit twee gedeelten. Een RC-toongenerator met de transistor T1, die een toon van een bepaalde frequentie levert. Deze toon wordt aan het tweede gedeelte van deze schakeling, een multivibrator met de transistors T2 en T3 toegevoerd. Een multivibrator is een elektronische schakelaar die met een bepaalde frequentie open en dicht gaat. In dit geval wordt de transistor T2 periodiek geopend en gesloten. Het tempo hiervan kan verlaagd worden door het indrukken van de druktoets bij C7.

De transistor T2, in geopende toestand, versterkt het signaal van de toongenerator en stuurt het naar de luidspreker. De luidspreker kan niet direkt aan de collector worden aangesloten, omdat de inductie van de luidspreker en de resonantieverschijnselen de goede werking van de multivibrator verstoren.

C. RADIO

Diode detectie, het detectiesysteem dat op blz. 47 beschreven is, wordt in praktisch elke radio-ontvanger gebruikt. Het is eenvoudig en betrouwbaar en levert bovendien een laagfrequent signaal dat praktisch dezelfde vorm heeft als de modulatie van de draaggolf. Er zijn echter ook nadelen. De belangrijkste is dat de detector slechts goed werkt in een bepaald spanningsgebied, bijv. van 0.1 tot 10 V.

Wanneer de spanning van de draaggolf te laag is, loopt het rendement van de detector terug, hetgeen een lagere gevoeligheid en een grotere vervorming veroorzaakt. In principe is het mogelijk een detector te maken die op een hogere spanning dan 10 V werkt, en deze rechtstreeks een luidspreker te laten voeden. Dit zou echter leiden tot zeer onpraktische en on-economische schakelingen.

Daarom vinden wij in elke normale ontvanger één of meer hoogfrequent versterktrappen vóór en één of meer laagfrequent versterktrappen achter de detector. Wij zien dit ook in de ontvanger C1 met de ongebruikelijke afwijking dat de eerste transistor als hoogfrequent en als laagfrequent versterker werkt. In meer ingewikkelde ontvangers kan het nodig zijn zelfs drie hoogfrequent versterktrappen tussen de antenne en de detector te plaatsen. Dit leidt echter tot constructieve moeilijkheden, waarop wij hier niet verder zullen in gaan. Om dit te onderkennen wij het principe van de superheterodyne.

De diodedetector is niet de enige detector die wij in deze doos toepassen. In de schakeling C2, bedoeld om VHF (Very High Frequencies - zeer hoge frequenties) te ontvangen, maken wij gebruik van een superregeneratieve detector. Deze detector heeft vele nadelen, maar één zeer bijzondere eigenschap, namelijk dat met eenvoudige middelen een hoge gevoeligheid bereikt kan worden.

Antenne en aarde

Bij een zender dient de antenne voor het

uitzenden van radiogolven. Bij de ontvanger vangt de antenne de radiogolf weer op. Op de plaatsen waar de ontvangst van een zender zeer zwak is, kan dit aanzienlijk verbeterd worden door een buitenantenne aan te brengen. Een buitenantenne bestaat uit een draad die tussen twee hoog gelegen punten is opgehangen en die met de ontvanger verbonden is. Zo'n hoge buitenantenne ontvangt natuurlijk meer dan een ferroceptor. Het is niet eenvoudig een buitenantenne te maken. Je moet echter niet op het dak klimmen of gaten in raamkozijnen voor antenneleidingen maken zonder uitdrukkelijke toestemming van je ouders. En om eerlijk te zijn, vinden wij dit geen werk voor jongens, aangezien het veel te gevaarlijk is.

De antenne mag niet rechtstreeks met de schoorsteen of een ander voorwerp verbonden worden, maar moet daarvan geïsoleerd zijn. Hiervoor bestaan speciale isolatoren. Als je voor de antenne een draad moet verlengen, moet je de verbinding solderen. Eigenlijk is het beter een draad uit één stuk te gebruiken.

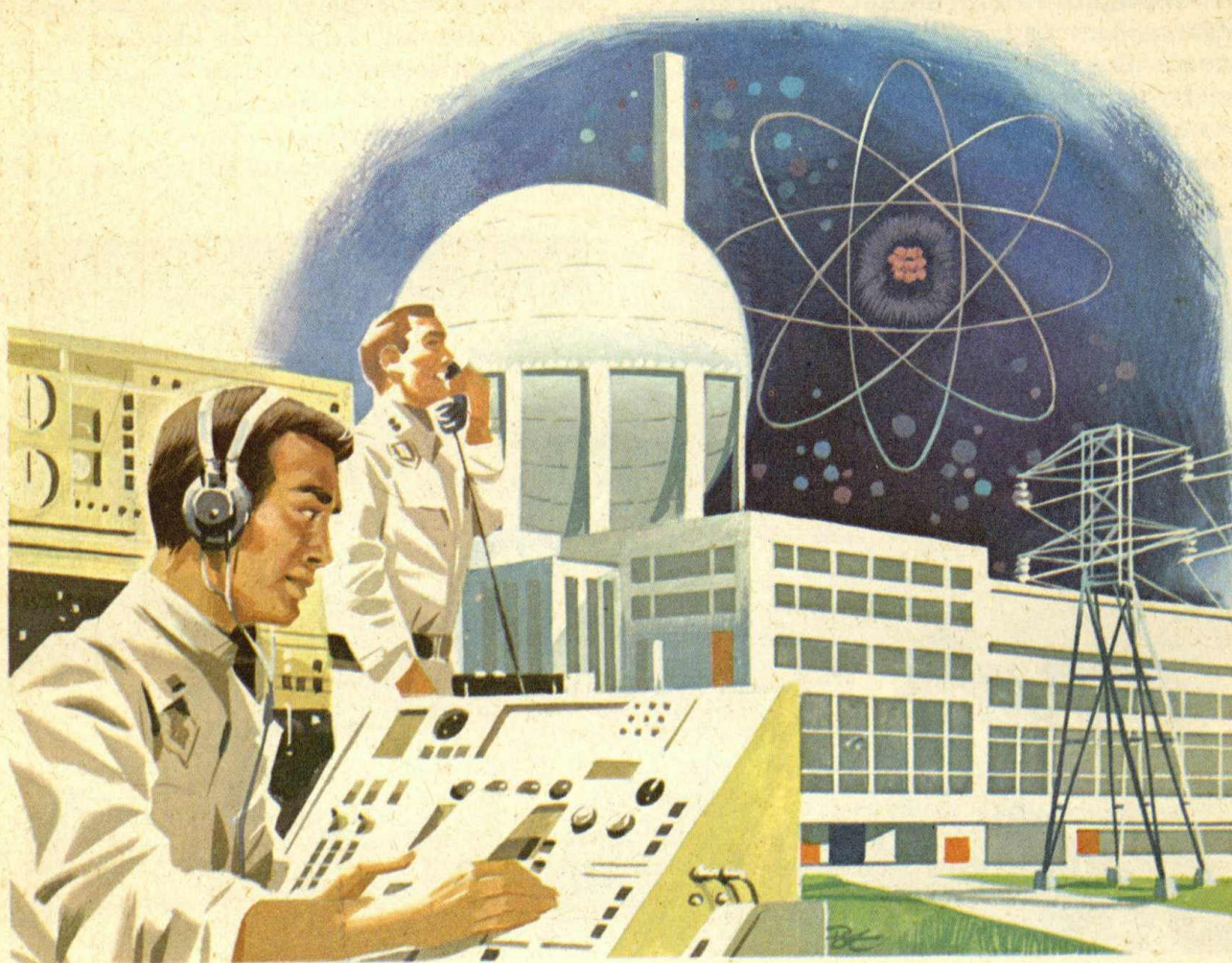
Als je een buitenantenne gebruikt, raden wij je ten eerste aan ook een aardleiding te gebruiken. Met „aarde” bedoelen wij de grond en niet zo maar een beetje aarde in een pot. De waterleidingbuizen vormen een uitstekende aardleiding. Deze buizen lopen over een grote afstand door de grond en maken dus uitstekend contact met de aarde. Het is dus voldoende om je aardleiding met een waterleidingbuis te verbinden. Hiervoor zijn speciale klemmen in de handel. De waterleidingbuis moet natuurlijk van een geleidend materiaal zijn en alle eventuele verf en roest moet verwijderd worden van de plaats waar je de aardleiding wilt bevestigen.

In deze bouwdoos wordt geen materiaal voor antenne en aardleiding meegeleverd. Op de schemakaart is aangegeven hoe je antenne en aardleiding aan je ontvanger moet bevestigen.

VHF-antennes

Wat hiervoor verteld is over buitenantennes, geldt alleen voor de ontvangst op

vervolg op pag. 19



MEER OVER ELEKTRONICA

Ingenieurs en technici van onze laboratoria hebben de onderdelen in deze bouwdoos ontworpen en hebben, met alle bekwaamheid en plezier waarmee ze aan radio of radar, aan elektronische regelapparatuur of aan televisie werken, schakelingen uitgedacht. Het terrein, waarop de elektronica wordt toegepast, breidt zich gestadig uit en daarom neemt de vraag naar knappe en enthousiaste technici ook gestadig toe. Misschien zal het genoeg, dat je aan je elektronica-bouwdoos zult beleven, je aanmoedigen om erover te gaan denken van de techniek het werk van je leven te maken.

Als je studeert, maar ook later nog, als je werkt, zul je beseffen hoeveel nuttige dingen je geleerd hebt, toen je op je kamer aan het experimenteren was. We wensen je nu echter alvast veel genoeglijke uren.

ATOMEN

Alle lichamen in de natuur zijn opgebouwd uit atomen. De atomen bestaan uit een kern met een aantal elektronen eromheen. Je zou dit met een zonnestelsel kunnen vergelijken. In ons zonnestelsel is de zon de kern en alle planeten draaien eromheen. Het kleinst waarneembare materiedeeltje bestaat nog uit miljoenen

atomen. In de natuur verschillen de stoffen onderling wat betreft de bouw van de kern en het aantal elektronen dat eromheen draait. Waterstof is de stof met het eenvoudigste atoom; er draait slechts één elektron om de kern van het waterstofatoom. Een ander atoom, dat van helium, heeft twee elektronen. Wat het koperatoom betreft, dit heeft 29 ronddraaiende elektronen, die zich niet allemaal op de-

GROTE EN KLEINE STROMEN

Als je een kraan opendraait, komt er water uit. Het water loopt door een buis. Als je de schakelaar van het elektrisch licht omdraait, komen er elektronen in enorm grote aantallen door de draad. Ja, letterlijk enorme aantallen, want als je een grote elektrische lamp aandraait, stromen er elke seconde 6,3 miljoen maal



ANDRE MARIE AMPERE (1776 - 1836)

ALESSANDRO VOLTA (1745 - 1827)

zelfde afstand van de kern bevinden. Het laatste van de 29 bevindt zich nogal ver van de kern, bijna vrij van de andere. De kracht waarmee het in zijn „zonnestelsel” wordt vastgehouden is niet zo sterk als die voor de andere elektronen. Het kan van het ene koperatoom naar het andere overspringen. Het wordt een „vrij elektron” genoemd. Aangezien een uiterst klein deeltje koper reeds miljarden atomen bevat, bevat het ook miljarden vrije elektronen. Alle elektronen hebben een negatieve elektrische lading. De beweging van de elektronen wordt elektrische stroom genoemd. Elektronen bewegen zich gemakkelijk door een koperdraad omdat koper een goede elektrische geleider is.

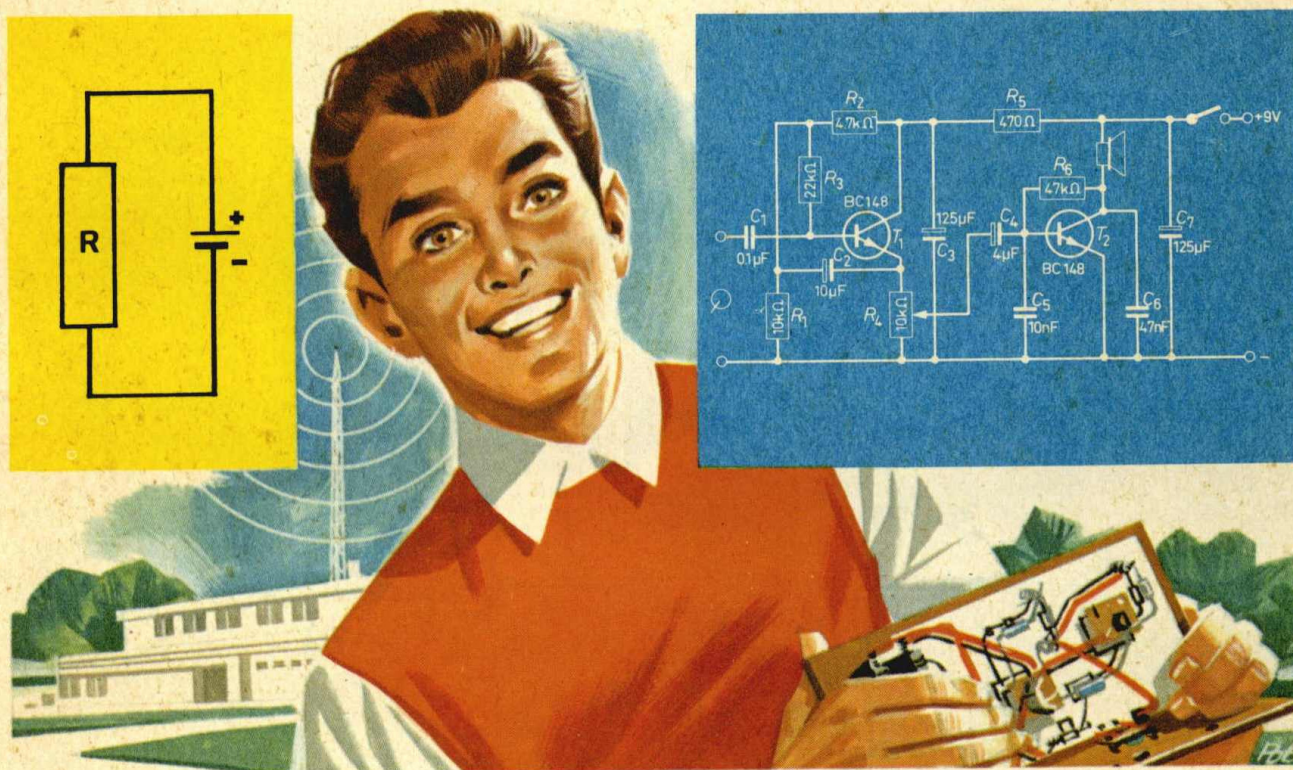
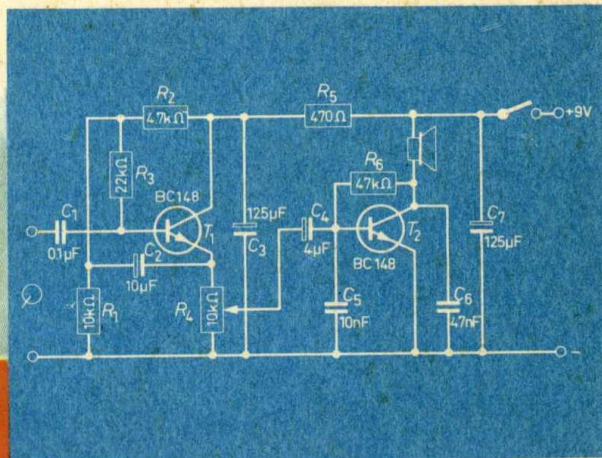
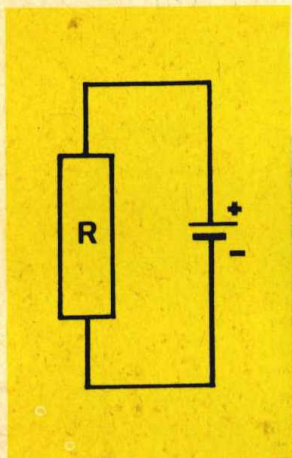
miljoen maal miljoen elektronen door de lamp. Het is heel moeilijk te werken met zulk een getal en daarom wordt een stroom van 6,3 miljoen x miljoen x miljoen elektronen per seconde een stroom van één Ampère genoemd. Dit kan in een nog kortere vorm geschreven worden als: 1 A. In de elektronica zijn we gewoonlijk zuiniger met elektronen dan bij wat we de netvoeding noemen. We gebruiken er veel kleinere stroompjes dan van 1 Ampère (1 A). In werkelijkheid duizend of miljoen maal zo klein. Om het gemakkelijker te maken over deze kleine stroompjes te spreken, heeft men het duizendste deel van een Ampère milli-Ampère (afgekort mA) genoemd. Het miljoenste

deel van een Ampère wordt micro-Ampère genoemd (afgekort: μA). (μ is de Griekse letter mu).

WEERSTANDEN

Je weet heel goed, dat water niet zomaar vanzelf door de pijpen van de waterleiding loopt. Het moet erdoor gepompt worden, omdat het water op zijn weg

dan koper. De eenheid van elektrische weerstand is de Ohm, als symbool ook geschreven als Ω . Een koperen draad van ongeveer 180 meter lang en 2 mm dik heeft een weerstand van 1 Ohm. Een weerstand van 1.000 Ohm wordt kilo-Ohm genoemd, afgekort tot $\text{k}\Omega$, en een miljoen Ohm wordt een mega-Ohm genoemd, afgekort tot $\text{M}\Omega$. Een weerstand van 500.000 Ohm kan dus genoemd



door de pijpen weerstand ondervindt. Met de elektrische stroom is het precies hetzelfde. Hij ondervindt ook weerstand op zijn weg door de koperen draden van een elektrische schakeling. In beide gevallen biedt een lang toevoerstelsel meer weerstand aan de stroom dan een kort, en een nauw stelsel biedt meer weerstand dan een breed. Voor wat betreft waterpijpen, hier heeft het soort materiaal waarvan ze gemaakt zijn, geen invloed op het doorstromen. Bij elektrische draden is het wat ingewikkelder, omdat, als deze niet gemaakt zijn van een goede geleider zoals koper, de stroom er niet zo gemakkelijk doorheen gaat. IJzer bijv. heeft een grotere elektrische weerstand

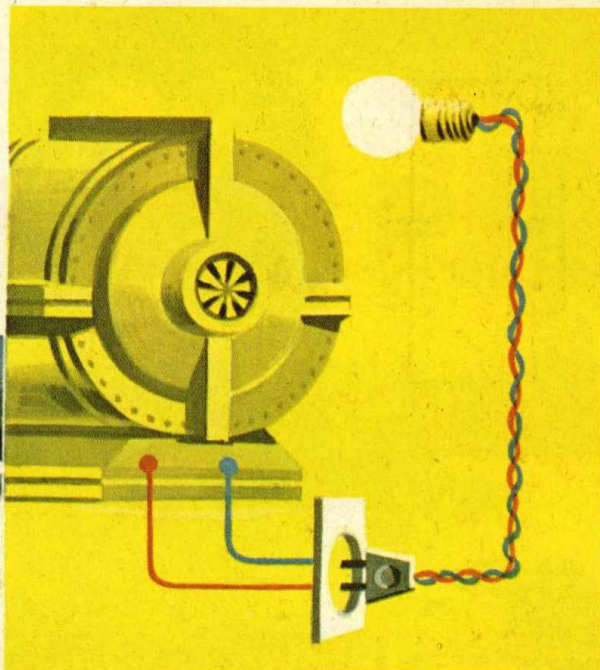
worden 500.000 Ω , of 500k Ω of 0,5 $\text{M}\Omega$, naar het het beste uitkomt.

SPANNING

Water stroomt niet vanzelf door de buizen, want er is altijd een kracht nodig om het door de buizen te stuwten. Zo heeft ook een elektrische stroom een stuwkracht nodig die we spanning noemen. Spanning kun je krijgen van een batterij. De eenheid van spanning wordt Volt genoemd. Als je een draad hebt met een weerstand van 1 Ohm en je verbindt hem met een batterij van 1 Volt, dan loopt er een stroom van 1 A door de draad. In de elektronica kunnen we spanningen hebben die veel

groter zijn dan 1 V en ook andere die veel kleiner zijn. Bijv. de beeldbuis van een televisietoestel werkt bij 18.000 Volt. In dat geval kunnen we ook spreken van 18 kilo-Volt (kilo voor 1.000), afgekort tot 18 kV. Maar in een radiotoestel komen we ook spanningen tegen van een duizendste Volt en van een miljoenste Volt. Deze worden milli-Volt en micro-Volt genoemd, resp. afgekort tot mV en μ V.

we onderdelen die door middel van koperdraden met elkaar verbonden worden. Echter, in de schakelschema's van deze apparaten worden deze onderdelen door symbolen weergegeven. Welk symbool gebruikt wordt voor welk onderdeel, vind je in het eerste gedeelte van dit boek. Het laatste gedeelte van dit boek geeft de schakelschema's van de schakelingen die je kunt maken.



De batterijen die je gebruikt voor de verschillende experimenten, hebben een spanning van 1,5 V, wanneer je ze echter in een batterijhouder zet, worden ze zogenaamd in serie geschakeld. In dat geval is de spanning die de batterijhouder met batterijen levert zes maal $1,5 \text{ V} = 9 \text{ V}$. Natuurlijk kun je elke 9 V gelijkstroomvoeding voor de experimenten gebruiken. Als je je soms afvraagt waar de woorden Ampère, Volt en Ohm vandaan komen: Deze zijn afgeleid van de namen van beroemde natuurkundigen.

SYMBOLEN IN DE SCHAKELINGEN

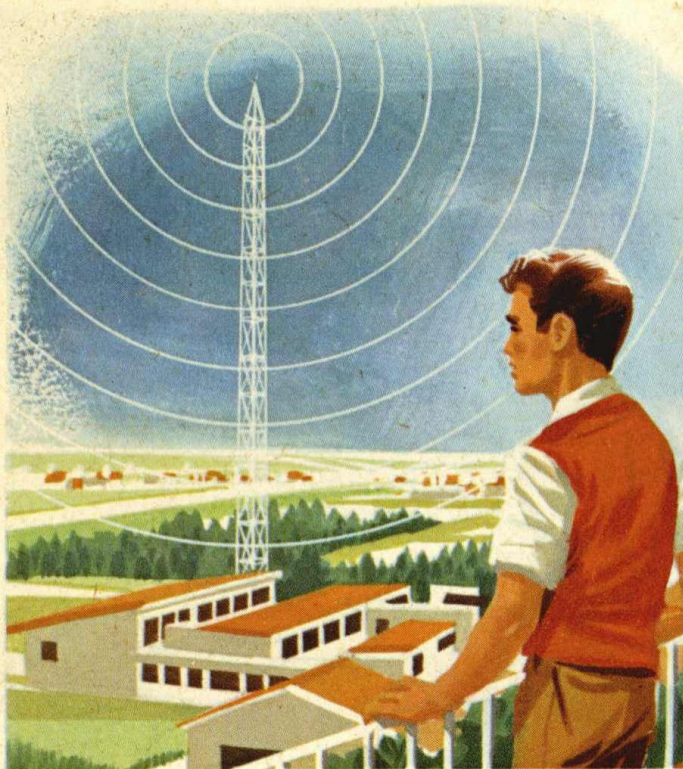
Bij de elektronische apparaten gebruiken

PLUS OF MIN?

Bij het symbool van de batterij zie je een plus- en een minteken. Deze geven de richting aan waarin de stroom gaat, maar let nu goed op! Men is dit overeengekomen, nog voordat we wisten van het bestaan van elektronen. Een zijde van de batterij werd plus genoemd, en men zei dat de stroom loopt van plus naar min. Pas later ontdekte iemand, dat de elektronen in werkelijkheid stromen in tegengestelde richting, dus van min naar plus. We moeten onze grootouders en overgrootouders daar niet te hard om uitlachen. Ze waren alleen nog niet zo ver als wij. Een batterij is, als het ware, een

doosje waarin zich een enorm aantal elektronen bevindt. De elektronen stromen van de minpool door de weerstand in de verbindingsdraad naar de pluspool van de batterij. Als de chemische stoffen in de batterij, die de spanning opwekken, hun kracht hebben verloren, is de batterij „leeg” en moet door een nieuwe vervangen worden. De levensduur van een batterij hangt af van de afmetingen er-

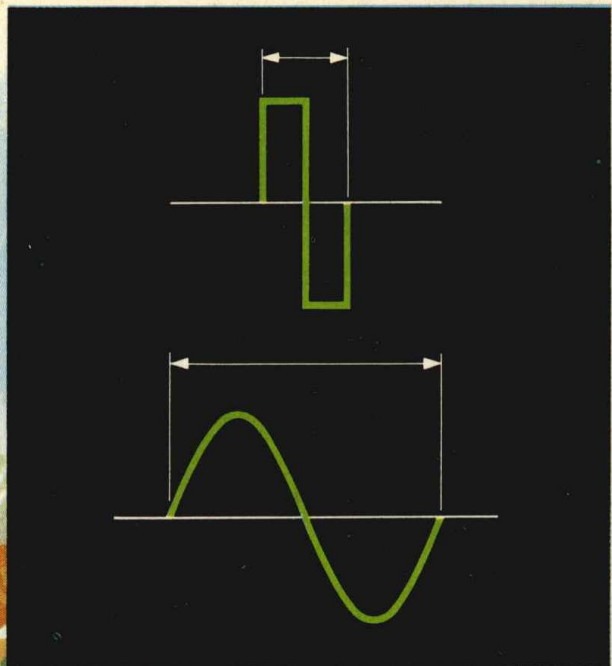
lijk zeggen: „Dat is sterk”. Inderdaad, als het water in de buis zich ook zo gedroeg, zou er heel weinig uit de kraan komen. De elektriciteit hoeft echter niet uit de draad te komen om nuttig te zijn. Laat ons, om dit te kunnen voorstellen, in de leer gaan bij de primitieve mensen. Zij kunnen vuur maken door een stok zeer snel in een blok hout rond te draaien. De wrijving veroorzaakt hitte en als de hitte groot ge-



van, van de stroom die men van de batterij betreft en de tijd dat deze ononderbroken gebruikt wordt. Dit is bijv. drie keer één uur lang en tien keer een half uur lang, en niet zes keer een half uur, zoals je zou verwachten.

WISSELSTROOM

Tot nu toe hebben we steeds een stroom beschouwd, die altijd in één richting gaat. Dat is bij de waterleiding altijd het geval. Bij de elektriciteit kan dat anders zijn. Daar kunnen de elektronen even in één richting gaan, dan even in de andere richting door de draad en dan opnieuw in de eerste richting enz. Nu zul je waarschijn-



noeg is, begint het stokje te smeulen. Wrijving betekent het overwinnen van weerstand. Als je in je handen wrijft, worden ze ook warm, omdat de ene hand zich over de andere hand beweegt en weerstand ondervindt. Als een elektrische stroom door een draad gaat, moet er ook een weerstand overwonnen worden. Dit maakt de draad warm, waarbij het er niets toe doet of de elektronen zich van links naar rechts, of van rechts naar links, of op en neer bewegen. De grootte van de stroom en de grootte van de weerstand bepalen hoeveel warmte er ontwikkeld wordt, afgezien van de vraag of het een gelijkstroom of een wisselstroom is. Voorbeelden van warmteontwikkeling

door middel van elektrische stroom zijn je heel goed bekend, in de elektrische kachel en de gloeilamp bijvoorbeeld.

Deze wisselstroom heeft echter andere voordelen boven gelijkstroom, wat we aanstonds zullen zien. Wisselstroom krijgen we van onze stopcontacten. Kom niet aan het lichtnet, daar de spanning meer dan hoog genoeg is om een noodlottig ongeluk te veroorzaken.

bolisch wordt dit aangegeven door een slingerlijn die zich beurtelings boven en onder een nullijn bevindt. Dit een maal omhoog en omlaag, of op en neer gaan, wordt de „periode” van de wisselstroom (wisselspanning) genoemd. Het aantal perioden per seconde wordt de frequentie genoemd. Zo is in dit geval de frequentie 1 periode per seconde.

De spanning van het lichtnet heeft een



De batterijen die we gebruiken, geven gelijkstroom, waarvan de spanning voldoende is om de apparaten, die we gaan bouwen te doen werken, maar gelukkig veel te laag om ongelukken te veroorzaken.

FREQUENTIE

We moeten wat meer weten van wisselstroom dan het aantal Ampères. We moeten bijv. de snelheid kennen, waarmee de stroom op en neer gaat. Stel je even voor dat de stroom een halve seconde van links naar rechts gaat en dan een halve seconde van rechts naar links. Dat is een maal per seconde op en neer. Sym-

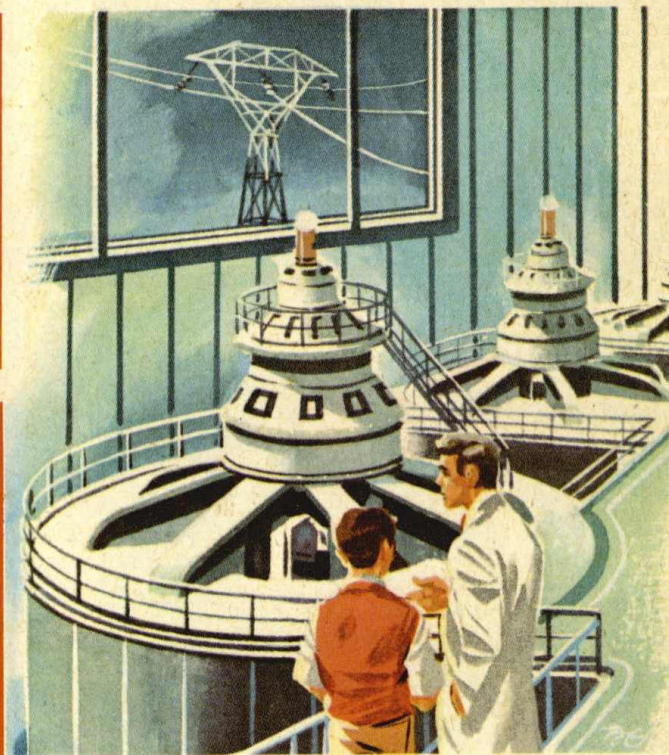
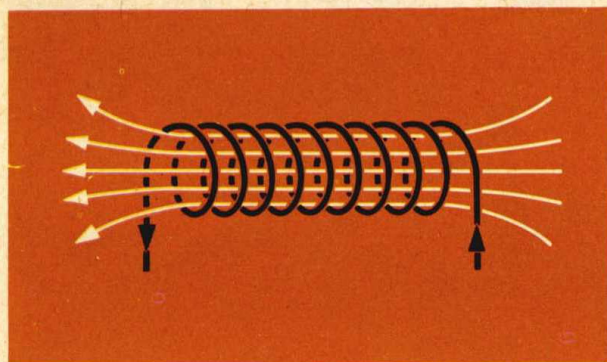
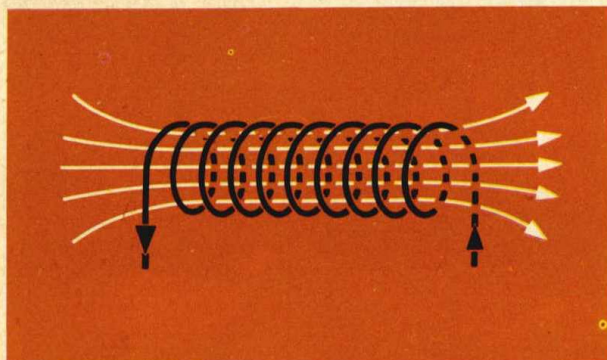
frequentie van 50 perioden per seconde. In plaats van te spreken over perioden per seconde, wat nogal een mondvul is, kunnen we het afkorten tot Hz (afkorting van de naam Hertz). In de radiotechniek worden veel hogere frequenties gebruikt. Veel zendstations werken met frequenties van miljoenen Hz. Voor het gemak spreken we van kilo-Hertz (kHz) en mega-Hertz (MHz). In werkelijkheid werkt wisselstroom gewoonlijk niet met horten en stoten, zoals aangegeven, maar geleidelijk. Hij begint bescheiden in één richting, wordt groter en neemt dan geleidelijk weer af, verandert van richting enz., hetgeen één periode voorstelt. De horizontale lijn geeft de nulwaarde aan.

Je ziet dat de stroom of de spanning in twee richtingen ten opzichte van nul beweegt.

SPOELEN

Wisselstroom stroomt op precies dezelfde wijze door draden en weerstanden als gelijkstroom, maar als we een draad tot een spoel winden, nemen we een verschil

spoel, dan zien we dat in de spoel een wisselspanning wordt opgewekt. Door deze spanning gaat er weer een stroom lopen. Keren we terug tot de weerstand die een wisselstroom in een spoel ondervindt, dan zien we het volgende. Laat ons een wisselspanning op de spoel zetten. Dan zal er een wisselstroom gaan lopen door de spoel; dat is duidelijk. Deze wisselstroom zal een magnetisch veld

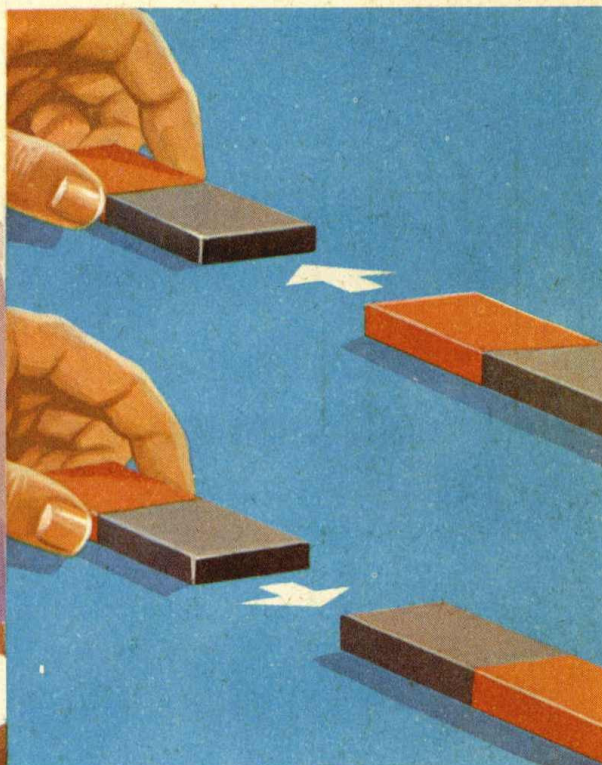


waar. Wisselstroom ondervindt in een spoel meer weerstand dan gelijkstroom. Hoe groter de frequentie, hoe moeilijker de stroom door de spoel komt. Hoe komt dat nu? Als een stroom door een spoel gaat, wordt er een magnetisch veld opgewekt, gelijk aan dat van een gewone staafmagneet. Zulk een spoel zal daarom ijzervijlsel en een kompasnaald aantrekken. Het omgekeerde is echter ook waar. Met behulp van een magnetisch veld, bijv. van een staafmagneet, kunnen we een elektrische stroom in een spoel opwekken. Dit gaat echter niet zomaar. Als een spoel dicht bij een staafmagneet ligt, gebeurt er niets. Bewegen we echter het magnetisch veld ten opzichte van de

veroorzaken, dat ook zal wisselen. Dan zal natuurlijk de spanning die in de spoel wordt opgewekt, door het magnetisch veld weer een wisselspanning zijn. Tot zo ver is het in orde, maar hoe nu verder? Zal deze nieuwe spanning de oude helpen een stroom door de spoel te zenden, of zal ze hem tegenwerken? De „geïnduceerde” spanning werkt de oorspronkelijke spanning tegen. Gelukkig, want als het andersom was, zou de stroom almaar groter en groter worden, zoals het nu echter is, werkt de zogenaamde inductiespanning de oorspronkelijke spanning tegen en zal zo de stroom kleiner doen worden. Dat is hetzelfde als wanneer we de weerstand vergroten. Hoe hoger nu de

frequentie van de wisselstroom is, hoe sneller de stroom van richting verandert en hoe groter de tegenspanning is. Bijgevolg wordt de stroom steeds kleiner, dat wil zeggen de weerstand van de spoel wordt steeds groter. Als we een constante gelijkstroombron hadden gebruikt, zou er, toen eenmaal de stroom liep, geen inductiespanning zijn. Dan wordt de stroom dus alleen beperkt door de weerstand van

magneet. Maar er is ook een elektrisch veld. Een magnetisch veld wordt opgewekt als een stroom door een draad gaat; een elektrisch veld is aanwezig rond een voorwerp waarop een spanning staat. Je weet, dat als je een glazen staafje of een grammofoonplaat met een droge wollen of zijden doek wrijft, het staafje en de plaat stof en kleine stukjes papier kunnen aantrekken. Dat is het gevolg van



de draad van de spoel, daar het belangrijke wisselen van spanning niet aanwezig is.

We hebben gezien dat gelijkstroom gemakkelijk door zo'n spoel gaat en dat wisselstroom het moeilijker doet. Hoe hoger de frequentie van de wisselstroom, hoe moeilijker de stroom door de spoel gaat. De weerstand die een spoel biedt aan een wisselstroom van een bepaalde frequentie hangt af van de afmetingen en het aantal windingen van de spoel.

ELEKTRISCH VELD

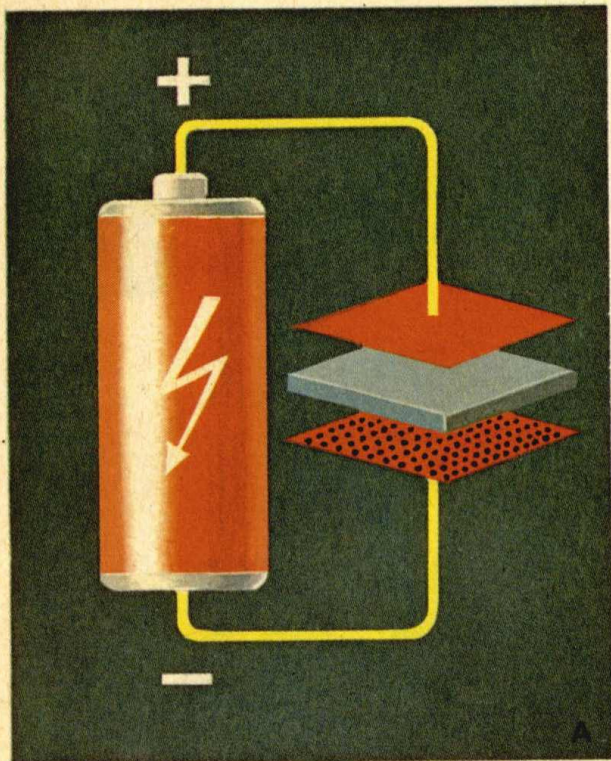
Magnetische velden zijn voldoende bekend, dank zij het kompas en de hoef-

het feit dat door het wrijven, deze voorwerpen elektrisch geladen worden en er een concentratie van elektronen aan de oppervlakte plaats vindt.

Wat je niet kunt zien, is dat het elektrisch veld niet alleen stofjes aantrekt, maar ook elektronen aantrekt of afstoot. Wat het afstoten betreft, denk maar even aan wat er gebeurt, als je twee magneten dicht bij elkaar brengt. De noordpool van de ene magneet trekt de zuidpool van de andere aan, maar de twee noordpolen stoten elkaar af. Elektronen zijn allemaal negatief geladen. Dus, net zoals gelijknamige polen elkaar afstoten, stoten ook elektronen elkaar af.

CONDENSATOREN

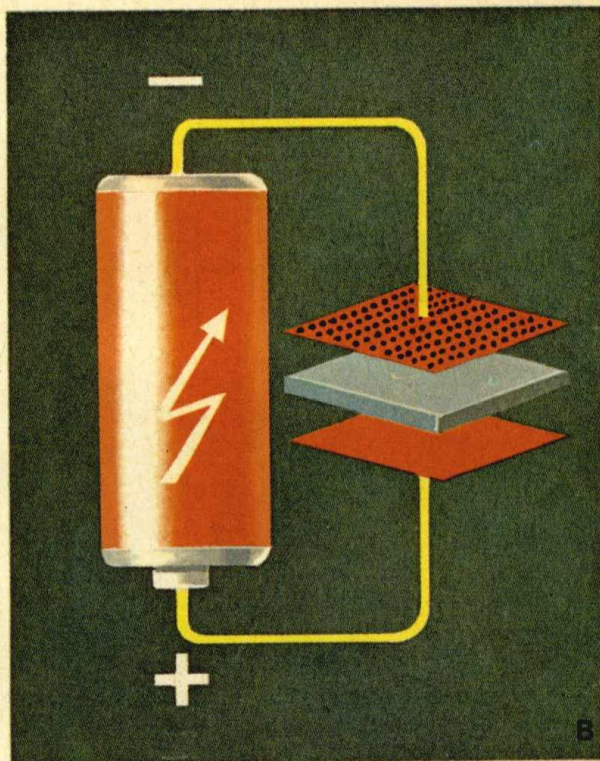
Laat ons nu zien wat er gebeurt als we twee metalen platen die vlak boven elkaar zijn geplaatst, elk met één pool van de batterij verbinden. De elektronen stromen van de negatieve pool naar de onderste metalen plaat (Fig. A). Dat moeten ze wel omdat er massa's elektronen in de batterij aanwezig zijn, die allemaal proberen el-



kaar af te stoten. De draadverbinding en de plaat geven hem de kans enige duizenden miljoenen elektronen uit de batterij langs de draad de plaat in te stuwen. Als ze daar aangekomen zijn, kunnen ze niet verder, omdat de lucht de elektronen niet doorlaat. Lucht is geen geleider, het is een isolator. Maar een elektrische lading wekt een elektrisch veld op, dat door de lucht loopt en de andere plaat bereikt. Ook in deze plaat zijn elektronen. Trouwens, er bevinden zich altijd elektronen in een geleider, zelfs wanneer de geleider niet is aangesloten op een batterij. De elektronen zijn nu eenmaal in het metaal aanwezig. Ze stromen er echter niet doorheen, zolang daar geen bijzondere reden

toe is, maar ze kunnen in beweging gebracht worden.

Onbeleefde mensen, die in een trein stappen, dringen naar binnen en gebruiken hun ellebogen. Elektronen zijn veel erger dan mensen. Ze zijn altijd onbeleefd tegen elkaar en kunnen zelfs op een afstand duwen. Het elektrische veld dat van de onderste plaat uitstraalt, drukt daarom elektronen uit de bovenste

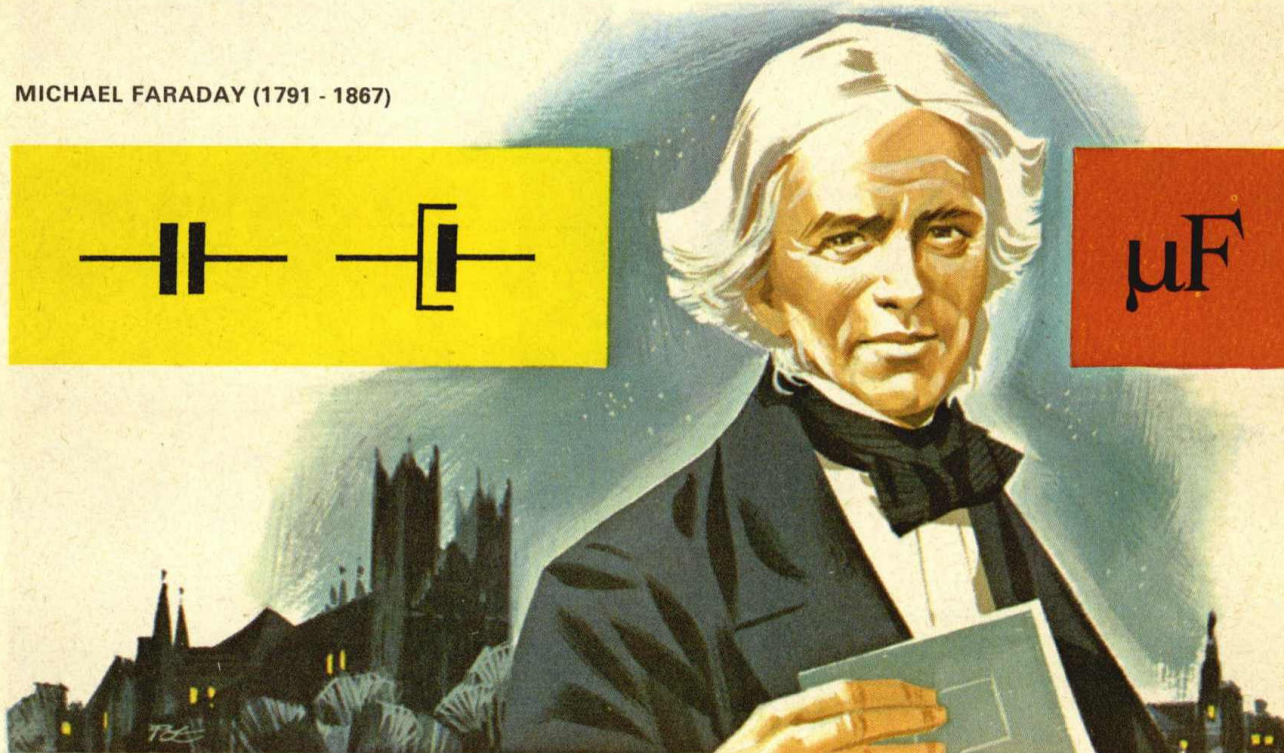
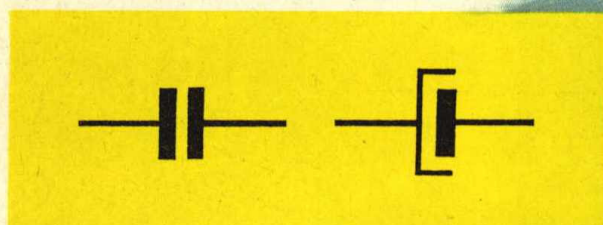


plaat weg, langs de draad naar de pluspool van de batterij. Hoe hoger de spanning, hoe meer elektronen weggedrukt kunnen worden. Wat gebeurt er op het ogenblik dat we een batterij met twee metalen platen verbinden? Eén elektronenstroom gaat van de minpool van de batterij naar één van de platen en van de andere plaat naar de pluspool van de batterij. Dat is alles. Als het „opvullen” ophoudt, bereiken de elektronen aan weerszijden van de open ruimte de evenwichtstoestand. Ze houden op zich te bewegen en er loopt geen stroom meer. Nu verbinden we de batterij snel andersom aan de platen, zodat de plus nu onder is en de min boven (Fig. B). De minpool

van de batterij ziet weer kans om wat elektronen kwijt te raken, ditmaal aan de bovenste plaat, die natuurlijk leeg is. Als de elektronen de plaat hebben bereikt, stoten ze hun broertjes en zusjes die nog aanwezig zijn op de onderste plaat, met zulk een kracht af, dat ze in de batterij terechtkomen, waarbij ze een stroom opwekken die duurt totdat de bovenste plaat met elektronen geladen is. Wat

niet met elkaar verbonden zijn, worden één „condensator” genoemd. Als de frequentie van de wisselstroom hoger wordt, loopt de stroom gemakkelijker door zulk een condensator. Een condensator is dus precies het tegenovergestelde van een spoel. Hij laat dus geen gelijkstroom door maar wel wisselstroom, in het bijzonder als deze een hoge frequentie heeft. De afmetingen van een condensator, dat wil

MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)



hebben we nu gezien? Eerst stroomden de elektronen in de onderste draad van links naar rechts. Daarna andersom. Als we nu de polen van de batterij maar blijven omkeren, zal er een wisselstroom door de draad gaan. Het zal je duidelijk zijn dat, als de polen heel snel omgewisseld worden, de elektronen veel vaker op en neer zullen vliegen, dan wanneer de polen langzaam worden omgewisseld. In plaats van de polen van de batterij om te keren, kunnen we ook een wisselspanning toepassen. In de techniek worden op vele manieren wisselspanningen opgewekt, waarvan we er enige later zullen bespreken.

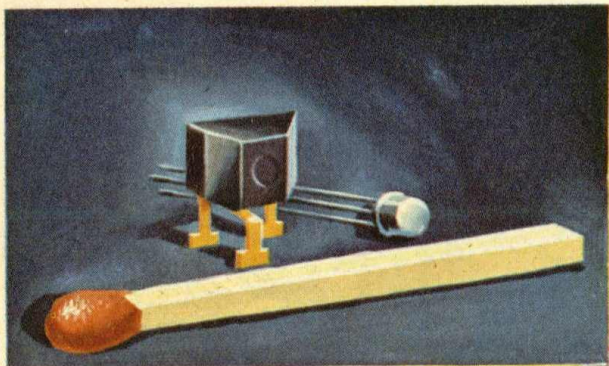
Twee evenwijdige metalen platen, die

zeggen de afmetingen van de platen en de afstand ertussen bepalen de capaciteit. De capaciteit is het vermogen van de condensator om een elektrische lading vast te houden. Hoe groter de capaciteit is, hoe gemakkelijker de wisselstroom erdoor kan stromen. De capaciteit wordt gemeten in Farads, afgekort tot F. De Farad is een zeer hoge waarde. Daarom gebruiken we meestal de micro-Farad (μF), die een miljoen maal zo klein is, en de micro-micro-Farad ($\mu\mu\text{F}$), die nog eens een miljoen maal zo klein is, gewoonlijk pico-Farad genoemd (pF). Soms wordt er ook nog gebruik gemaakt van de nano-Farad (nF), die gelijk is aan 1.000 pF . Dus:
 $1 \text{ F} = 1.000.000 \mu\text{F}$,

1 F = 1.000.000.000 nF,
1 F = 1.000.000.000.000 pF of $\mu\mu\text{F}$.

HALFGELEIDERS

Een luidspreker heeft een vrij grote stroom nodig, die in feite duizenden malen zo groot is als de stromen die gaan door de antenne als gevolg van de radiogolven die ze opvangt. Daarom hebben



materialen, germanium of silicium. Dit zijn waardevolle en nuttige elementen, die metalloïden worden genoemd. De metalloïden germanium en silicium hebben eigenschappen als die van metalen, zoals koper, ijzer, zilver en goud. De meeste metalen zijn goede geleiders van elektriciteit, germanium en silicium echter niet. Stoffen als glas zijn zulke slechte geleiders van elektriciteit dat ze



we onderdelen nodig, die de in de antenne opgewekte kleine stromen versterken. Het is mogelijk wisselstromen en -spanningen door middel van elektronenbuizen (radiobuizen) en transistoren te versterken. (Dit is: de kracht ervan vergroten.). Bij het bouwen met onze elektronische bouwdoos maken we gebruik van moderne transistoren. De werking van een transistor is nogal ingewikkeld. Ze is in feite niet alleen ingewikkeld, maar ook vrij geheimzinnig. Een transistor ziet er uit als een metalen of plastic doosje, waaruit drie of vier draadjes komen. Het doosje is slechts een bescherming voor de werkelijke transistor. Deze transistor is gemaakt van zeldzaam voorkomende

niet-geleiders of isolatoren worden genoemd. Germanium en silicium zijn ook geen isolatoren, aangezien zij in geringe mate geleiden. Daarom worden ze halfgeleiders genoemd. We zouden ze echter ook halfisolatoren kunnen noemen. Germanium en silicium kunnen alleen in een uiterst zuivere vorm voor transistoren worden gebruikt.

Als je alle korreltjes suiker in een zak van twee kilo moest tellen, zou je zien dat het er ongeveer tien miljoen waren. Als er zich één korreltje zand bevond in de twee kilo overigens zuivere suiker, zou deze in gelijke mate verontreinigd zijn als het germanium of het silicium dat gebruikt wordt voor transistoren. Dit moet je

enigszins een idee geven hoe zuiver deze materialen moeten zijn.

In de volgende hoofdstukken zullen we de werking van een silicium-transistor verklaren. De werking van de germanium-transistor wijkt hier in principe niet van af.

ELEKTRONEN EN GATEN

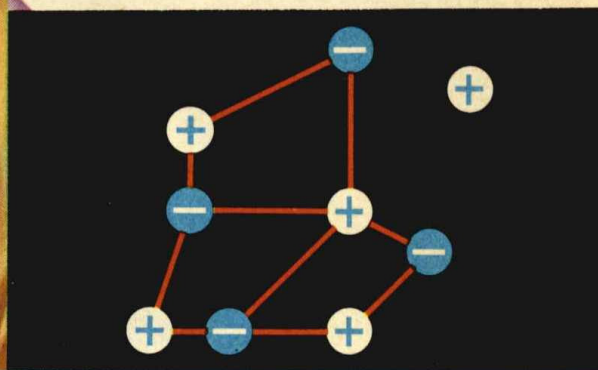
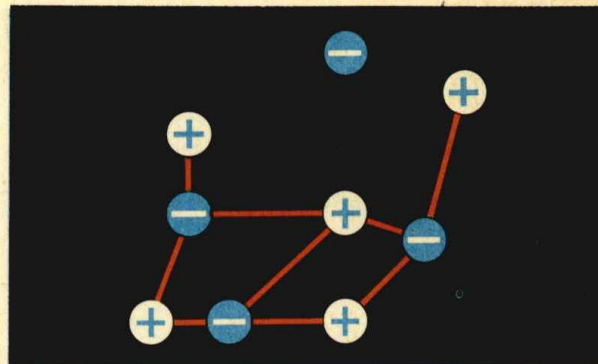
We weten al dat de kleinst zichtbare



metaaldeeltjes miljoenen elektronen bevatten. Elektronen zijn heel kleine deeltjes, die een elektrische lading bezitten. Deze lading is normaal niet aantoonbaar, omdat er ook tegengestelde ladingen in het metaal zijn en deze ladingen heffen elkaar op. Als je twee gelijke magneten op elkaar legt met de noordpool van de een op de zuidpool van de ander, zul je zien dat ijzeren voorwerpen er niet meer zo sterk door worden aangetrokken als tevoren. De tegengestelde magnetische ladingen hebben elkaar opgeheven. Zoals overal in de natuur hangt alles af van het evenwicht.

Elektrische ladingen zijn positief of negatief, zoals magnetische polen noord of

zuid zijn. Als we een elektron (negatieve lading) uit het metaal nemen, zal er een „gat” overblijven. De elektrische lading van dit gat is tegenovergesteld aan die van het elektron. „Gaten” zijn positief geladen. Door het uittrekken van het elektron heffen de ladingen van de elektronen te zamen niet langer volledig de aanwezige tegengestelde ladingen (van alle gaten te zamen) op. In welke toestand bevindt

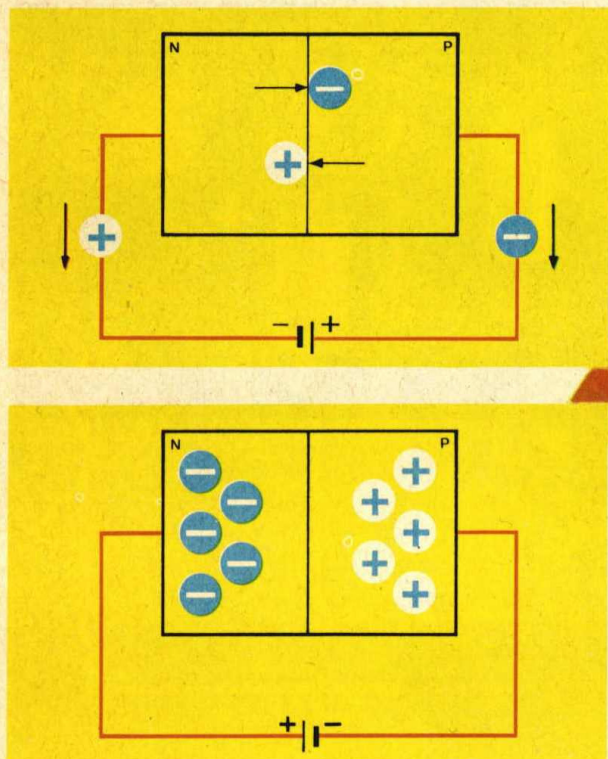


zich nu zuiver silicium? Het zit vol elektronen en gaten. Deze gaten zitten vast in het materiaal en de elektronen erg vast in de gaten. Daarom is silicium zulk een slechte geleider. Als er wat fosfor aan het silicium wordt toegevoegd, is het gevolg dat een aantal elektronen wat gemakkelijker beweegbaar wordt. Als we wat borium in het silicium doen, zien we dat dan daarentegen enkele gaten wat gemakkelijker te „bewegen” zijn. Dit bewegen moet niet letterlijk worden opgevat. Wanneer een elektron van het ene gat naar het andere gaat, komt het eerste leeg en het tweede wordt opgevuld. Het is dan net of het gat zich verplaatst heeft (bewogen heeft).

Silicium waaraan een beetje fosfor is toegevoegd, wordt N-silicium genoemd, omdat hierin de negatieve elektronen zich kunnen bewegen. Silicium met wat borium erin wordt P-silicium genoemd, omdat hierin de positieve lading verplaatsbaar is.

GRENSLAAGSTROOMPJES

Als je nu twee kleine plaatjes zuiver sili-



cium tegen elkaar plaatst, gebeurt er niets, zelfs niet als je er een batterij op aansluit. Als je echter een plaatje N-silicium en een plaatje P-silicium tegen elkaar plaatst, zie je, dat als je er een gelijkspanning op aansluit, er gemakkelijk een stroom doorheen gaat. Het plaatje P-materiaal moet dan verbonden worden aan de plus en het N-materiaal aan de min. De spanning moet zo laag zijn dat de stroom klein blijft, anders worden de siliciumplaatjes beschadigd. Dat de stroom zo gemakkelijk door de plaatjes gaat kan als volgt worden verklaard.

Tegenovergestelde ladingen, zoals die van elektronen en gaten, trekken elkaar aan, net zoals tegenovergestelde magneet-

polen. De elektronen in het N-materiaal worden aangetrokken door de gaten in het P-materiaal. Daar de elektronen zich kunnen bewegen in hun eigen plaatjes, zal de aantrekkingskracht hen dus bewegen in de richting van de grenslaag tussen het N- en het P-materiaal. Enige elektronen kunnen deze grenslaag overschrijden. Hetzelfde gebeurt met de gaten in het P-materiaal. De spanning is zo aan-

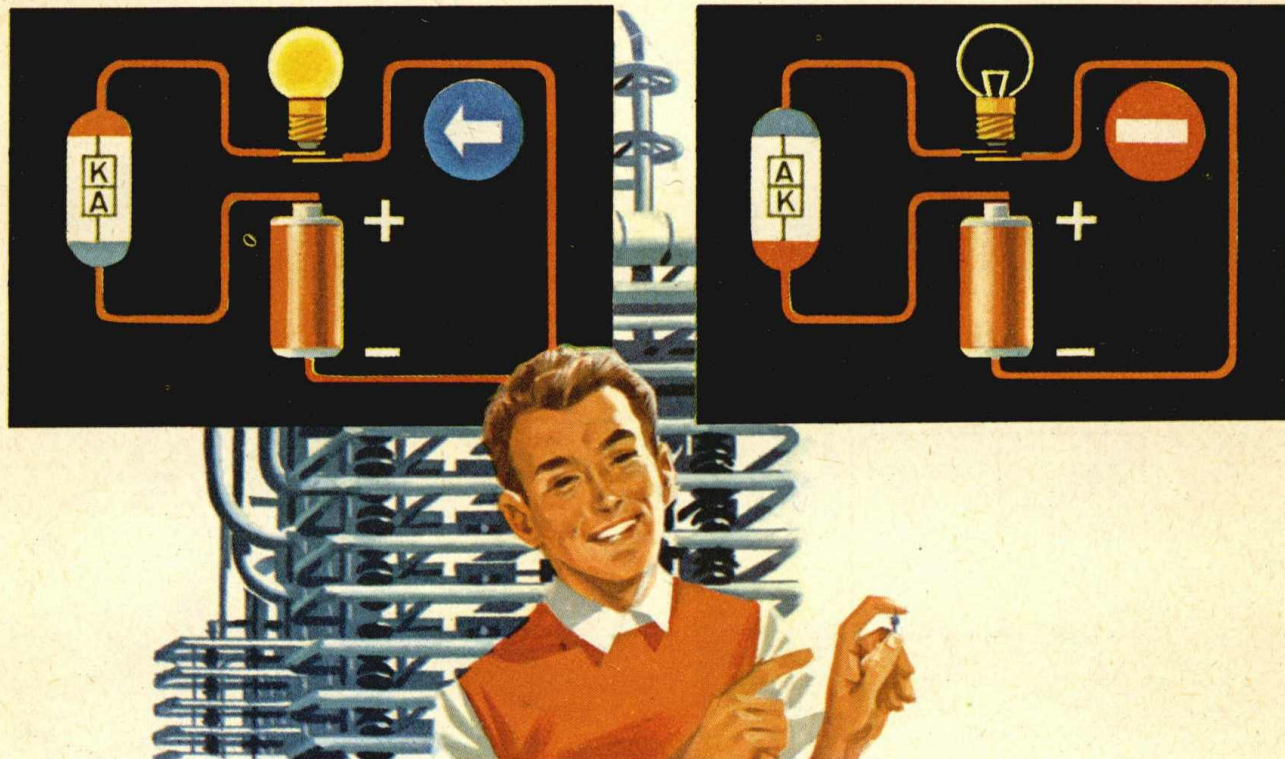


gesloten, dat de min ervan tracht de elektronen in het N-materiaal naar het P-materiaal te stuwten, terwijl de positieve pool helpt om aan de elektronen te trekken. Onder invloed van al deze krachten zullen nog wat meer elektronen de grenslaag passeren en zelfs door het P-materiaal gaan. Om het verlies goed te maken, levert de spanning een gelijk aantal elektronen aan het N-materiaal, die opnieuw worden gestuwd en getrokken naar de grenslaag, die ze overschrijden enz. Hetzelfde gebeurt met de gaten, maar die „bewegen” zich natuurlijk in tegenovergestelde richting. Vervolgens sluiten we de spanning andersom aan. De pluspool aan het N-materiaal, de minpool aan het

P-materiaal. De pluspool trekt de elektronen in het N-materiaal weg van de grenslaag. De minpool doet hetzelfde met de gaten in het P-materiaal. Deze krachten zijn groter dan de krachten tussen de gaten en de elektronen binnenin resp. het P- en het N-materiaal. Zo blijven er bij de grenslaag geen elektronen of gaten meer over. De spanning heeft het gewonnen, maar er is een prijs voor betaald. Als de

spanning omgekeerd is, loopt er geen stroom. De stroom door de diode stroomt slechts in één richting en is daarom een „gelijkstroom“, ook al is hij onderbroken. De wisselspanning is „gelijkgericht“.

In deze bouwdoos wordt de diode b.v. in de radio-ontvangers gebruikt en zijn functie daar wordt in het hierop betrekking hebbende hoofdstuk verklaard. De diodegelijkrichters worden bijv. gebruikt



plus van de spanning alle elektronen bij de grenslaag heeft weggetrokken, kunnen er geen elektronen meer volgen en bijgevolg geen stroom van elektronen. Dat is ook zo met de gaten. We noemen zulk een combinatie van een plaatje P- en een plaatje N-materiaal een „diodesymbool“; ze laat de stroom slechts in één richting door. De diode verandert een wisselstroom in een gelijkstroom. Het is niet moeilijk te ontdekken, wat er gebeurt als een wisselstroom wordt aangesloten op een diode van dit soort. Gedurende de halve periode dat de spanning aan het P-materiaal positief is en die aan het N-materiaal negatief, loopt er stroom. Gedurende de volgende halve periode, als de

bij acculaders. Accu's moeten opgeladen worden met gelijkstroom, maar de stroom die we van het lichtnet krijgen is wisselstroom. De acculader bevat daarom een gelijkrichter, die de wisselstroom in gelijkstroom verandert. De in deze dozen gebruikte diode is echter niet geschikt voor dit doel. Zij kan niet voldoende stroom verwerken.

Je kunt niet zomaar aan de diode zien welk van de twee aansluitdraden verbonden is met het N- en welke met het P-materiaal. Aan de kathodekant van de diode staat daarom altijd een merk. Men zegt dat de andere aansluitdraad aan de anodekant zit. Hierop moet je bij het bouwen altijd letten. In het diodesymbool geeft de

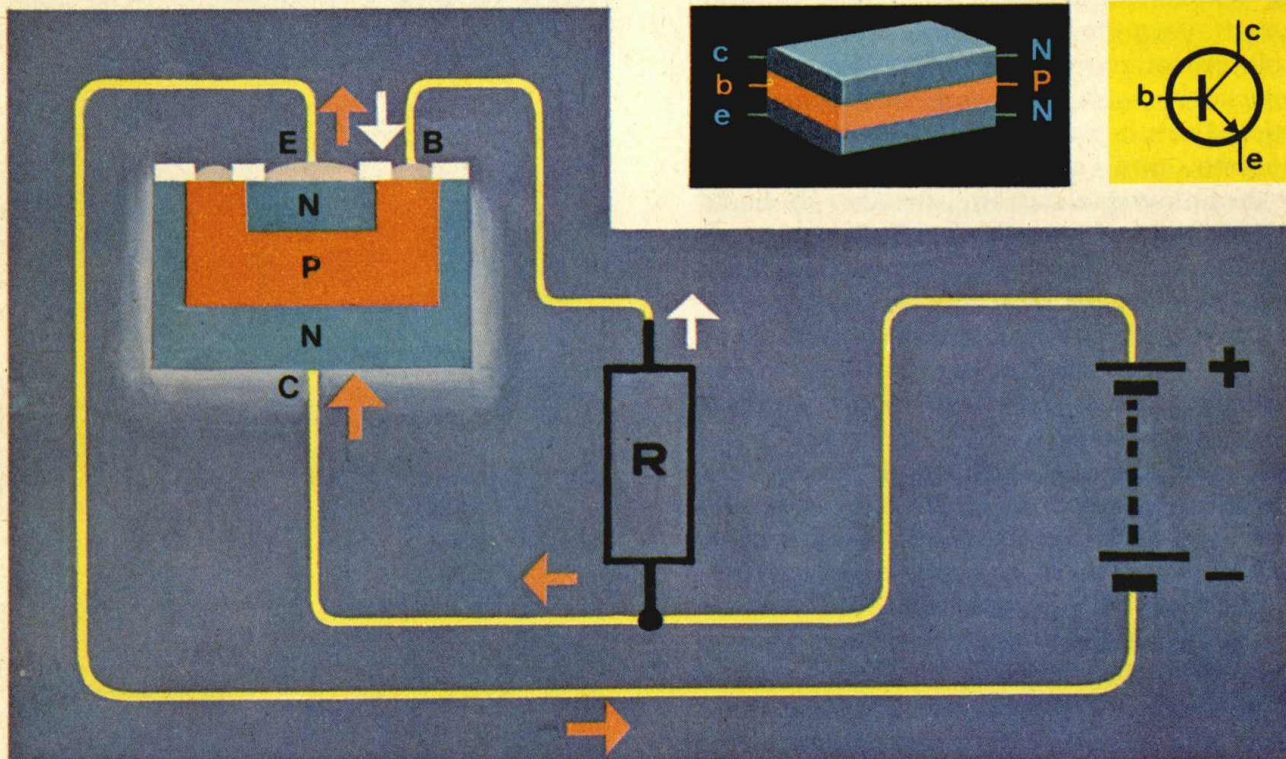
pijl de richting aan waarin de gaten door de diode gaan. De elektronen bewegen zich dus tegen de richting van de pijl in. Het merk, dat staat aan het ene uiteinde van de diode wijst de negatieve kant aan: dat wil zeggen de kant verbonden met het N-materiaal.

TRANSISTOREN VERSTERKEN STROMEN EN SPANNINGEN

diverse stromen meten, zien we dat de collectorstroom aanzienlijk veel hoger is dan de basisstroom.

Laten we veronderstellen dat de batterijspanning V_{batt} iets hoger wordt, de basisstroom zal dan ook iets hoger worden. De verandering van de collectorstroom is echter véél groter. Bijv.

$$V_{\text{batt}} = 4,5 \text{ V}$$



De in de bouwdoos gebruikte transistors bestaan uit drie laagjes silicium, namelijk een laagje P-silicium met aan beide zijden een laagje N-silicium. Het middelste siliciumplaatje heet „Basis” (B), een van de plaatjes N-silicium is de emitter (E) en het andere de collector (C). We sluiten een spanning aan tussen de collector en de emitter van de transistor. (Fig. C). De collectorstroom I_C zal praktisch nul zijn, en er loopt geen basisstroom I_B . Daarna voeren we via een weerstand R een stroom naar de basis van de transistor (Fig. D). Deze weerstand is noodzakelijk om de basisstroom te begrenzen, daar deze anders te hoog kan oplopen en de transistor vernield wordt. Als we nu de

Weerstand = R

$$I_B = 1 \text{ mA}$$

$$I_E = 100 \text{ mA}$$

$$I_C = 99 \text{ mA}$$

$$V_{\text{batt}} = 9 \text{ V}$$

Weerstand = R

$$I_B = 2 \text{ mA}$$

$$I_E = 200 \text{ mA}$$

$$I_C = 198 \text{ mA}$$

$$V_{\text{batt}} = 4,5 \text{ V}$$

Weerstand = $\frac{1}{2} R$

$$I_B = 2 \text{ mA}$$

$$I_E = 200 \text{ mA}$$

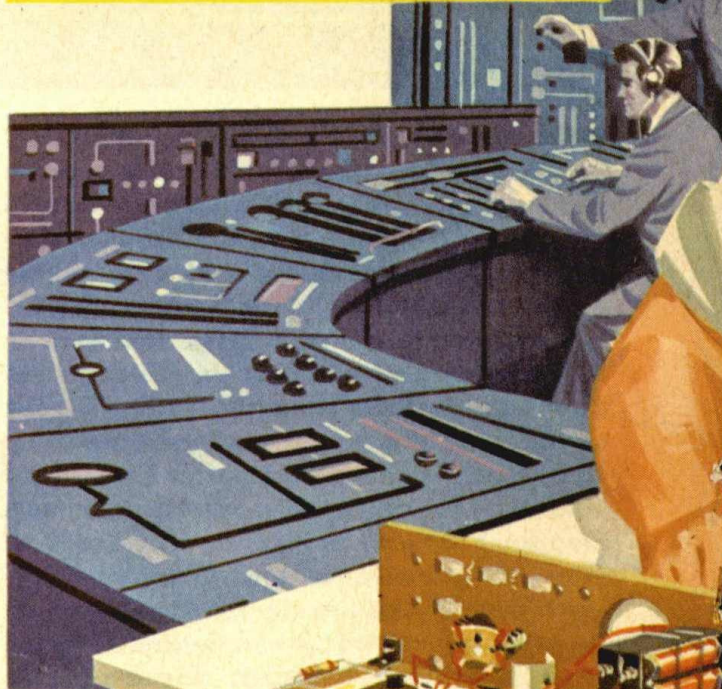
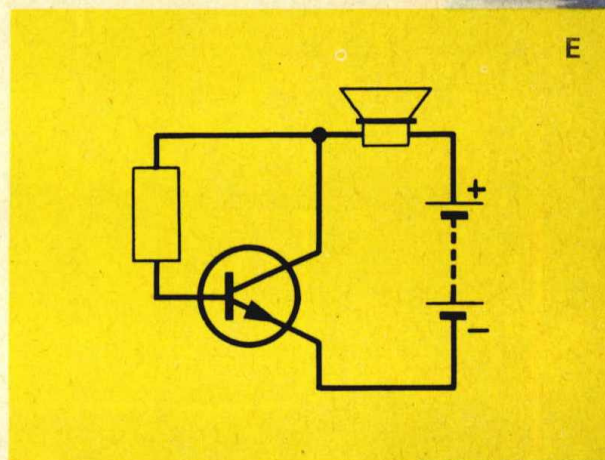
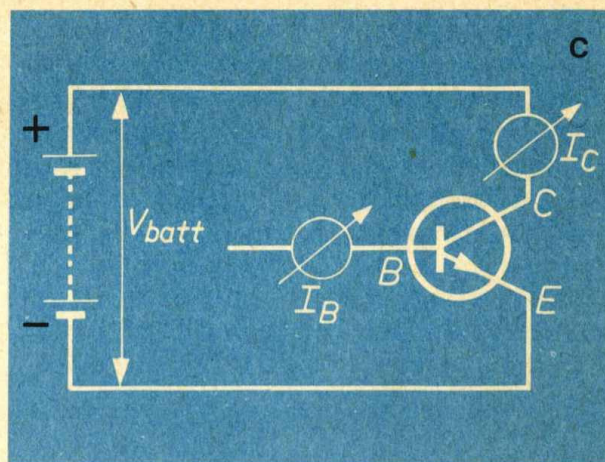
$$I_C = 198 \text{ mA}$$

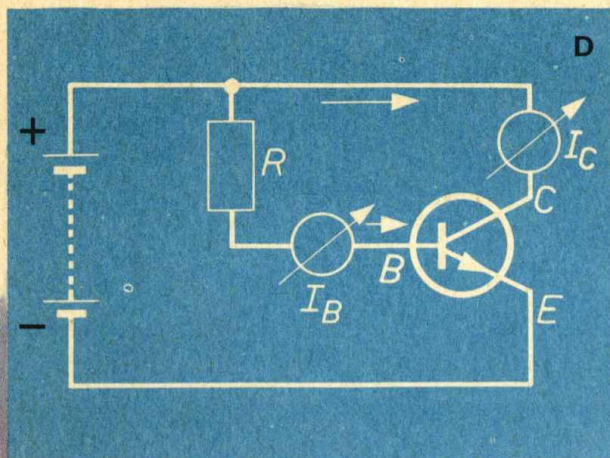
De verandering van de basisstroom is $2 - 1 = 1$ mA. De verandering echter van de collectorstroom is $198 - 99 = 99$ mA. We zien zo dat, wat ook de spanning V_{batt} is, de collectorstroom altijd 99 maal zo groot is als de emitterstroom. Als we nu alleen op de stromen letten, zien we dat als de kleine basisstroom verdubbeld wordt, de grote collectorstroom ook verdubbeld wordt.

Als in een schakeling de basisstroom van de transistor op een of andere manier wordt veranderd, verandert hiermee de collectorstroom evenredig. We kunnen ook een wisselstroombron, bijv. een microfoon in serie met R aansluiten. We hebben dan niet alleen gelijkstroom, maar ook wisselstroom, die door de basis van onze transistor loopt. Zulk een combinatie van gelijkstroom en wisselstroom kan beschouwd worden als een gelijkstroom die periodiek sterker en zwakker wordt. We zullen dan een stroom door de collector van de transistor krijgen, die ook periodiek sterker en zwakker wordt. Deze veranderingen in de collectorstroom kunnen eveneens beschouwd worden als een wisselstroom bovenop de normale gelijkstroom door de collector. Zoals we zoëven gezien hebben, zal deze wisselstroom groter zijn dan die door de basis. In ons voorbeeld zal hij 99 maal zo groot zijn. Met andere woorden, de transistor heeft een wisselstroom in ons voorbeeld 99 maal versterkt. In de praktijk kan de versterking groter zijn, een paar honderd maal bijvoorbeeld.

Transistors worden gebruikt om de lage spanningen en stromen, die van een toonopnemer, een microfoon of een antenne komen, zodanig te versterken dat ze een oortelefoon of een luidspreker kunnen doen werken. Als één transistor niet genoeg versterkt, kunnen we er twee of drie gebruiken, de een achter de ander (in „cascade”).

Als we de weerstand R de juiste waarde geven, kunnen we ervoor zorgen dat de basisspanning ook de juiste waarde heeft. Een transistor heeft twee soorten spanningen nodig: gelijkspanning, opdat hij zijn werk kan doen, en een wisselspanning





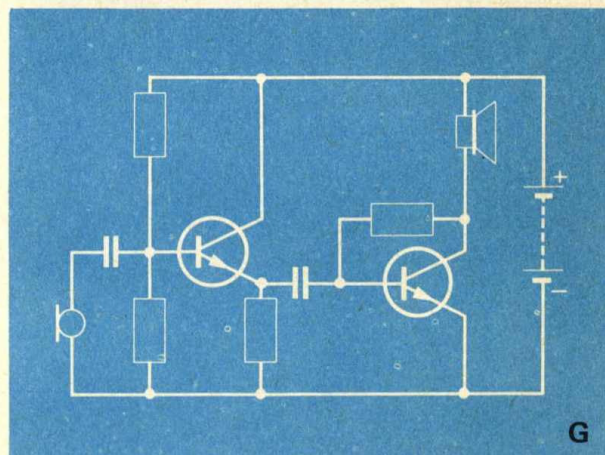
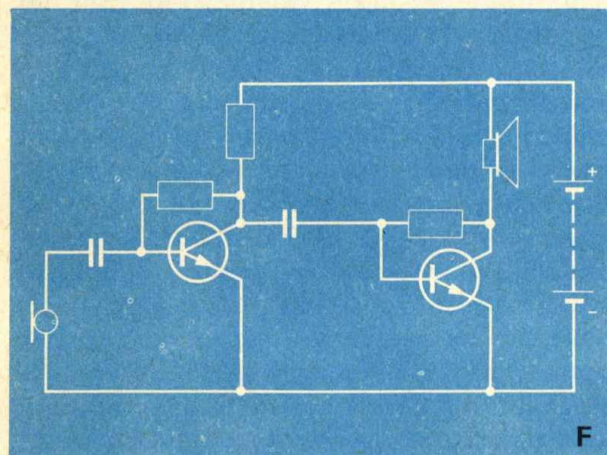
om die te versterken. Het heeft weinig nut de collectorstroom, die in feite een versterkte basisstroom is, alleen door de batterij te laten stromen. Wat we in werkelijkheid met deze stroom willen doen, is bijv. een luidspreker aandrijven. Deze luidspreker wordt dan in serie met de collector geschakeld (Fig. E). Wanneer een transistor, omdat we meer versterking willen, wordt gevolgd door een tweede transistor, dan wordt er een weerstand in serie geschakeld met de collector. Wanneer de transistor geen geluid maar bijv. in een radio-ontvanger, een draaggolf moet versterken, dan wordt er een spoel of een afgestemde kring gebruikt in plaats van een weerstand.

Door de condensatoren te gebruiken die, zoals we gezegd hebben, wisselstroom doorlaten maar geen gelijkstroom, kunnen we ervoor zorgen dat de wisselstroom gaat van de eerste transistor naar de andere, zonder de begeleidende gelijkstroom. Als we dit niet deden, zou de gelijkstroom, die de wisselstroom begeleidt, de werking van de tweede transistor verhinderen. Het gebruik van „koppelcondensatoren” voorkomt dit ongemak.

Zulk een versterker noemen we een cascadeversterker. De tweede transistor wordt gestuurd door de eerste (Fig. F). De weerstand die een kleine gelijkstroom naar de basis voert, wordt nu aan de collector in plaats van aan de batterij aangesloten. Dit resulteert in een gelijkstroom naar de collector, die stabiel blijft in het geval van temperatuurveranderingen.

Daar de collector- en de emitterstroom praktisch hetzelfde zijn, kunnen we de weerstand ook aan de emitter aansluiten in plaats van aan de collector (Fig. G). In dat geval is de basis meestal door weerstanden met de plus en de min van de batterij verbonden. Deze schakeling heeft andere versterkingseigenschappen dan de schakeling van fig. F. Een schakeling met één emitterweerstand en twee weerstanden aan de basis kan ook nog gebruikt worden wanneer een collectorweerstand wordt aangesloten (fig. H).

Het is aan te bevelen in dat geval een con-



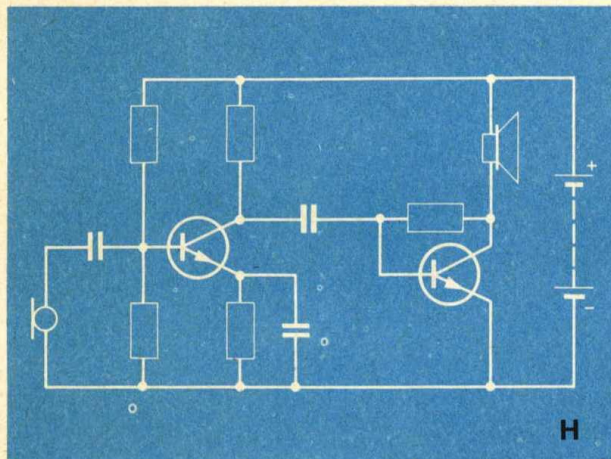
densator parallel aan de emitterweerstand te schakelen. Wanneer voor de weerstanden de juiste waarden worden gekozen, is de stabilisatie van de collectorstroom nog beter dan in fig. G. Er zijn echter meer onderdelen voor nodig.

Transistors kunnen ook als schakelaar gebruikt worden. In dat geval worden de basis- en de collectorstromen niet gevarieerd door een wisselspanning, maar zijn óf nul óf hebben een zekere waarde. Dit wordt een digitale schakeling genoemd, waarin de transistor als schakelaar, of beter gezegd, als een relais werkt. Door een kleine stroom naar de basis te voeren, kan een grote stroom door de collector ingeschakeld worden. De

toepassing van dit principe zul je vinden in enkele experimenten van deze bouwdoos.

ELEKTRO-AKOESTIEK

Elektroakoestiek is het geleerde woord voor alles wat betrekking heeft op het opnemen, versterken en het weergeven van geluid. Wat is geluid? Alle hoorbare trillingen noemen we geluid. Als je een steen in het water gooit, zie je rimpels aan de oppervlakte. Golfkringen spreiden zich uit vanaf het punt waar de steen in het water is gevallen. Als je in je handen klapt, worden gelijksoortige golven in de lucht opgewekt. Je kunt deze golven niet



zien, maar ze zijn er toch echt. Je kunt ze wel horen, want onze oren zijn bestemd voor het waarnemen van zulke luchtgolven. De golven van het water gaan op en neer. Je kunt dit heel duidelijk zien, als er bij de plaats, waar je een steen in het water hebt gegooid, een stuk hout drijft. Dit wordt door de golven op en neer bewogen, maar verder blijft het op zijn plaats. In de lucht kunnen zich ook golven voortplanten. Stel je een reepje metaal voor, dat geklmd zit in een bankschroef. Als je het vrije eind van het reepje metaal buigt en het dan weer loslaat, zal het naar voren springen en verder komen dan zijn uitgangspunt was, dan weer terug, weer naar voren enz., waarbij het telkens ver-

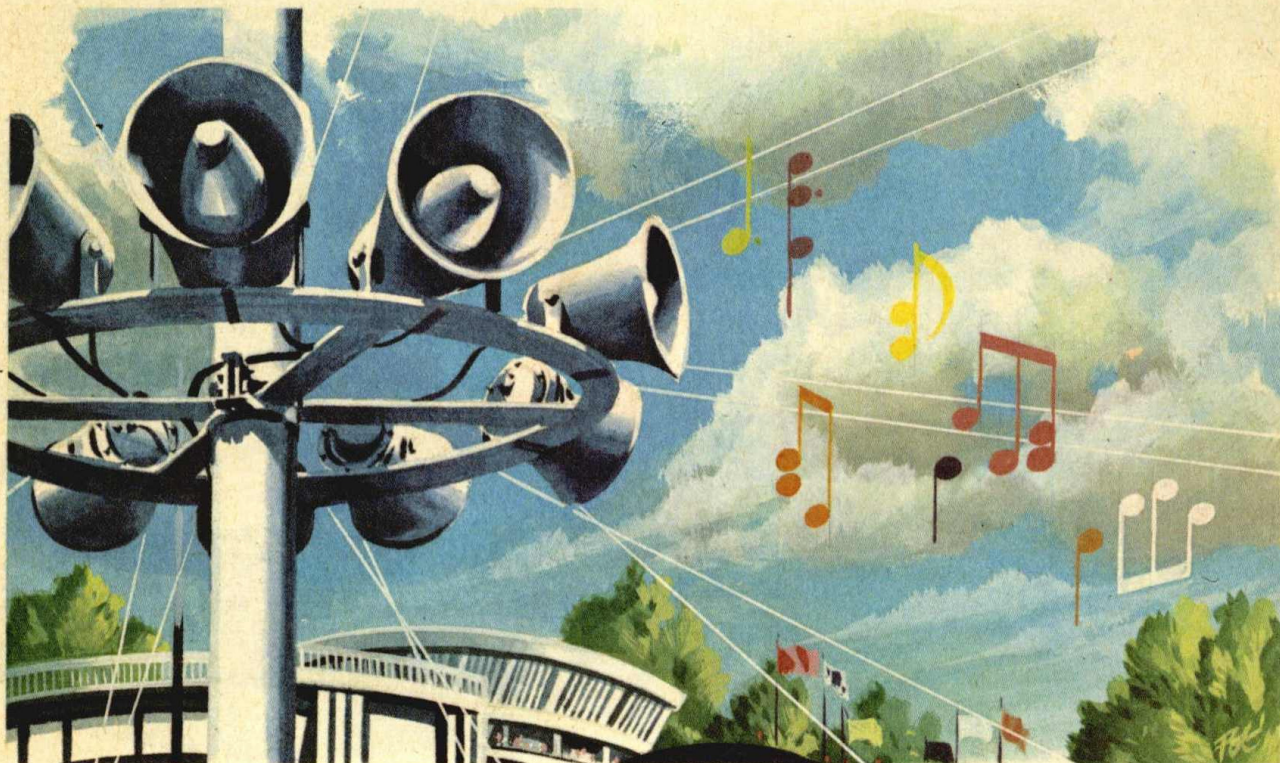
der dan zijn uitgangspunt gaat. We zeggen dat het reepje trilt. Zulk een trilling brengt de lucht eromheen ook aan het trillen. Zo gaan er luchtgolven van het trillende reepje naar alle richtingen, net als bij ons voorbeeld van de in het water geworpen steen. Als zulk een golfje je oor bereikt, hoor je een toon. Hoe meer trillingen per seconde het reepje maakt, hoe hoger de toon is. Het aantal trillingen per seconde wordt de „frequentie” van de toon genoemd. Eén trilling per seconde heet één Hertz, of één periode per seconde. Ons oor kan tonen van ongeveer 50 Hertz (afgekort Hz) tot ongeveer 20.000 Hz waarnemen. Een hond kan hogere tonen waarnemen; denk aan het hondenfluitje.



DE LUIDSPREKER

De werking van alle muziekinstrumenten berust op het feit dat lucht op een of andere manier snel aan het trillen wordt gebracht. Als we bijv. praten of zingen, trilt de lucht. De luidspreker, die we in onze radio en grammofoonversterker gebruiken, is een toestel dat de lucht aan het trillen brengt. Stel je een ronde schijf voor, die je enkele honderden of duizenden keren per seconde naar achter en naar voren beweegt. De trillende schijf zal dan ook de lucht aan het trillen brengen. Dit wekt geluid op. De vraag is, hoe brengen we de schijf aan het trillen. Om dit te bereiken, bevestigen we een spoel aan de

schijf en plaatsen de spoel bij een magneet, bijv. een hoefmagneet die je goed kent. Nu sturen we een gelijkstroom door de spoel. Wat gebeurt er nu? De spoel gedraagt zich net als een magneet met een noordpool en een zuidpool. Als de richting van de stroom zodanig is dat de noordpool zich aan de linkerkant van de spoel bevindt, dan zal deze noordpool de noordpool van de magneet afstoten en als gevolg daarvan zal de plaat zich naar voren bewegen. Als de stroom nu omgekeerd wordt, veranderen we de magnetische polen van de spoel, zodat er nu links een zuidpool is die door de noordpool van de magneet aangetrokken wordt. De plaat zal zich nu achterwaarts bewegen.

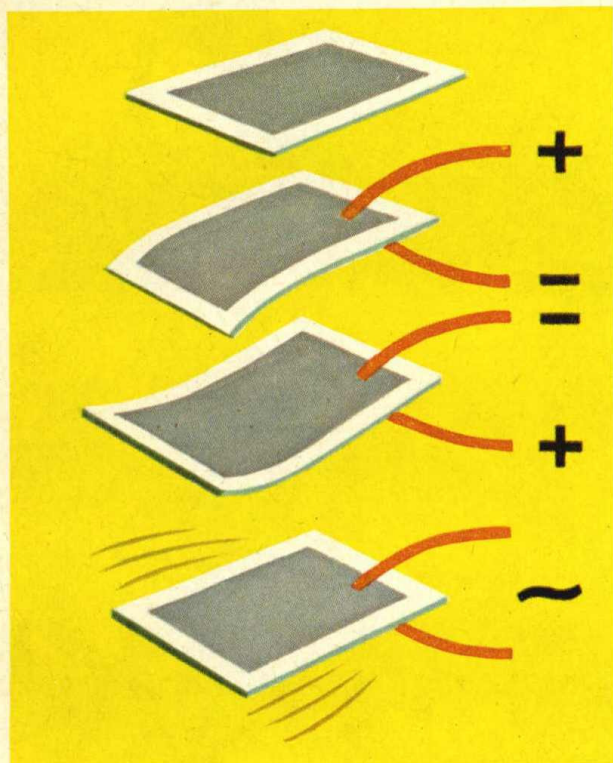


Wat gebeurt er nu als we een wisselstroom door de spoel voeren? Dat is een stroom die voortdurend van richting verandert, bijv. duizend keer per seconde. (We zeggen dan dat we een wisselstroom hebben met een frequentie van 1.000 Hz). De spoel wordt dus duizend keer per seconde door de magneet aangetrokken en afgestoten. De spoel en de plaat die eraan zit, zullen dus duizend maal per seconde heen en weer trillen en we horen een zuivere toon. Dit is het principe van de luidspreker. In werkelijkheid is de constructie wat anders, om ervoor te zorgen dat met een zo klein mogelijke magneet een zo sterk mogelijke luidspreker wordt verkregen.

MICROFOON MET BEWEGENDE SPOEL

We weten dus hoe we een elektrische stroom kunnen omzetten in geluidstrillingen. Maar hoe kunnen we het andersom doen? Hoe kunnen we een geluidstrilling omzetten in elektrische stroom? Dat doen we met de microfoon. Er zijn verscheidene soorten. Een veel gebruikt type werkt precies op dezelfde manier als een luidspreker, maar precies andersom. Stel je even voor dat je ergens een geluid hoort en dat dit geluid de plaat van de luidspreker treft (de plaat wordt luidsprekerconus genoemd). De conus begint dan te trillen. Als de conus begint te trillen, doet

de spoel het ook. Een eindje terug hebben we gezegd dat, als een spoel zich bevindt in een magnetisch veld, en het magnetisch veld wordt veranderd, er een spanning wordt opgewekt in de spoel. Als de spoel trilt, verandert de plaats ervan in het magnetisch veld voortdurend. Dat is voor de spoel precies hetzelfde, alsof het magnetisch veld veranderd zou worden. In de trillende spoel van een microfoon



worden dan kleine elektrische spanningen opgewekt. Deze kleine spanningen worden op een manier, waarover we je later zullen vertellen, versterkt en dan in een luidspreker gevoerd. De wisselstroompjes lopen nu door de luidsprekerspoel en doen de luidsprekerconus trillen, zodat de oorspronkelijke toon weer gehoord wordt.

KRISTALMICROFOON

Er is nog een andere manier om geluid op te wekken of op te nemen. Er zijn bepaalde stoffen die een zeer bijzondere eigenschap hebben. Eén van deze stoffen is bekend als het rochellezout. Als je een

plaatje hiervan neemt, er aan beide zijden een geleidend laagje op aanbrengt en er dan een batterij op aansluit, gebeurt er iets. Het plaatje begint naar één kant te buigen. Als je dan de batterij andersom aansluit, buigt het plaatje naar de andere kant door.

Als je een wisselstroom aansluit op een plaatje rochellezout, dan buigt het heen en weer met de wisselstroom. Als je een



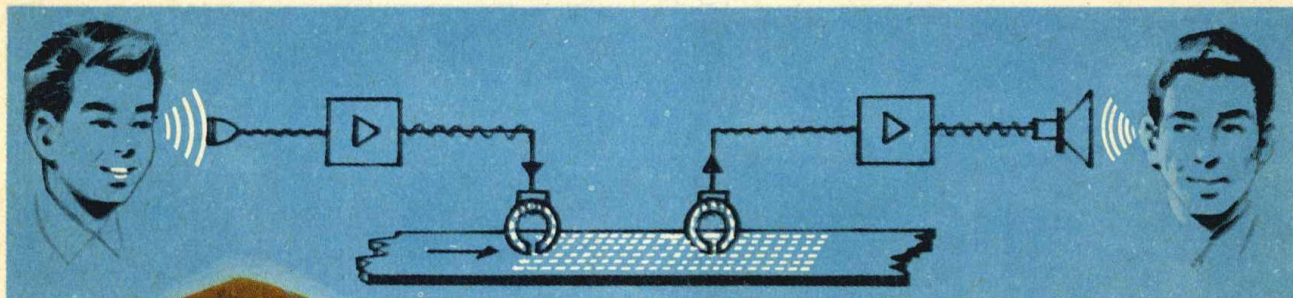
conus aansluit op het plaatje rochellezout, begint de conus te trillen en je hoort een toon. Het omgekeerde is ook mogelijk. Als een geluid de conus aan het trillen brengt, wordt het plaatje rochellezout naar voren en naar achteren bewogen en er wordt een spanning opgewekt tussen de twee geleidende laagjes op het plaatje. Op deze manier gebruikt wordt het een kristalmicrofoon genoemd.

KRISTALOPNEMER

In de meeste bij grammofoons gebruikte opnemers zitten ook plaatjes rochellezout. De trillingen komen van de groeven in de grammofoonplaat. Als je zulk een

groef met een vergrootglas bekijkt, zie je, dat het niet precies een spiraal is, maar dat de lijn een beetje heen en weer slingerert. De slingerlijn van de groef correspondeert met de bewegingen van de luchtdeeltjes van het oorspronkelijke geluid. De grammofoonnaald die in de groef ligt, wordt door de groef ook heen en weer bewogen. Deze naald wordt bevestigd aan een plaatje rochellezout, dat bij-

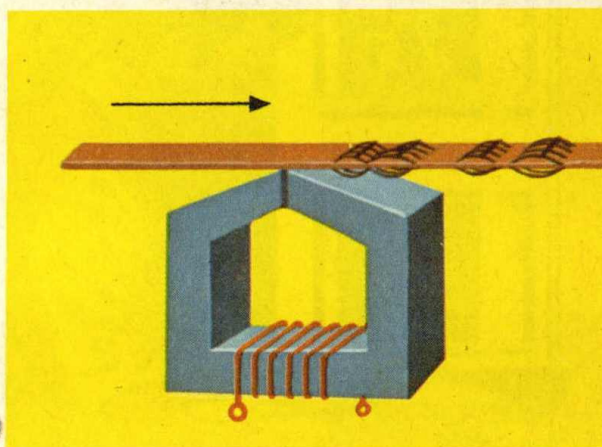
recorder. Bij de bandrecorder kunnen we ook nog zelf geluid opnemen. Het geluid wordt bijv. met een microfoon opgevangen en daarna elektronisch versterkt. Dit geluid wordt in de vorm van stroomvariëaties aan een elektromagneet „de opneemkop” toegevoerd. Een geluidsband, d.i. een band met ontelbare deeltjes magnetiseerbaar ijzeroxyde, wordt met een constante snelheid langs



gevolg ook gebogen wordt om de bewegingen van de naald te volgen. Tussen de geleidende oppervlaktelaagjes van het rochellezout wordt opnieuw, tengevolge van het heen en weer buigen, een wisselstroom opgewekt. Een opnemer is dus, als het ware, een microfoon met een naald erop, die niet direkt door de luchttrillingen aan het trillen wordt gebracht, maar door middel van de trillingen voortgebracht door de naald in de groef van de grammofoonplaat.

DE BANDRECORDER

Behalve de grammofoon kennen we voor het weergeven van geluid ook de band-



de opneemkop geleid. De stroomvariëaties worden door de elektromagneet in magnetische variëaties omgezet. De geluidsband heeft de eigenschap het patroon van de magnetische variëaties vast te houden. Zodoende wordt het geluid vastgelegd als een magnetisch patroon op de geluidsband. Bij weergave tast de weergeefkop het magnetisch spoor af en wordt hierdoor bekrachtigd.

De weergeefkop zet de magnetische variëaties om in stroomvariëaties. Deze stroomvariëaties worden versterkt en toegevoerd aan de luidspreker, die het weer als geluid weergeeft.

Het magnetisch patroon blijft op de band staan totdat deze met een speciale kop,



de wiskop, weer magnetisch neutraal wordt gemaakt. De wiskop is eveneens een elektromagneet, waaraan in dat geval een sterke wisselstroom met een hoge frequentie wordt toegevoerd.

TELECOMMUNICATIE

„Telecommunicatie” betekent zo iets als „verkeer op afstand”. Bij het woord „verkeer” moet je nu echter niet denken aan auto’s, treinen en vliegtuigen, maar aan het overbrengen van berichten. Dit kan zijn telegrafie, telefonie, radiotelefonie, beeldtelegrafie en televisie. Belangrijk is hierbij dat steeds een afstand moet worden overbrugd. Een luid sprekende

huistelefoon of „intercom” is evenzeer een telecommunicatieapparaat als de installatie die men t.z.t. zal gebruiken om berichten over te seinen naar de eerste mensen die op de maan zijn geland.

Als je uit het raam schreeuwt naar je vriend die aan de overkant van de straat woont, dan is dat nauwelijks telecommunicatie. Wij noemen het pas telecommunicatie als je de berichten over praktisch elke willekeurige afstand kunt overbrengen. Met praten en zelfs met luid schreeuwen, lukt dit niet. Als je vriend een kilometer ver weg woont, dan kun je zo hard schreeuwen als je wilt, maar hij hoort je niet. Alleen met elektronische middelen is het mogelijk elke afstand te overbruggen, en telecommunicatie is dus het langs elektronische weg overbrengen van berichten.

Een van de oudste maar nog steeds belangrijkste methode van telecommunicatie is de telegrafie. De telegrafie is bij uitstek geschikt voor het overbrengen van berichten op lange afstanden. Een van de schakelingen in deze doos is een telegrafie-apparaat, dus een apparaat, waarmee je morseseynen kunt maken. De morseseynen worden dan vanaf je seinsleutel via draden aan een oortelefoon of luidspreker toegevoerd en deze draden kunnen heel lang zijn. In deze doos zul je echter geen kilometers draad vinden en bovendien mag je niet zomaar draden over de straat spannen. Daarvoor heb je toestemming nodig van de gemeente en de P.T.T.-autoriteiten en we vrezen dat je een dergelijke toestemming niet zult krijgen. Als je vriend dichtbij woont en in hetzelfde blok, is het misschien mogelijk een verbinding tot stand te brengen tussen zijn en jouw kamer. Hiervoor moet

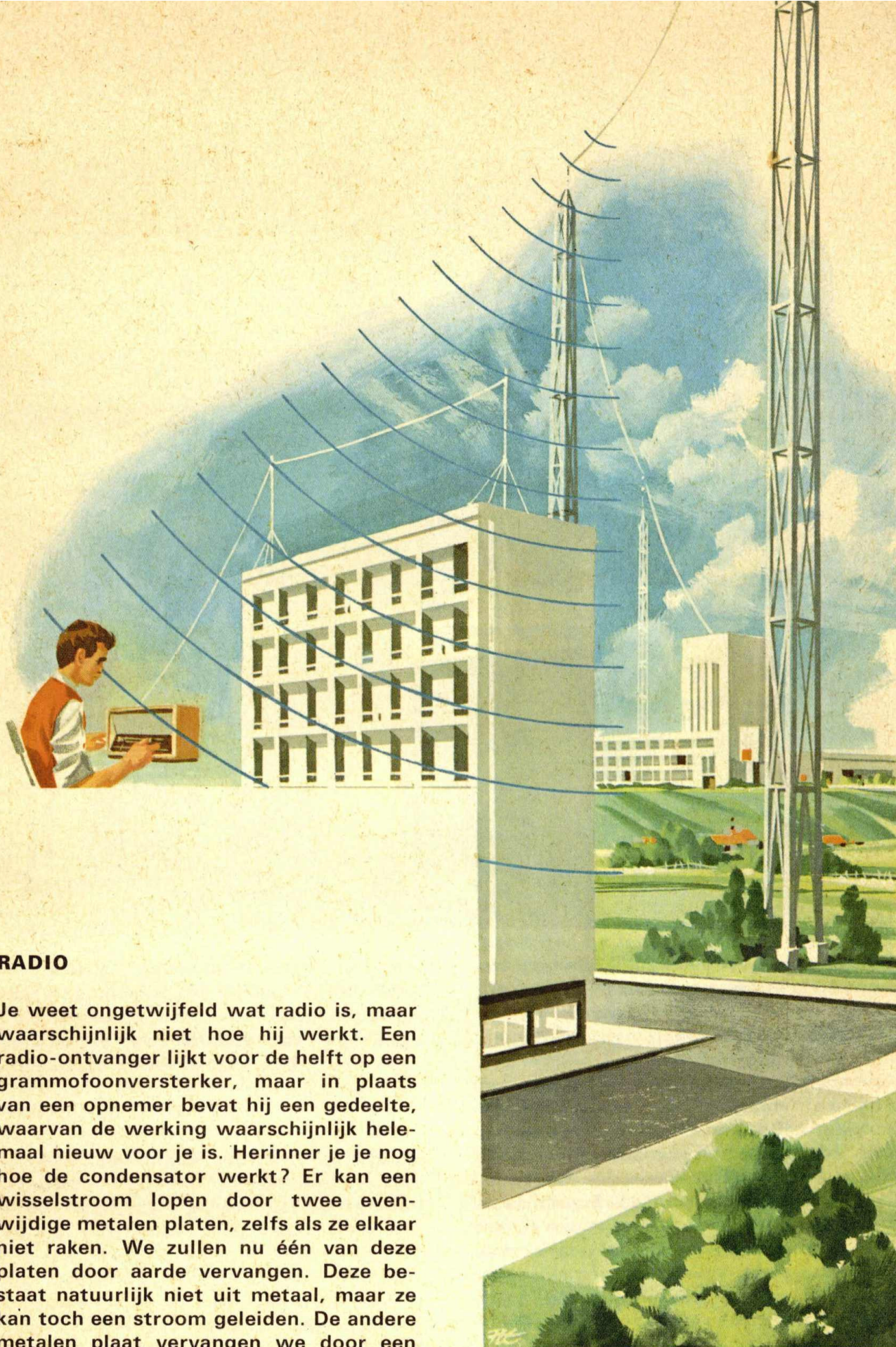


je natuurlijk wel even toestemming vragen aan je ouders en de bureu.

MORSETELEGRAFIE

Internationaal is afgesproken dat een streep driemaal zo lang moet duren als een punt. De pauze tussen de delen van dezelfde letter duurt zo lang als één punt, de pauze tussen twee woorden moet even lang duren als vijf punten. Tussen twee letters van hetzelfde woord is een ruimte van drie punten vereist. Je zult merken dat je de goede snelheid het gemakkelijkst krijgt, als je voor een punt snel zegt „de“, en voor een streep wat langer „Daa“. De „A“ klinkt dus als „de daa“.

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

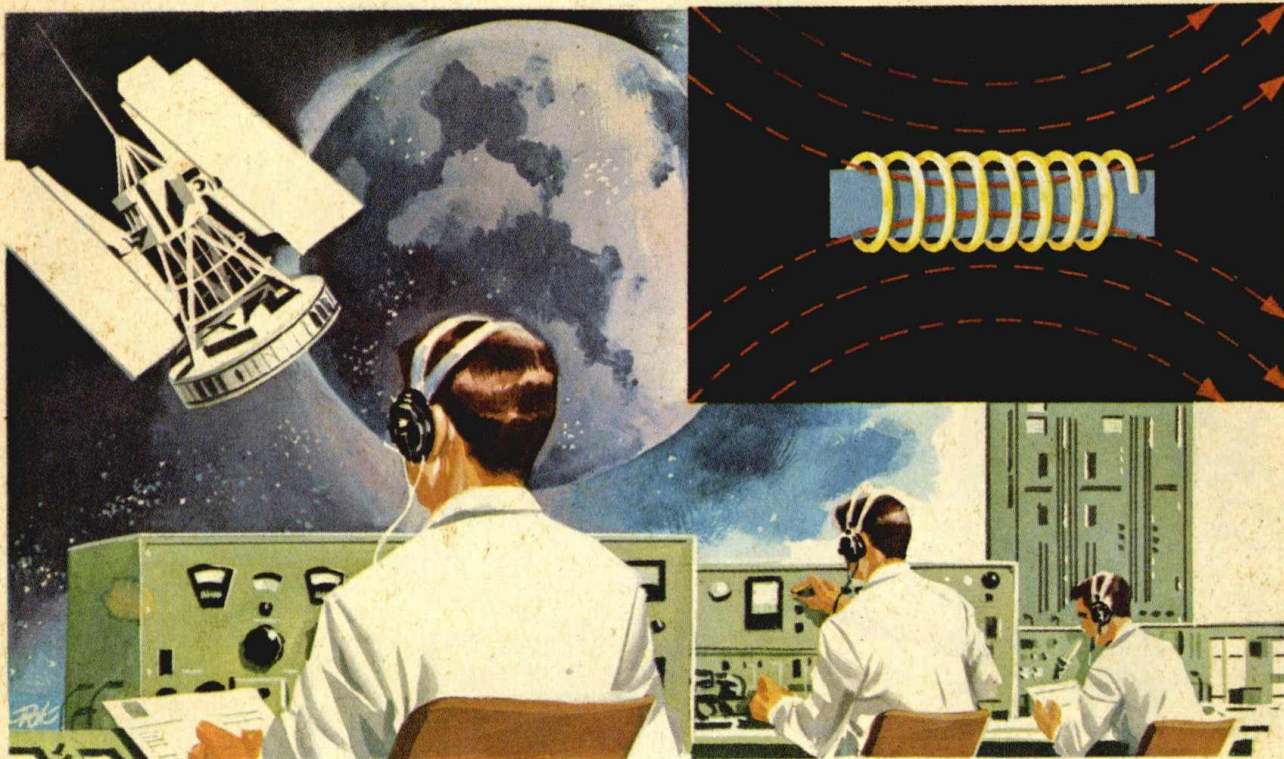


RADIO

Je weet ongetwijfeld wat radio is, maar waarschijnlijk niet hoe hij werkt. Een radio-ontvanger lijkt voor de helft op een grammofoonversterker, maar in plaats van een opnamer bevat hij een gedeelte, waarvan de werking waarschijnlijk helemaal nieuw voor je is. Herinner je je nog hoe de condensator werkt? Er kan een wisselstroom lopen door twee evenwijdige metalen platen, zelfs als ze elkaar niet raken. We zullen nu één van deze platen door aarde vervangen. Deze bestaat natuurlijk niet uit metaal, maar ze kan toch een stroom geleiden. De andere metalen plaat vervangen we door een

lange metalen draad, die boven de aarde is gespannen. Dit is weer een soort condensator. Als we nu een wisselstroom aansluiten op de metaaldraad, de antenne, en de aarde, kan er ook een wisselstroom lopen door deze door ons gemaakte condensator. We hebben nu al gezegd dat er een z.g. elektrisch veld wordt opgewekt tussen de metalen platen van een condensator. Dat gebeurt hier ook. Tussen de

op dezelfde manier als licht. Licht is feitelijk ook een elektromagnetisch veld. De elektromagnetische velden van radio, waarmee we bezig zijn, gedragen zich echter op een enigszins andere manier. Zoals je weet, komt het licht niet verder dan de horizon, de radiogolven, behalve in bijzondere gevallen, wel. Slechts als de radiogolven van een zeer hoge frequentie zijn, gedragen ze zich op precies dezelfde

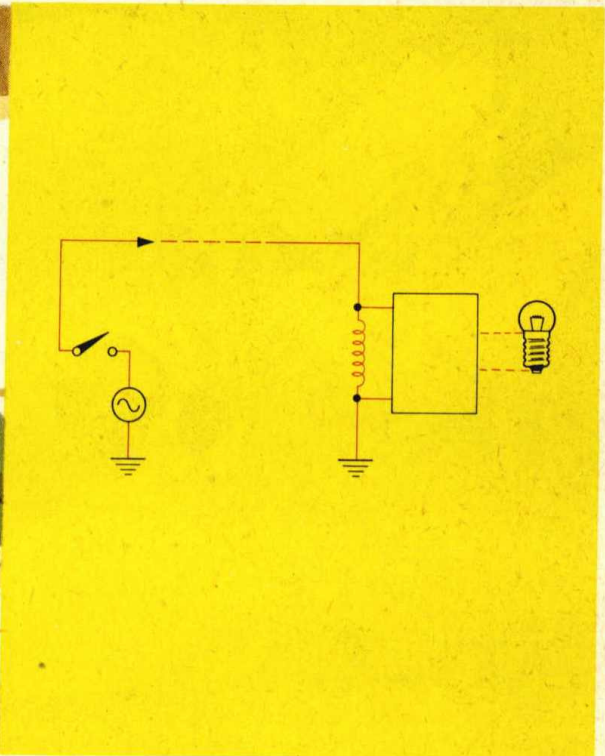


antenne en de aarde wordt een elektrisch veld opgewekt, maar dat is niet alles. Je weet dat door een spoel een magnetisch veld wordt uitgestraald als er een stroom door de spoel gaat. Dit geldt ook voor een rechte draad, zodat er een magnetisch veld wordt opgewekt rond de antenne-draad en de draad die daarheen leidt. Wat hebben we nu? Als we een wisselstroom aansluiten tussen de antenne en de aarde, treden er te zamen en gelijktijdig een elektrisch en een magnetisch veld op. Zo'n gecombineerd veld wordt een „elektromagnetisch veld” genoemd. Wat gebeurt er nu? Een elektromagnetisch veld als dit, plant zich heel ver voort. Het plant zich zelfs voort door de ruimte, ongeveer

wijze als licht en komen niet verder dan de horizon. We hebben al gezegd dat een antenne met een condensator vergeleken moet worden. Zolang de antenne niet bijzonder lang is, is de capaciteit van deze condensator betrekkelijk klein. Daarom kunnen alleen wisselstromen van een zeer hoge frequentie met succes door zulk een antenne worden gestuurd. De frequenties kunnen honderdduizend Hz (100 kHz) of zelfs hoger bijv. een miljoen Hertz (1 MHz) zijn. Wat gebeurt er nu als het elektromagnetische veld een antenne treft die zich op enige afstand van de zendantenne bevindt? In dat geval wekt dat veld een spanning op tussen de draad van de ontvangantenne en de aarde. Als we een

spoel aansluiten tussen de antenne en de aarde, zal het resultaat een stroom zijn, die door de spoel loopt. Dit is wel een heel klein stroompje, maar met behulp van transistoren kan het verder versterkt worden. Het magnetische deel echter van het electromagnetisch veld wekt in een spoel een spanning op. We kunnen daarom de antennedraad weglaten en een spoel als ontvangantenne gebruiken. Je

zoveel van het magnetisch veld samen, dat de spoel zich gedraagt als een veel grotere spoel. Zonder de ferroxcube kern moet de antennespoel in je radio-ontvanger, om dezelfde resultaten te geven, bijna een meter in doorsnede zijn, in plaats van een centimeter. Als we nu een wisselstroom met een frequentie van 1 MHz door een zendantenne sturen, dan zal er een wisselspanning van dezelfde



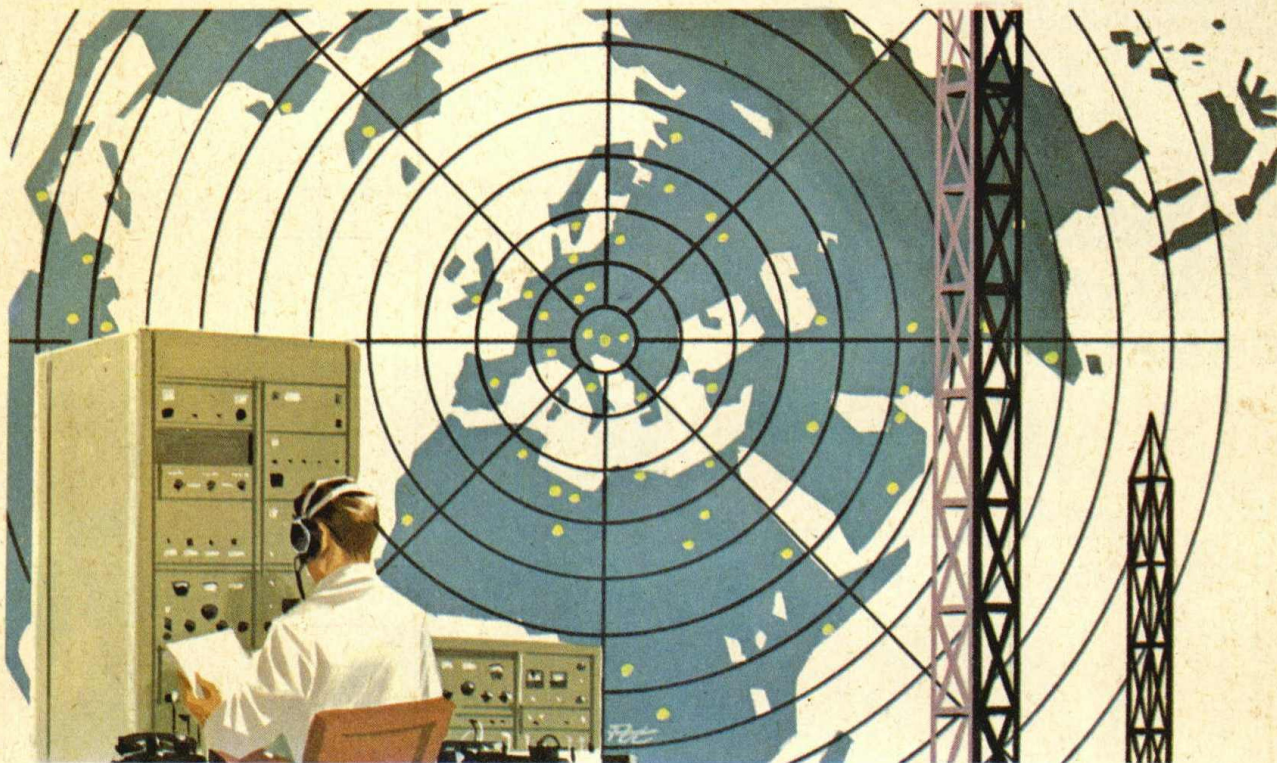
zult je echter kunnen voorstellen, dat een gewone spoel nooit zoveel van het electromagnetisch veld kan opvangen als een antenne, die zich misschien tien of twintig meter boven de grond bevindt en misschien tien of twintig meter lang is. Een goede buitenantenne heeft een veel grotere ontvangstcapaciteit dan welke kleine spoel ook. Wat gebeurt er nu als we een ijzeren kern in zo'n spoel plaatsen? IJzer heeft de eigenschap om een magnetisch veld aan te trekken en het samen te bundelen. Wanneer een magnetisch veld een zeer hoge frequentie heeft, kan gewoon weekijzer het niet meer volgen en worden andere stoffen, zoals ferroxcube gebruikt. Een ferroxcube kern in een spoel bundelt

frequentie optreden in een ontvangantenne, zelfs op een afstand van honderden kilometers, onafhankelijk van de vraag of het maar een draad op het dak is, of een z.g. ferroceptor, dwz. een spoel met een ferroxcube kern. Nu is een trilling van 1 MHz onhoorbaar hoog. We kunnen niet rechtstreeks naar deze radio luisteren. We kunnen hem echter gebruiken om onze muziek-, spraak- of telegrafiesignalen over te brengen. Laten we je eerst een voorbeeld geven van het laatste.

Stel je even voor dat je de stroompjes die door je antennespoel lopen, voldoende kunt versterken om een lampje te doen branden. Als de zender heel even zendt, gaat het lampje heel even aan, en wanneer

de zender gedurende een wat langere tijd zendt, bijv. een halve seconde, brandt het lampje een halve seconde. Stel je nu voor dat je een seinsleutel hebt, die aangesloten is op de zendantenne. Er loopt alleen een antennestroom als de seinsleutel ingedrukt is. Als je dit een telegrafist laat doen, dan worden er punten en streepjes uitgezonden, die te zamen letters, woorden en zinnen vormen. Als een

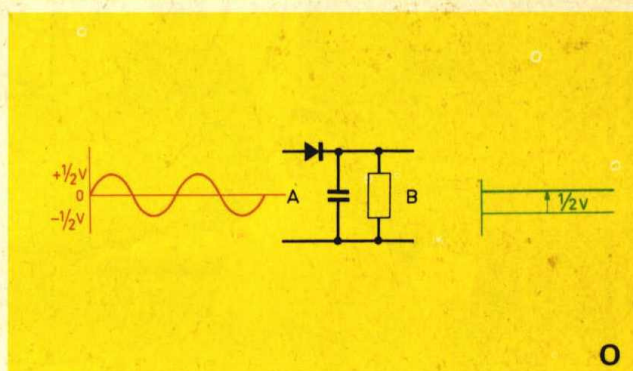
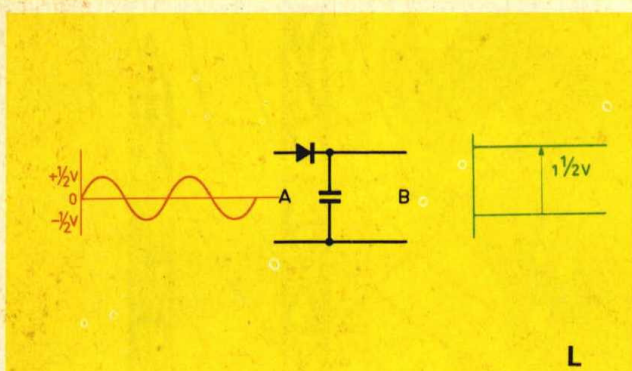
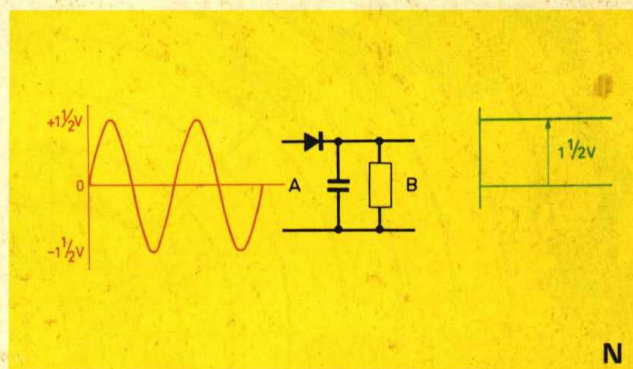
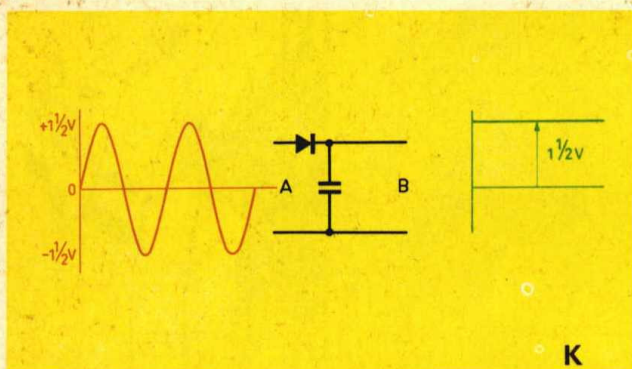
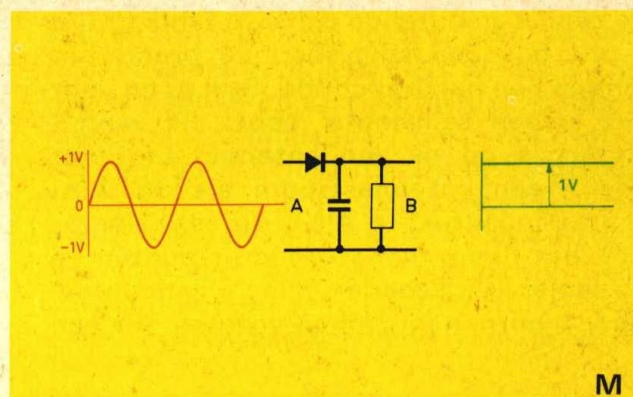
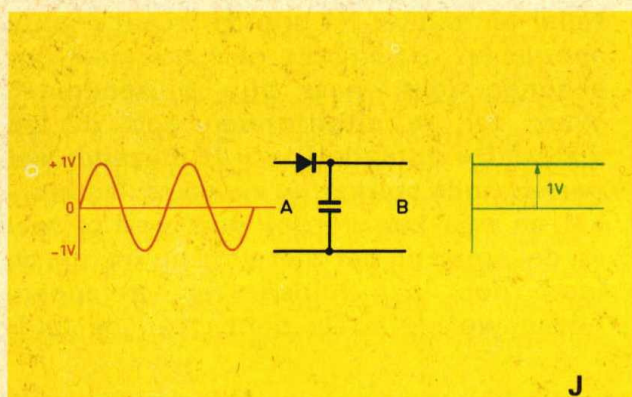
feller en minder fel branden. Laat ons nu aannemen dat hij dit niet driemaal per seconde doet, maar bijv. duizendmaal. Waar zal de uitgezonden golf nu op lijken? De draaggolf wordt duizendmaal per seconde sterker en zwakker. Dit sterker en zwakker worden gaat veel te snel en de lamp kan het niet volgen. Als we de lamp door een luidspreker vervangen, horen we niets. De conus van de luid-



tweede telegrafist naar de lamp in de ontvanger kijkt, ziet hij punten en strepen en weet wat er honderden kilometers verder weg geseind wordt.

Bij het overbrengen van geluid gaan we heel anders te werk. Neem aan dat je je morsesleutel door een variabele weerstand vervangt. Als de weerstand klein is, gaat er veel stroom door de zendantenne, als de weerstand groot is, gaat er een klein stroompje door. Als iemand in het zendstation aan de weerstandsknop draait, brandt de lamp in de ontvanger feller of minder fel. Aangenomen dat hij de knop driemaal per seconde terug en weer vooruit draait, dan zal het lampje in de ontvanger ook driemaal per seconde

spreker zou een miljoen maal per seconde achterwaarts en voorwaarts moeten bewegen, een taak die hij niet kan vervullen, omdat ze veel te zwaar is. Om de variatie van duizendmaal per seconde weer te reproduceren, gaan we de draaggolf, waarop deze 1.000 Hz is gemoduleerd, gelijkrichten. Dit gelijkrichten verloopt in principe als volgt: Als we een wisselspanning van 1 V toevoeren aan de klemmen A (fig. J), dan meten we aan de klemmen B een gelijkspanning van 1 V. Verhogen we de wisselspanning tot 1,5 V, dan wordt de gelijkspanning ook 1,5 V (Fig. K). Verlagen we de wisselspanning tot 0,5 V, dan blijft de gelijkspanning 1,5 V, omdat deze niet van de condensator



kan afvloeien en deze opgeladen blijft (Fig. L). Schakelen we nu een weerstand parallel aan de condensator, dan kan deze zich ontladen over de weerstand, en volgt de gelijkspanning de wisselspanning naar waarde (Fig. M, N, O).

Gaan we nu terug naar onze gemoduleerde draaggolf, wat in feite een variërende wisselspanning is. Deze draaggolf voeren we aan de klemmen A toe. Aan de klemmen B verschijnt alleen de variatie (Fig. P). In de werkelijkheid is de weerstand R de luidspreker. Door deze luidspreker vloeit dan een variërende gelijkstroom van in dit geval 1.000 Hz. Deze brengt de luidsprekerspoel in beweging, die op zijn beurt de conus in beweging brengt en het

geluid wordt hoorbaar. Het variëren van de draaggolf (duizend maal per seconde) kan natuurlijk niet met een knop gebeuren. We kunnen in plaats ervan een microfoon als modulator gebruiken. Dan wordt de draaggolf gemoduleerd in overeenstemming met de geluidstrillingen die door de microfoon worden opgevangen. Als iemand een hoge toon voor de microfoon zingt, wordt de draaggolf gemoduleerd met een hoge toon. Als hij een lage toon zingt, wordt de draaggolf gemoduleerd met een lage toon. De ontvanger zal deze tonen dus precies weergeven.

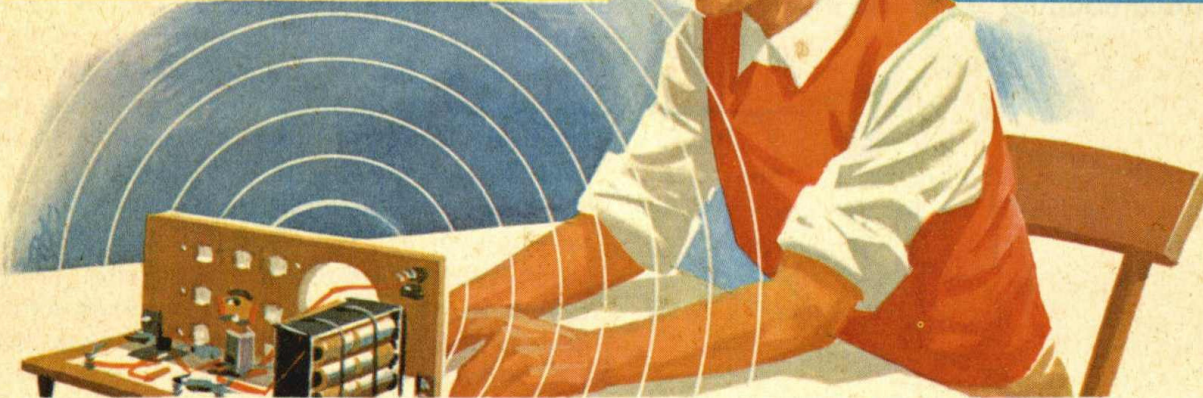
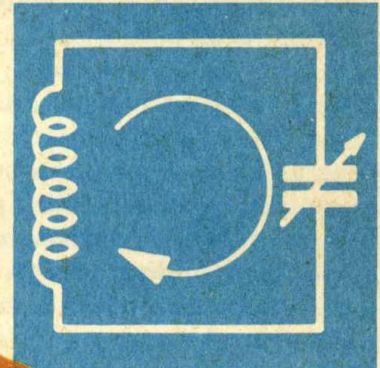
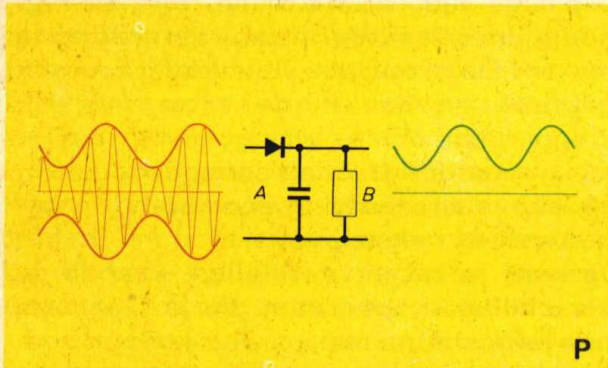
AFSTEMMEN

Je weet natuurlijk al lang hoe je een radio-

ontvanger moet afstemmen. Precies te weten wat daarbij gebeurt is natuurlijk wat anders. We hebben je verteld dat de wisselstroomweerstand van een condensator kleiner wordt als de frequentie hoger wordt. De wisselstroomweerstand van een spoel wordt daarentegen groter naarmate de frequentie toeneemt. Wat gebeurt er nu als we een spoel op een condensator aansluiten? Dan zal, bij een be-

zo prettig dat de wisselstroomweerstand van de spoel en van de condensator hetzelfde is, dat de stroom bij deze speciale frequentie door de spoel en de condensator zeer hoog wordt. Bij alle andere frequenties is de stroom veel kleiner.

Als de waarde van de spoel of van de condensator wordt veranderd, zal dit verschijnsel, bekend als „resonantie” bij een andere frequentie optreden. Alle zenders



paalde frequentie, de wisselstroomweerstand van de spoel precies gelijk zijn aan de wisselstroomweerstand van de condensator. Het hangt geheel af van de waarden van spoel en condensator welke frequentie dat is. Nu gebeurt er bij deze frequentie iets dat heel eigenaardig is.

De stromen die door de spoel en de condensator lopen, zijn natuurlijk gelijk, dat is niet zo heel vreemd, want, zoals je weet, betekenen dezelfde spanning en dezelfde weerstand ook dezelfde stroom. Wat vreemd is, is dat ze elkaar als het ware rond jagen. De hele stroom schijnt in een cirkel door spoel en condensator te gaan, maar blijft steeds maar rond gaan, alsof hij er niet uit wil. Deze stroom vindt het

zenden een draaggolf uit en de frequentie van deze draaggolf is voor elke zender verschillend. Bij een gegeven stand van de afstemcondensator zal slechts één zender een krachtig ronddraaiende stroom tweebrengen. De schakeling resoneert daarom voor die ene zender, maar voor geen van de andere. Voor al deze andere zenders is de ronddraaiende stroom daarom aanzienlijk zwakker en deze andere zenders worden daarom veel minder duidelijk gehoord, zo zacht, dat ze in de meeste gevallen niet meer hoorbaar zijn.

Als we nu aan de condensator draaien, komt de schakeling weer in resonantie met de draaggolf van een andere zender, en dus ontvangen we deze laatste.

ELEKTRONISCH METEN, REGELEN EN SIGNALEREN

In de techniek en in het dagelijks leven moet er heel wat gemeten en geregeld worden. Zowel op de lagere school als op de middelbare school, om niet te spreken van het technisch onderwijs, worden de leerlingen nogal eens geplaagd met sommen waarin gemeten wordt. Zoveel liter water bij zoveel liter wijn, of de bak waaruit water stroomt, en wat gaat er dan gebeuren? enz. enz.

Met behulp van elektronica kun je bijv. meten hoeveel vloeistof er nog in een reservoir zit, wat de temperatuur van een oven is, of het meel niet te vochtig is en bijv. of een mengsel van twee stoffen de juiste verhouding heeft. Als je in een machine twee stoffen door elkaar mengt, dan is het niet alleen mogelijk te meten of de mengverhouding goed is, maar ook

kranen automatisch zo te regelen, dat de juiste verhouding wordt bereikt. Je kunt elektronische regelapparatuur ook gebruiken om er zeker van te zijn dat de temperatuur in een vertrek steeds gelijk blijft, onverschillig of het buiten koud of warm is. Denk maar eens aan een koelkast.

Het is ook mogelijk om een lamp na een bepaalde, van tevoren in te stellen tijd, in te schakelen om te waarschuwen dat een bepaalde tijd is verstreken, bijv. de tijd nodig om een fotografische vergroting te maken. Elektronische signalering kan ook gebruikt worden in de vorm van een knipperlicht om te waarschuwen dat er een gevaar dreigt, of als een rookdetector, als een waarschuwing voor brand in gebouwen of magazijnen.

Je kunt je zeker voorstellen waar je de verschillende apparaten die je met deze bouwdoos kunt maken, zou kunnen toepassen.

middengolf en kortegolf. De ontvanger C2 is echter bestemd voor de ontvangst van VHF-signalen en hiervoor worden aan de antennes andere eisen gesteld. De VHF-band bevat de golflengten waarop de F.M.- en de televisie-uitzendingen plaatsvinden en loopt, zoals internationaal is afgesproken, van 30 MHz tot 300 MHz (golflengten van 10 tot 1 meter).

Voor de ontvangst van VHF-signalen is de „dipoolantenne” het meest geschikt. De ingewikkelde constructies die je op de daken ziet, zijn richtinggevoelige dipoolantennes. Deze zijn voor ons doel niet zo geschikt, omdat ze op een speciale zender gericht zijn en niet geschikt voor algemene ontvangst. Een dipoolantenne bestaat uit twee even lange staven of draden, die in één lijn worden geplaatst. De dichtst bij elkaar liggende einden worden door een twee-aderige draad met de ontvanger verbonden. In feite kunnen wij zulk een dipoolantenne heel gemakkelijk maken door een deel van het twee-aderige snoer te splitsen. De plaats waar de splitsing begint, kunnen wij versterken door er een stukje touw omheen te winden. Wanneer wij de antenne eenvoudig willen houden, maken wij deze van een stuk plastic netsnoer van bijv. drie meter. Voor een betere ontvangst moeten wij onze antenne op het dak of op de zolder zetten en deze aan de ontvanger verbinden met een speciale antennekabel, 300 Ohm lintkabel genoemd, die in de meeste radiowinkels verkrijgbaar is. Voor gebruik binnenshuis kan de antenne op een lat bevestigd worden, met behulp van touw of plakband.

Dipoolantennes hebben de eigenschap dat de lengte van de dipool afhankelijk is van de frequentie die wij willen ontvangen. De lengte van de twee staven van de dipool moet iets minder zijn dan de helft van de golflengte. In de tabel bij schakeling C2 vinden wij de juiste lengte van de dipool voor de verschillende frequenties. De laagste frequentie waarop de schakeling C2 wordt gebruikt, is ongeveer 28 MHz (11 m). De lengte van de dipool zou hier ongeveer 5,50 m bedragen. Dit is een lengte die binnenshuis niet meer

gebruikt kan worden. Hier is het beter om het normale systeem met een aardleiding te gebruiken en voor de antenne een verticale draad van 2,75 m.

Visserijband

De meeste omroepzenders werken in het middengolfgebied, dwz. met golflengten tussen ongeveer 190 en 600 meter. Er zijn echter ook een aantal interessante zenders met kortere golflengten, zoals in de „Visserijband”, die tussen de 60 en de 180 meter ligt. Om deze zenders te kunnen ontvangen, heb je een andere spoel nodig. Deze kun je zelf maken van geïsoleerd draad. Je windt dan 28 windingen zo dicht mogelijk naast elkaar op de ferroxcube-staaf. Eerst moet je natuurlijk de middengolfspoel van de staaf nemen. Wikkel nog een tweede winding van geïsoleerd draad vlak naast je visserijbandspoel (fig. 21).

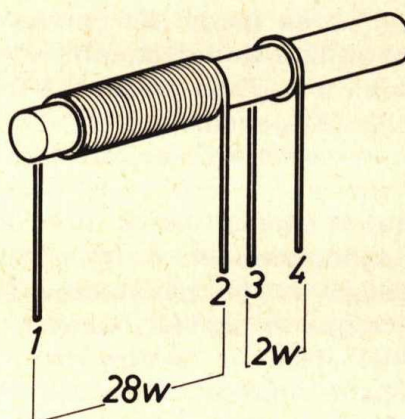


Fig. 21

De nummers in de figuur corresponderen met de nummers van de middengolfspoel in het schema C1. Verbind het uiteinde van deze spoel met dezelfde punten als de uiteinden van de middengolfspoel. Als je een fluittoon hoort, verwissel dan de verbindingsdraden 3 en 4. Als je niet bij de kust woont, zul je wel een buitenantenne nodig hebben. Wanneer dit eenmaal klaar is, draai dan heel voorzichtig aan de knop van de afstemcondensator en als alles in orde is en je niet op een te grote afstand van een zender zit, kun je horen of een visser een goede vangst gehad heeft en andere interessante mededelingen.

C1 Middengolfreflex-ontvanger

Het reflexprincipe houdt in dat één versterktrap tweemaal wordt gebruikt om een signaal te versterken. Dit kan nooit tweemaal hetzelfde signaal zijn, omdat de schakeling dan zou gaan oscilleren. In het algemeen gaat het daarom om signalen die zoveel in frequentie verschillen, dat ze gemakkelijk van elkaar kunnen worden gescheiden. Dit zijn bijv. een gemoduleerde draaggolf met bijv. een frequentie van 500 kHz en een laagfrequent signaal met een frequentie niet hoger dan 15 kHz. Hierbij is het noodzakelijk dat het hoogfrequent en het laagfrequent circuit elkaars signaal niet ongunstig beïnvloeden. Tevens moeten het hoogfrequent signaal en het laagfrequent signaal na de versterktrap gescheiden worden.

In deze schakeling doet de transistor T1 dienst als reflexversterker. Het hoogfrequent signaal staat tussen de top van de koppelspoel L2 en aarde (de condensator C3 is voor een hoogfrequent signaal geen belemmering) en wordt via C4 naar de basis van T1 gevoerd.

Het signaal komt versterkt in de collectorleiding terecht.

Het hoogfrequent signaal wordt door de smoorspoel tegengehouden en gaat via C5 naar de detector. Het gedetecteerde signaal (laagfrequent signaal) gaat via het filter C3, R1, R2 door de koppelspoel L2 en de condensator C4 naar de basis van transistor T1 en komt versterkt in de collectorleiding terecht. Het laagfrequent signaal dat op de collectorleiding van T1

staat, wordt geblokkeerd door de condensator C5 en gaat via de smoorspoel, die hier geen belemmering vormt, naar de laagfrequent versterker.

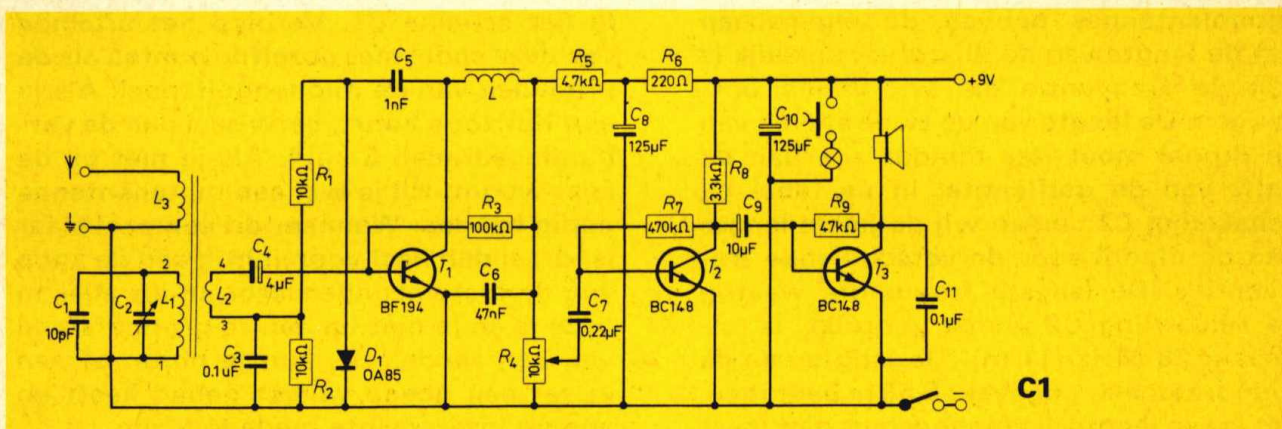
De koppelspoel L3, vijf windingen geïsoleerd montagedraad om de ferrietstaaf, dient voor de aansluiting van een buitenantenne. Hiermee worden ook zwakke signalen ontvangen.

Het is wenselijk in dit geval ook een aardleiding te gebruiken. Door de geringe selectiviteit is het niet mogelijk zwakke zenders in de buurt van sterke zenders te ontvangen.

C2 Superregeneratieve ontvanger

Deze schakeling is niet erg gemakkelijk. Je moet hierbij nauwkeurig monteren en afregelen. De montage geschiedt aan de onderzijde van het paneel om de draden naar de diverse onderdelen zo kort mogelijk te houden. (De kaart ligt dus ook op de onderkant). De selectiviteit en de gevoeligheid zijn het beste als de potentiometer zo ver gedraaid wordt dat het apparaat nog net wel ruist.

Met deze schakeling kun je meerdere frequentiegebieden ontvangen. Hiervoor moeten L2, C2, C3 en C4 telkens veranderd worden. Zie tabel 3. L1 bestaat altijd uit 2 à 3 windingen. Hoe je zelf de spoelen moet wikkelen, zie je in fig. 22. De wikkeling voor een diameter van 10 mm kun je op de antennestaaf maken, die van 16 mm op een penlite batterij. De dicht op elkaar gewikkelde windingen worden op de goede lengte (l) uitgetrokken.



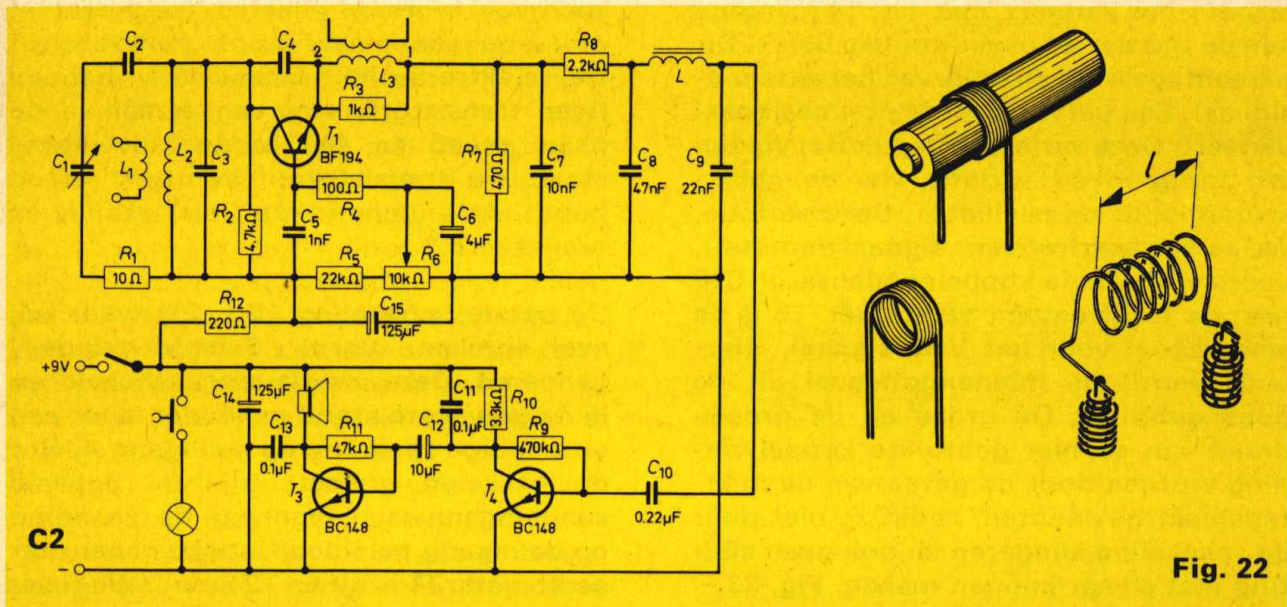


Fig. 22

Deze ontvanger bestaat uit een hoogfrequent gedeelte en een normale twee-traps laagfrequent versterker. In het hoogfrequent gedeelte vinden wij de afstemkring. Deze wordt gevormd door L2, C1, C2 en C3. Deze is zeer gecompliceerd, omdat op deze frequentie het bereik maar zee klein mag zijn. Het is anders niet mogelijk op een bepaalde zender af te stemmen, daar een kleine verdraaiing van de afstemknop een te grote frequentieverandering zou geven. Tevens mag de kringcapaciteit niet te groot worden.

Via de condensator C4 ontstaat terugkoppeling, waardoor de transistor T1 gaat oscilleren. Deze condensator moet voor de andere frequentiegebieden ook een andere waarde hebben. Het hoogfrequent signaal wordt van de antenne naar de oscillator gevoerd. De oscillator van deze

schakeling oscilleert zo krachtig dat hij zijn eigen signaal niet kan verwerken en plotseling stopt. De oorzaak van het stoppen is dan weggenomen en het oscilleren start opnieuw en stopt natuurlijk ook weer. Dit starten en stoppen gaat zo snel achter elkaar dat wij het niet kunnen horen (ongeveer 50.000 maal per seconde). Deze frequentie van ongeveer 50 kHz noemen wij de „quenchfrequentie”. Deze is aanwezig aan de uitgang van de detector. Om te zorgen dat dit signaal de laagfrequent versterker niet overbelast, vinden wij vóór deze versterker het filter, gevormd door R8, C8, L4 en C9. Door de oscillator loopt bij oscilleren een gelijkstroom en bij niet oscilleren een gelijkstroom van andere grootte. Aangezien deze oscillator met een hoge snelheid open en dicht gaat, zien wij een gelijk-

Tabel 3

Frequentie bereik	Spoel-diameter mm	Aantal windingen	Lengte spoel mm	C2	C3	C4
26-31 MHz	16	10	20	22pF	10pF	47pF
80-100 MHz	10	3	8	22pF	10pF	10pF
115-135 MHz	16	1*	—	22pF	10pF	10pF

* uitgetrokken tot halve cirkel.

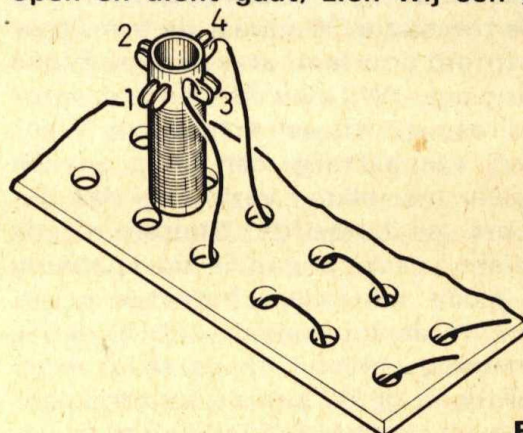
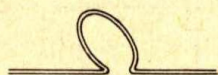


Fig. 23

stroom die varieert met het percentage van de tijd dat de oscillator oscilleert. Dit percentage is afhankelijk van het antennesignaal. Een gemoduleerd antennesignaal varieert. Deze variatie (modulatie) vinden wij terug in de variatie van de gelijkstroom door de oscillator. Deze variatie, welke het laagfrequent signaal voorstelt, voeren wij via de koppelcondensator C10 naar de laagfrequent versterker. L3 is de smoorspoel voor het VHF-signaal. Hiervoor wordt de middengolfspoel uit de doos gebruikt. De grijze en de groene draad van de niet gebruikte koppelwinding worden door de gaten van de montageplaat gevlochten, zodat ze niet door de schakeling slingeren en ook geen sluiting met elkaar kunnen maken. Fig. 23.

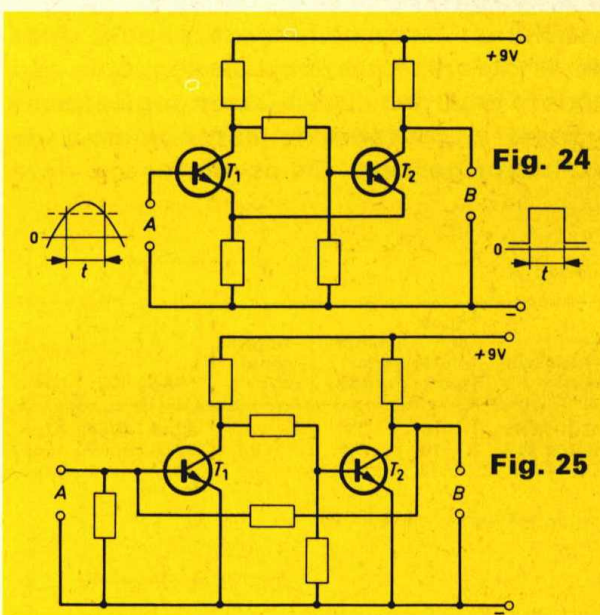
D. ELEKTRONISCHE SIGNALERING

In dit hoofdstuk vinden wij veel schakelingen, waarin een combinatie van twee transistors als een elektronische aan/uitschakelaar wordt gebruikt. Dit hebben wij in feite al in het schema B3 gezien. Hier zullen wij op de werking van een aantal elektronische schakelaars, die wij gaan gebruiken, ingaan. In de voorgaande experimenten hebben wij de transistor gezien als een versterker. De collectorstroom varieerde in verhouding met de variaties van de stroom die aan de basis werd toegevoerd. Hier behandelen wij schakelingen waarin de transistor een bepaalde stroom, bepaald door de rest van de schakeling, doorlaat of niet. Wanneer de transistor de stroom doorlaat, staat er praktisch geen spanning over de transistor. Wanneer de transistor geen stroom doorlaat, staat er een flinke spanning over. Wij zien dat een transistor precies reageert als een schakelaar. Wanneer wij een batterij, een lamp en een schakelaar met elkaar verbinden dan gebeurt precies hetzelfde. Sluiten wij de schakelaar („aan”), dan is de spanning op de beide schakelaarcontacten gelijk. Openen wij de schakelaar („uit”), dan is het spanningsverschil op de schakelaaraansluitingen gelijk aan de batterijspanning. De schakelingen die wij nu gaan be-

schrijven worden dikwijls toegepast in moderne rekenmachines of „computers”. De elektronische schakelaars hebben twee transistors, waarvan er één in de „aan”-stand en één in de „uit”-stand staat. De transistor in de „aan”-stand houdt de andere in de „uit”-stand, en omgekeerd.

De eerste schakeling (fig. 24) waar wij over spreken, wordt „Schmidt-trigger” genoemd. Deze wordt omgeschakeld en in de gewenste stand gehouden door een uitwendige spanning op de ingang A. Het omschakelen gebeurt bij een bepaald spanningsniveau. Wanneer de spanning op de ingang geleidelijk stijgt, gebeurt er eerst niets. T1 is uit en T2 is aan. Wanneer de kritische spanning is bereikt, wordt de situatie ineens omgekeerd. T1 is aan en T2 is uit. Op ditzelfde moment stijgt de spanning over T2 van bijv. 1 V naar 9 V (= batterijspanning), wanneer er geen belasting op de uitgang B staat. In dat geval zal de spanning, al naar gelang de belasting lager zijn. Wanneer de stuurspanning aan de ingang A geleidelijk daalt, valt de Schmidt-trigger weer in zijn oorspronkelijke stand terug, daarmee tevens de spanning aan de uitgang B.

De tweede schakeling (fig. 25) heeft de karakteristieke naam „Flip-Flop”-schakeling. Deze werkt op ongeveer de-



zelfde wijze als de Schmidt-trigger, behalve dat deze zich zelf in een bepaalde stand houdt, zonder dat aan de ingang A een uitwendige spanning wordt aangebracht. De spanning aan de ingang A wordt alleen gebruikt om de flip-flop om te schakelen. Dit uitwendig signaal kan een langzaam veranderende spanning zijn, zoals bij de Schmidt-trigger, maar kan ook een korte spanningsimpuls zijn. Zulk een impuls kan bijvoorbeeld door een condensator geleverd worden.

Een positieve spanning aan de ingang A brengt T1 in de „aan“-stand en dientengevolge T2 in de „uit“-stand. Dit wil zeggen spanning op de uitgang B. De flip-flop kan weer in de oude stand teruggebracht worden door een negatieve spanning op de ingang A. Een positieve spanning op de basis van T2 zou hetzelfde effect hebben. Een verbinding van emitter en collector zal een geleidende transistor simuleren. De andere transistor zal dan in de „uit“-stand overgaan en dientengevolge de eerste in de „aan“-stand.

De derde schakeling (fig. 26) vertoont overeenkomst met de flip-flop. Deze blijft echter niet in een bepaalde stand staan, maar schakelt voortdurend om. Het tempo van omschakelen hangt af van de waarden van de condensatoren en weerstanden in de schakeling. Dit is een z.g. „multivibrator“. Deze kan zo snel schakelen dat een toonfrequentie bereikt wordt, die zelfs zo hoog kan worden dat hij boven het hoorbare gebied komt. Zo een vrijlopende elektronische schakelaar kan min of meer beschouwd worden als een frequentiegenerator of oscillator. Het verschil met de gewone oscillatoren is, dat in plaats van een sinusvormige spanning, een blokspanning wordt opgewekt. Aangezien deze schakeling zijn eigen schakeltempo bepaalt, is er geen stuurspanning nodig.

Het is mogelijk de flip-flop en de multivibrator te combineren (fig. 27). In deze schakeling is T2 normaal in de „aan“-stand en T1 in de uit-stand. Een positieve spanning op A zal deze situatie omkeren. Dit zal echter niet lang standhouden,

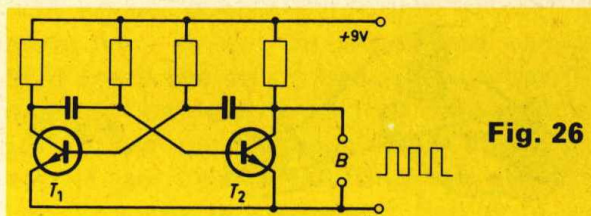


Fig. 26

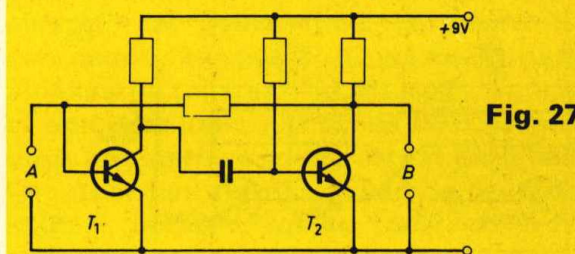
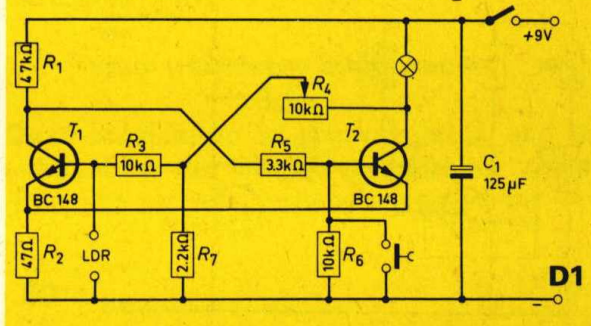


Fig. 27



aangezien de koppelcondensator tussen T1 en T2 slechts korte veranderingen doorlaat. Na een korte tijd komt de schakeling automatisch in zijn oorspronkelijke stand terug. Deze tijd hangt af van de waarde van de weerstand en de condensator aan de basis van T2, en kan variëren van een fractie van een milliseconde tot enkele seconden.

D1 Verklipperlicht

In deze flip-flop schakeling wordt het overschakelen veroorzaakt door een wijziging in de weerstandswaarde van een lichtgevoelige weerstand LDR (= Light Dependent Resistance). Wanneer er licht valt op deze LDR, wordt de stroom door de transistor T1 geblokkeerd, T2 wordt geleidend en de lamp brandt.

Wanneer de LDR niet langer verlicht wordt, komt de schakeling niet in zijn oorspronkelijke toestand terug. Het terugschakelen gebeurt door op de drukknop te drukken, die T2 uitschakelt. De variabele weerstand R4 bepaalt het verlichtingsniveau, waarbij de overschake-

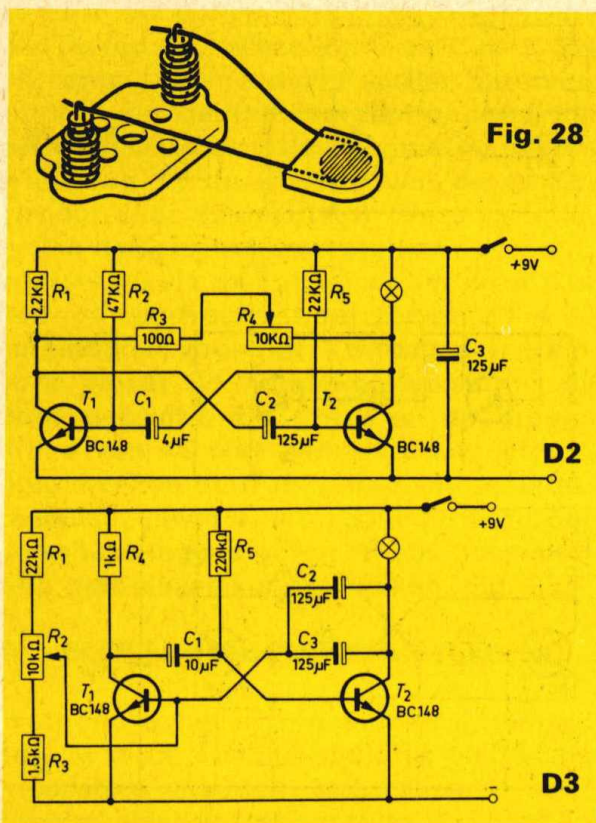


Fig. 28

ling plaatsvindt. Fig. 28 geeft aan hoe de LDR op een afstand aan een draad gemonteerd kan worden. Het is mogelijk vast te stellen of er iets verplaatst is dan wel of er iemand binnen is geweest.

D2 Knipperlicht met instelbaar tempo

Een multivibrator met een langzaam schakeltempo zorgt ervoor dat de lamp aan- en uitgaat. Het schakeltempo kan door de potentiometer R4 worden gewijzigd.

D3 Flitslicht met instelbaar flitstempo

Deze schakeling is ongeveer gelijk aan die bij D2. De lamp gloeit slechts voor een gedeelte van een seconde, terwijl de tijd dat de lamp gedoofd is, veel langer duurt. Deze schakeling kan zeer goed als een waarschuwinglamp gebruikt worden, aangezien zij niet veel stroom gebruikt. De tijd gedurende welke de lamp niet brandt, wordt gevarieerd door de potentiometer R2. De brandtijd van de lamp blijft constant.

D4 Akoestisch relais

De transistors T2 en T3 zijn opgenomen in een flip-flop schakeling. In de collectorleiding van T2 is een LDR opgenomen. Wanneer deze verlicht wordt, dan is de weerstand er van zo laag dat deze geen invloed heeft op de schakeling. Wanneer het licht onderbroken wordt, neemt de weerstand toe en de flip-flop schakeling schakelt de lamp in. Dit kan ook worden bereikt door een negatieve spanning op de basis van T2. Deze negatieve spanning wordt verkregen van een detectorschakeling gevormd door de condensator C2 en de diode D1, die de uitgangsspanning van T1 gelijk richt. Op deze manier kan een geluid, dat opgevangen wordt door de luidspreker, een waarschuwinglamp inschakelen. Door het indrukken van de druktoets wordt de schakeling in haar uitgangstoestand teruggebracht. Deze schakeling werkt eveneens op lichtonderbreking.

D5 Diefstalalarm

Een bistabiele flip-flop schakeling met de transistoren T1 en T2 wordt omgeschakeld, wanneer de weerstand van een LDR onder invloed van licht vermindert, bijv. door een elektrische lantaarn. De lichtintensiteit waarbij het schakelen plaatsvindt, wordt ingesteld met de potentiometer R2. Wanneer het donker is, is T1 geblokkeerd en T2 open. Wanneer het raamcontact P in de emitterleiding van T2 wordt onderbroken, wordt de flip-flop eveneens omgeschakeld. De transistor T3 is opgenomen in een RC-toongenerator, die begint te oscilleren wanneer er een stroom aan de basis wordt toegevoerd. Wanneer T2 geleidend is, vloeit er geen basisstroom door R9 en R10, omdat er geen collectorspanning op T2 staat. Wanneer de flip-flop schakeling omschakelt, stijgt de collectorspanning van T2 met verscheidene Volts en T3 begint te oscilleren, waarbij dan een waarschuwingstoon door de luidspreker wordt weergegeven. Ook wanneer het raam wordt gesloten, of de

lamp wordt uitgeschakeld, blijft deze waarschuwingstoon voortduren, totdat, met behulp van de druktoets de schakeling in zijn oorspronkelijke toestand wordt teruggebracht.

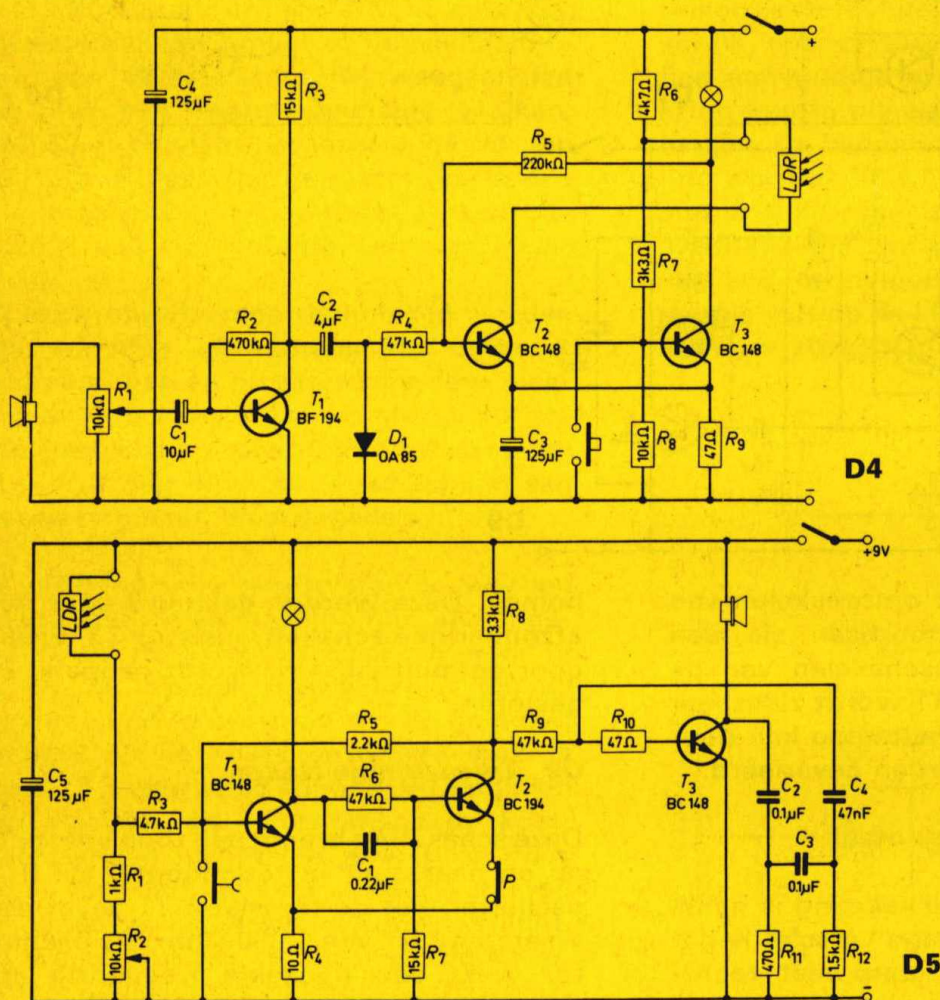
D6 Inbraakalarm

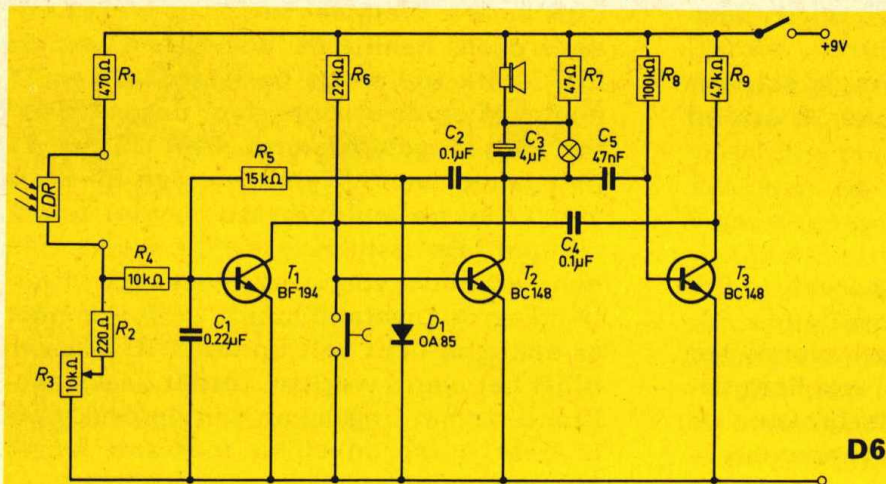
In zijn functie gelijkt dit apparaat op het voorafgaande, maar de schakeling is volledig afwijkend. In dit geval wordt het alarm ingeschakeld wanneer het licht dat op de LDR valt, wordt onderbroken. De transistors T2 en T3 zijn opgenomen in een multivibratorschakeling. De multivibrator wordt in uitgeschakelde toestand gehouden, doordat de transistor T1 geleidend is en zodoende de basis van de transistor T2 kortsluit. Deze toestand wordt gehandhaafd zolang T1 voldoende basisstroom krijgt via R1, de belichte

LDR en R4. Wanneer het licht wordt onderbroken, neemt de weerstand van de LDR sterk toe en de basisstroom van T1 neemt af en de stroom door deze transistor wordt geblokkeerd. Dan vormt T1 niet langer een kortsluiting van de basis van T2 en de multivibrator begint te oscilleren. De gelijkrichter D1 levert dan een negatieve spanning, welke T1 in geblokkeerde toestand houdt, zelfs wanneer er opnieuw licht valt op de LDR. Daarom blijft het alarm werken, totdat de schakeling door het indrukken van de druktoets in haar oorspronkelijke toestand wordt teruggebracht.

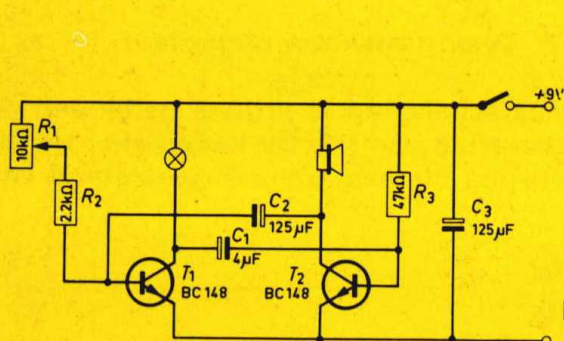
D7 Twee-transistor clignoteur

Deze schakeling is vrijwel gelijk aan de schakeling van D2. De luidspreker wordt gebruikt als een collectorweerstand van

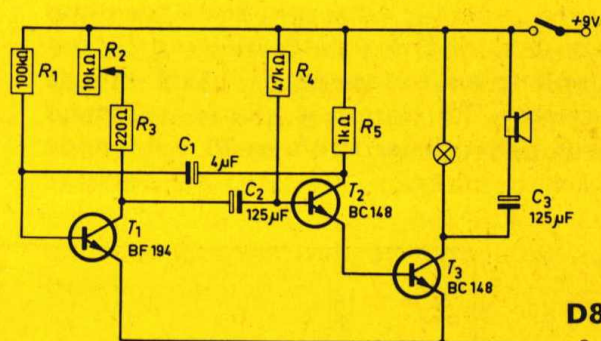




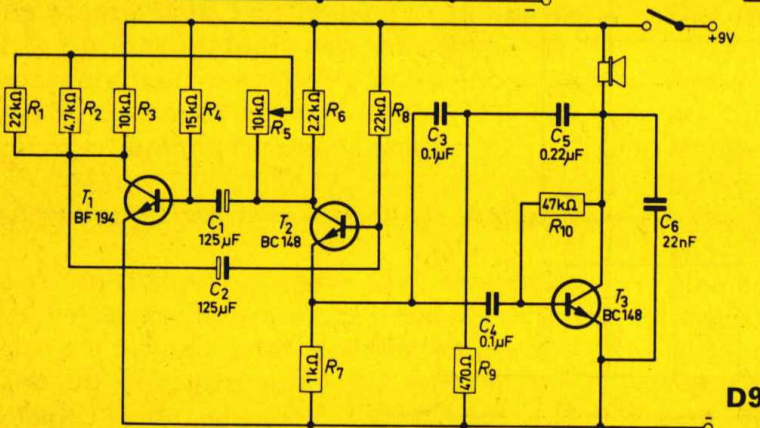
D6



D7



D8



D9

T2. Daarom wordt het omschakelen van de collectorstroom hoorbaar als een serie klikken. Het omschakelen van de collectorstroom door T1 wordt zichtbaar via de lamp. Het schakeltempo kan door een potentiometer worden gevarieerd.

D8 Drie-transistor clignoteur

De werking van deze schakeling is gelijk aan die van D7. Het enige verschil is dat de luidspreker en de lamp niet rechtstreeks in de multivibrator zijn opge-

nomen. Deze worden gestuurd door een afzonderlijke schakeltransistor T3, welke door de multivibrator wordt geopend en gesloten.

D9 Twee-tonige claxon

Deze schakeling brengt een toon voort die op en neer gaat in toonhoogte. De RC-oscillator met de transistor T1 bevat een weerstand R7 van 1.000 Ohm. De oscillator wekt een bepaalde frequentie op. Wanneer de weerstand R7 wordt ge-

wijzigd, dan zal ook de frequentie van de oscillator veranderen. Wanneer de transistor T2 van de multivibrator geleidend is, dan staat R7 parallel aan een gedeelte van de multivibrator. De weerstand wordt kleiner en diens gevolg geeft de oscillator een andere toon. De toonhoogte verandert dus met het schakeltempo van T2, oftewel de multivibrator.

E. MEET- EN REGELTECHNIEK

Metten is het bepalen van hoeveelheden, afmetingen etc. Heel bekend is het bepalen van lengte met behulp van een lineaal, of het meten van gewicht met een weegschaal. Deze metingen worden uitgevoerd door middel van vergelijking met een bekende maat of gewicht. Met de meetbrug van schakeling E7 doen wij precies hetzelfde met elektrische grootheden.

Vele metingen worden verricht door het omzetten van een maat of hoeveelheid in bijv. een verplaatsing. Bij weegschalen die met een veermechanisme werken, wordt het gewicht omgezet in de rek van een veer. Bij een thermometer wordt een temperatuurstijging omgezet in een uitzetting van het volume van het kwikzilver.

Bij elektronische meettechnieken worden hoeveelheden, afmetingen etc. omgezet in spanningen en stromen, die door elektronische schakelingen versterkt en geïnterpreteerd worden. De gemeten waarde wordt dan bijv. op de schaal van een meetinstrument weergegeven.

Bij elektronische regelsystemen worden de spanningen en stromen niet alleen gebruikt om de gemeten waarden weer te geven. Zij worden ook gebruikt om de regeleenheid te besturen die de gemeten eenheid op de juiste gewenste waarde houdt. Als voorbeeld kunnen wij aanhalen een machine die automatisch de koolweerstand maakt die je in deze doos vindt. Een dun laagje koolstof wordt op een staafje isolatiemateriaal gebracht. De weerstand die uit de machine komt, wordt automatisch gemeten. De weer-

standswaarde wordt omgezet in een spanning die gelijk moet zijn aan een vooraf ingestelde standaardspanning. Een spanningsverschil tussen deze beide spanningen beïnvloedt de hoeveelheid koolstof die op het staafje wordt aangebracht. Wanneer de weerstand te laag is, minder koolstof, en de weerstand te hoog, meer koolstof. Op deze manier wordt de weerstand van de geleverde produkten op de juiste waarde gehouden.

Wanneer wij de standaardspanning in de regeleenheid veranderen, dan levert de machine weerstanden met een andere waarde. In alle regelsystemen worden de gegevens over het resultaat teruggekoppeld naar een regeleenheid, die dit resultaat kan beïnvloeden.

In automatische regelsystemen vindt men altijd één of meer gesloten kringen achter elkaar, waardoor een stroom gegevens over resultaten of toestanden gaan van telkens meeteenheid (M) via een versterker (A) naar regeleenheid (C). Zie fig. 29. Een eenvoudige uitvoering van zulk een kring kun je uit deze experimenteerdoos maken. De bedoeling van de regelschakeling van fig. 30 is het lampje op een constante lichtintensiteit te laten branden, onafhankelijk van de batterijspanning of van andere invloeden. Het licht van het lampje valt op de LDR, waarbij wij ervoor moeten zorgen dat geen ander licht

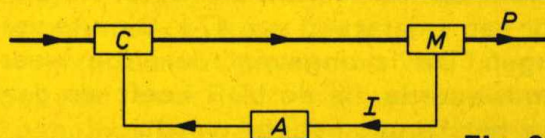


Fig. 29

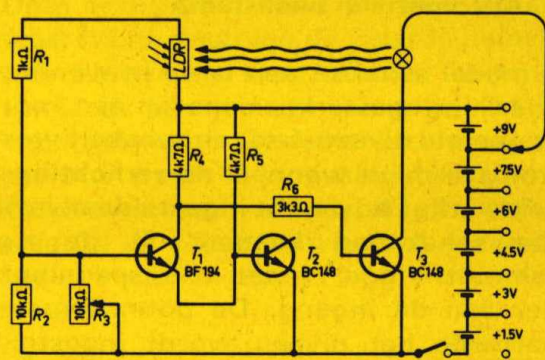


Fig. 30

storend kan werken. Daarom plaatsen wij de LDR in een kartonnen koker, die van binnen zwart gemaakt is. Als de lichtintensiteit minder wordt, wordt de weerstand van de LDR hoger. Hierdoor daalt de basisspanning en de collectorstroom van transistor T1, Transistor T3 krijgt tengevolge hiervan een hogere basisstroom en, daardoor een hogere collectorstroom, die het lampje weer feller doet opbranden, waardoor het licht op zijn oorspronkelijke waarde terugkomt.

Deze waarde kan ingesteld worden met behulp van de potentiometer R3. Door gebruik te maken van de diverse aftakkingen op de batterijhouder, kunnen wij de batterijspanning verlagen in stappen van 1,5 V. Wij zien dat de lichtintensiteit van het lampje niet verandert, totdat de spanning te laag wordt (3 V of 4,5 V). Het regelsysteem houdt de lichtintensiteit op de ingestelde waarde.

Dit resultaat is te danken aan de regelkring. Om dit te laten zien, kunnen wij de kringloop onderbreken door bijv. het licht van het lampje naar de LDR tegen te houden. Wanneer wij nu met de potentiometer het licht instellen op een bepaalde waarde, en wij veranderen de batterijspanning zoals hiervoor, dan zien wij dat het licht van het lampje verandert met de spanning.

Dit experiment is niet gemakkelijk uit te voeren, en het is wellicht beter de LDR door een weerstand van 47 k-Ohm te vervangen. Dit is ongeveer dezelfde weerstandswaarde die de LDR heeft als deze door het lampje belicht wordt.

E1 Automatisch nachtlamp

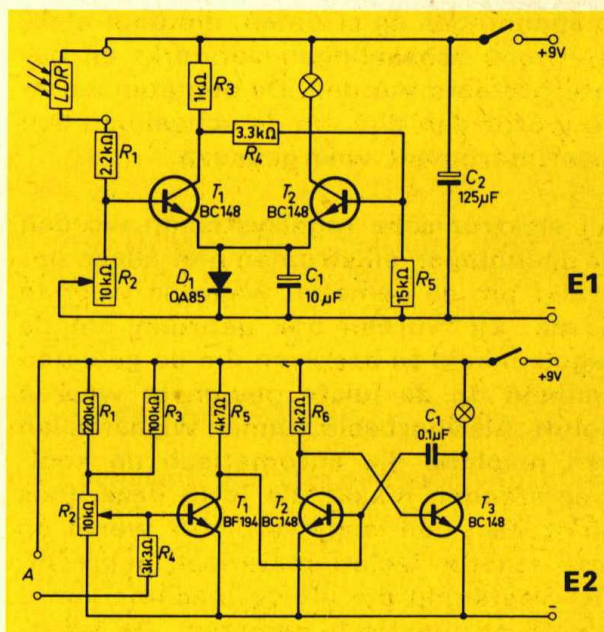
Dit model schakelt een lamp in wanneer de verlichtingssterkte beneden een vooraf ingesteld niveau daalt en schakelt weer automatisch uit wanneer de verlichtingssterkte stijgt boven dit ingestelde niveau. Deze schakeling bestaat uit de z.g. „Schmidt-trigger“ met een spanningsdeler aan de ingang. De potentiometer waarmee het niveau wordt ingesteld, bevindt zich in het onderste gedeelte van deze spanningsdeler. De andere helft be-

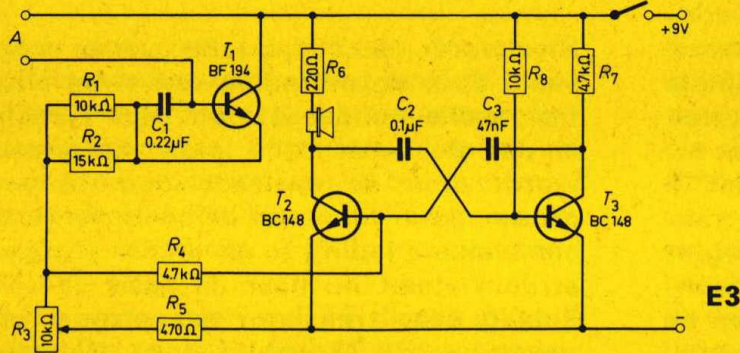
staat uit de lichtgevoelige weerstand, in serie met een weerstand R1 ter bescherming van T1.

Een diode wordt hier gebruikt als een gemeenschappelijke emitterweerstand voor de twee transistors. Dit is gedaan omdat de stromen die door de twee transistors vloeien, zeer verschillend zijn, namelijk slechts 3,5 mA tegenover een waarde van 50 mA. Met een normale emitterweerstand zou dit emitterspanningen tengevolge hebben van bijzonder onpraktische waarden. Wij zouden bijv. een emitterweerstand van 47 Ohm kunnen gebruiken. De spanningen op de emitters zouden dan 2,3 V en 0,16 V zijn. Over de diode zullen spanningen ontstaan, die afhankelijk van de stroom tussen de 1V en 2,5 V variëren. Dus veel constanter dan bij een weerstand. Voorkomen moet worden dat het licht van het lampje direct op de lichtgevoelige weerstand schijnt. De schakeling zal dan blijven voortgaan met in- en uitschakelen en het lampje zal gaan flikkeren.

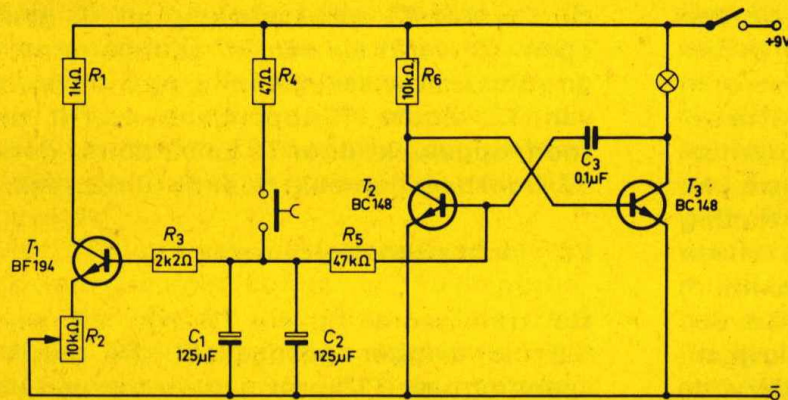
E2 Vochtigheidsindicator met indicatielamp

Deze schakeling bestaat uit een drietraps gelijkstroomversterker. Een zeer kleine stroom van bijv. één miljoenste ampère





E3



E4

arriveert op de basis van transistor T1 en veroorzaakt aan de uitgangszijde een stroom die voldoende is om het lampje te laten gloeien.

Deze zeer kleine stroom wordt via een spanningsdeler naar de basis geleid. Deze is opgebouwd uit meerdere weerstanden (R1, R2, R3 en R4) en één weerstand die zich buiten dit model bevindt. Hiervoor neem je een stuk papier of een lapje stof waarop je twee blanke draden vlak naast elkaar vastzet. Deze twee draden lopen elk naar één van de ingangsklemmen A. Deze weerstand is vochtgevoelig. Wanneer deze weerstand droog is, heeft hij een zeer hoge weerstandswaarde (bijv. tien miljoen Ohm); wanneer de weerstand echter vochtig of nat is, wordt de weerstandswaarde veel lager en dan gaat er een stroom vloeien naar de basis van transistor T1 en de lamp begint te gloeien. De weerstandswaarde, in dit geval de vochtigheidstoestand, waarbij het bovengenoemde effect optreedt kan met de potentiometer worden ingesteld.

E3 Vochtigheidsindicator met geluidssignaal

De transistoren T2 en T3 zijn opgenomen in een multivibratorschakeling. Deze multivibrator oscilleert niet, omdat de spanning aan de basis van T2 te laag is om een stroom door deze transistor te laten vloeien. De basisspanning van T2 wordt bepaald door een vrij gecompliceerde spanningsdeler. In het bovenste gedeelte hiervan is de transistor T1 opgenomen. Deze transistor werkt als een variabele weerstand, waarvan de waarde beïnvloed wordt door zijn basisstroom. De grootte van deze basisstroom hangt af van het vochtgevoelige element dat wordt aangesloten op de ingangsklemmen (Zie E2). De weerstandswaarde (of vochtigheid) waarbij de schakeling begint te werken, kan worden ingesteld met de potentiometer.

E4 Tijdschakelaar met indicatielamp

De ingangsstroom van een gelijkstroom-

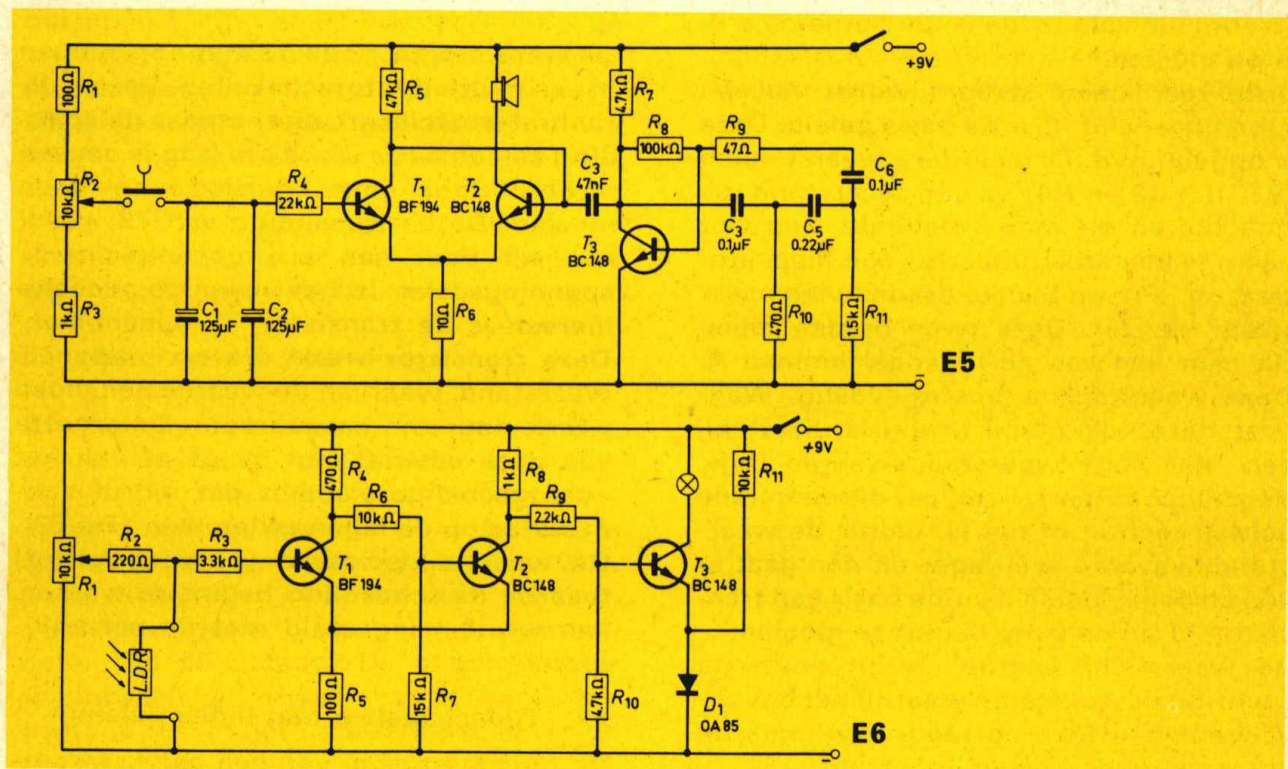
versterker (T2, T3) wordt geleverd door de lading van twee elektrolytische condensatoren. Zolang T2 stroom trekt, wordt T3 geblokkeerd en het lampje brandt niet. Wanneer de condensatoren praktisch ontladen zijn, wordt de ingangsstroom te klein om te zorgen dat T2 een collectorstroom gaat trekken, transistor T3 gaat open en het lampje begint te gloeien. De tijd die nodig is om de condensatoren te ontladen, hangt af van de stroom die van hen wordt afgenomen. Daarom is er een extra ontladingscircuit opgenomen, dat bovendien kan worden ingesteld teneinde de ontlaadtijd te beïnvloeden. Deze extra ontlaadstroom loopt naar de basis van T1. De grootte ervan wordt ingesteld met de potentiometer, die is opgenomen in de vorm van een emitterweerstand. De extra ontlading kan niet door de potentiometer alleen worden geregeld, daar de maximum waarde van 10.000 Ohm te laag is om een voldoende lange ontlaadtijd te krijgen. De tijdschakelaar wordt gestart door de knop in te drukken. De elektrolytische condensatoren worden dan volledig opgeladen.

E5 Tijdschakelaar met geluidsignaal

Hier wordt de tijdsperiode eveneens bepaald door de ontlading van twee elektrolytische condensatoren. Het verschil is dat de ontlaadtijd niet verminderd wordt door de ontlaadstroom te vergroten, maar door aan de condensatoren een kleinere lading te geven. De ontlaadstroom vloeit nu naar de basis van T1. Zolang deze transistor een stroom opneemt wordt T2 geblokkeerd. Wanneer de condensatoren praktisch ontladen zijn, wordt T1 uitgeschakeld en T2 gaat open. T3 werkt als een RC-toongenerator en voert een wisselspanning naar de basis van T2. Zodra T2 opengaat, wordt de toon, opgewekt door T3 en versterkt door T2, hoorbaar gemaakt door de luidspreker.

E6 Lichtintensiteitsmeter

De transistors T1 en T2 zijn als een Schmidt-trigger geschakeld. De basispanning van T1 komt van de tap van de volumeregelaar. De stand van de potentiometer, waarbij de Schmidt-trigger overschakelt, hangt af van de hoeveelheid



licht die op de lichtgevoelige weerstand valt. Het overschakelen wordt aangegeven door het gloeilampje. Indien T2 zich in geleidende toestand bevindt, moet T3 geblokkeerd zijn. De collectorspanning van T2 kan echter nooit tot nul dalen, als gevolg van de spanningsval over de emitterweerstand R5. Er zal altijd een spanning van ongeveer 1 V op de collector blijven.

Indien de emitter van T3 direct met de negatieve pool van de batterij verbonden zou worden, zou deze spanning verhinderen dat T3 volledig afgeschakeld wordt. De combinatie van de diode en de weerstand R11 geeft een blokkeringspanning van ongeveer 0,5 V op de emitter, en dit verhindert dat T3 stroom gaat trekken wanneer T2 zich in geleidende toestand bevindt.

Met de lichtgevoelige weerstand blootgesteld aan licht, kunnen wij nu de potentiometer zover terugdraaien, dat het lampje begint te gloeien. In deze positie van de knop kunnen wij de lichtintensiteit op de schaal aflezen.

E7 Meetbrug voor weerstanden, spoelen en condensatoren

Met behulp van een meetbrug kunnen wij de waarde van een onbekende weerstand, condensator of spoel vergelijken met de waarde van een bekend element. Wij doen dit m.b.v. een brugschakeling, die kan worden beschouwd als twee parallel geschakelde spanningsdelers. De potentiometer is één van deze spanningsverdelers. De andere bestaat bijv. uit twee weerstanden, waarvan er één bekend is (R_s) en de andere weerstand die moet worden gemeten (R_x).

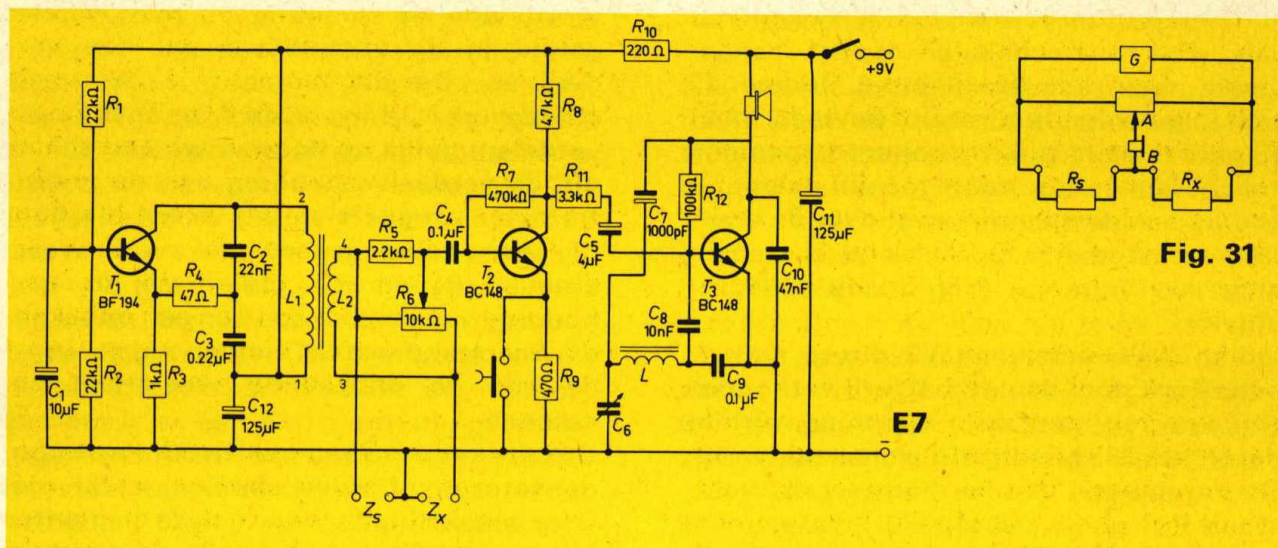
Over de twee spanningsdelers wordt een toongenerator (G) aangesloten en tussen de twee punten A en B (fig. 31) wordt een element geschakeld dat een wisselspanning kan aantonen, bijv. een oortelefoon. Indien nu de spanningen op de punten A en B verschillend zijn, zal de oortelefoon geluid produceren. Het is mogelijk de potentiometer zodanig te draaien dat de spanning op punt A gelijk

wordt aan de spanning op punt B. Het geluid in de oortelefoon zal dan verdwijnen. Op dit moment is de weerstandsverhouding van de twee spanningsverdelers gelijk en hebben wij een schaal die de verdeelverhouding van de potentiometer aangeeft en wij weten hierdoor de verhouding tussen de twee weerstanden R_s en R_x . Indien wij de verhouding van een bekende en een onbekende weerstand weten, kunnen wij de waarde van de onbekende weerstand berekenen.

Dezelfde redenering geldt voor twee condensatoren of twee spoelen, maar niet voor schakelingen waarin deze elementen tegelijkertijd voorkomen. Op de aansluitpunten van de brug vinden wij de indicaties Z_s en Z_x . De letter Z is de indicatie voor impedantie. De impedantie is de weerstand die door een capaciteit of inductiviteit (spoel) wordt geboden tegen het doorvloeien van een wisselstroom. Bij een spoel neemt deze impedantie toe met de inductiviteit. Voor een condensator is het tegenovergestelde het geval. Hier neemt de impedantie af bij toename van de frequentie. Hierom moeten wij denken, indien wij de schaal aflezen van onze meetbrug, indien deze de waarde van de verhouding van de impedantie aangeeft.

Indien de schaal aangeeft dat $Z_x = 2 \times Z_s$, dan betekent dit voor weerstanden $R_x = 2 \times R_s$ en voor spoelen $L_x = 2 \times L_s$, maar voor condensatoren geldt dan: $C_x = \frac{1}{2} \times C_s$.

Indien wij nu eens kijken naar de schakeling van E7, zien wij allereerst de oscillator met T1, die de meetfrequentie voor de brugschakeling geeft. Dit is een LC-oscillator, die op een frequentie van ongeveer 50 kHz werkt. Het spanningsverschil van de brugschakeling wordt versterkt door T2 en wordt gevoed aan de eindtrap. Indien het versterkte signaal zou worden toegevoerd aan de luidspreker, zoals het is, dan zou het effect niet hoorbaar zijn, daar een frequentie van 50 kHz nu eenmaal buiten het hoorbare gebied ligt. Daarom werkt T3 als een oscillator op een frequentie die iets lager



is dan die van de eerste oscillator. Het frequentieverschil kan door de luidspreker worden gehoord. De frequentie van deze tweede oscillator en het frequentieverschil worden gevarieerd door de variabele condensator C6. De versterking van T2 neemt toe wanneer de sleutel wordt ingedrukt en waardoor de emitterweerstand wordt kortgesloten. Het gebruik van de brugschakeling is zeer eenvoudig. Na het aansluiten van een bekend onderdeel aan de aansluitpunten gemerkt met Z_s en van een onbekend maar soortgelijk onderdeel aan Z_x , wordt de schaal eenvoudig gedraaid in die stand die het minste geluidsvolume geeft. Dan drukken wij opnieuw de sleutel in en de gevoeligheid neemt toe, hetgeen ons in staat stelt de schaal nauwkeuriger in te stellen. Zoals reeds boven vermeld, geeft de aflezing van de schaal ons nu de verhouding tussen de waarden van de twee onderdelen. Denk er nogmaals aan, dat de verhouding van condensatoren net andersom is.

ELEKTRONISCHE BESTURING

Voor de nu volgende experimenten moet je naast deze elektronische doos ook de beschikking hebben over de mechanische bouwdoos ME 1201. Een groot gedeelte van de bouw instructies vind je op de betreffende bouwplaat in de ME-doos. De gegevens die wij je hier verstrekken,

vormen slechts een klein gedeelte van de experimenteermogelijkheden. Zo kun je bijv. de vooruit/achteruit-schakelaar uit model EM 7 ook toepassen bij de schakeling van de modellen EM 5, EM 8, EM 9 en EM 11.

Let op! Draait de motor verkeerd om, verwissel dan de aansluitingen aan de motor, maar verwissel nooit de batterij-aansluitingen, de transistoren kunnen daar niet tegen.

EM1 Motorwagen met versnellingen

Deze wagen dient als basismodel voor veel van de volgende modellen. In dit geval heeft de wagen twee snelheden vooruit en twee snelheden achteruit. Deze wagen kun je naar behoefte uitrusten met motor, met stuurschakelaar of met lampen.

EM2 Wagen met tweetonige claxon

Door op de drukschakelaar in het stuurwiel te drukken, worden na elkaar twee contacten gemaakt. Het eerste contact geeft de ene toon, het tweede contact de andere.

EM3 Wagen met clignoteur

Met de schakelaar onder het stuurwiel kan naar wens het linker- of rechterlampje ingeschakeld worden. Dit lampje

knippert dan in een bepaald tempo, dat je met de potentiometer kunt instellen.

EM4 Wagen die stopt op donkere vloer

Deze wagen stopt automatisch zodra de LDR boven een donker oppervlak komt. Dit gebeurt ook wanneer de wagen bijv. de rand van de tafel bereikt heeft. Dit kun je nauwkeurig instellen met de potentiometer. De balk met de LDR wordt voorop gemonteerd met de LDR naar beneden.

EM5 Wagen met automatisch ontstekende koplampen

De schakeling wordt met de stuurschakelaar ingeschakeld. Het ontsteken van de koplampen gebeurt automatisch zodra de omgeving van de wagen donker wordt. Bij welke hoeveelheid licht dit gebeurt, kan met de potentiometer ingesteld worden.

EM6 Lichtsirene

De belichting van de LDR wordt door het wiel met vaantjes in een bepaald tempo onderbroken. Hierdoor ontstaat een stroomvariatie door de LDR met een bepaalde frequentie. Deze frequentie wordt versterkt en door de luidspreker als een toon weergegeven. De drukschakelaar maakt achtereenvolgens twee contacten. Het eerste schakelt het lampje en de versterker in, het tweede de motor, zodat het wiel met de vaantjes gaat draaien. De lamphouder wordt met een elastiek tegen het motorhuis aangeklemd.

EM7 Wagen met remlicht

Deze wagen stopt automatisch na een bepaalde tijd, waarbij het remlicht gaat branden. De tijdsduur van stop tot stop is instelbaar met de potentiometer van $\pm$ drie tot vijftien seconden.

EM8 Wagen die in het donker vaart mindert en licht ontsteekt

Deze wagen rijdt normaal totdat hij ergens terecht komt waar het donkerder is, bijv. onder een kast. De wagen mindert dan vaart en ontsteekt de koplampen. Bij welke hoeveelheid licht dit gebeurt, kun je met de potentiometer instellen.

EM9 Wagen die even stopt als het donker wordt

Zodra deze wagen in een donkere omgeving komt, stopt de wagen even. Deze stoptijd kan geregeld worden met de potentiometer.

EM10 Niveauregelaar

De twee staven onder aan dit model worden in een reservoir gestoken. Gieten wij in dit reservoir een geleidende vloeistof, bijv. kraanwater, dan wordt de motor bij een bepaalde stand van het water uitgeschakeld. De hoogte van het niveau is instelbaar met de potentiometer. Dit model kan gebruikt worden bij een pompinstallatie.

EM11 Wagen met beveiliging tegen overbelasting

De motor stopt, wanneer deze wagen te zwaar belast wordt of ergens tegen aan rijdt. Bij welke belasting dit gebeurt, kun je instellen met de potentiometer. Om de wagen weer aan het lopen te krijgen, moet je de punten X en Y even kortsluiten.

EM12 Obstakellicht

De lampjes gaan beurtelings aan en uit. Het schakeltempo is instelbaar met de potentiometer. Wanneer de potentiometerschakelaar uitgedraaid wordt, is de brandtijd van het ene lampje veel langer dan die van het andere.

NOTITIES

NOTITIES

EINDKONTROLE

Lees voor elk apparaat de bouwbeschrijvingen grondig door en kijk of er ook bijzondere opmerkingen op staan, zoals het aansluiten van de antennespoel, de seinsleutel, enz. Als je dan alles gedaan hebt wat in deze algemene aanwijzingen en de bouwbeschrijvingen staat, dan is het toestel klaar. Controleer eerst echter of je niets over het hoofd hebt gezien. Dus vergewis je ervan dat: de juiste onderdelen op de goede plaats zitten, je niets vergeten hebt, draden elkaar niet raken, waar dat niet mag, alle elektrolytische condensatoren goed zitten, met de pluskant als op de tekening, je geen transistors verkeerd gemonteerd hebt. Als je dit alles hebt gecontroleerd, met inbegrip van wat bij de bouwschema's beschreven staat, dan kun je inschakelen. Heb je geen fouten gemaakt, dan werkt je apparaat goed. Doet het dit niet, lees dan het gedeelte „Opsporen van fouten”.

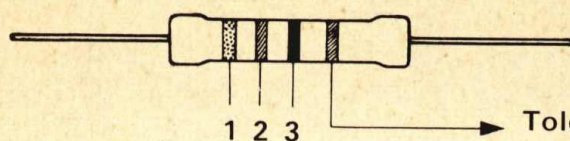
OPSPOREN VAN FOUTEN

Als een apparaat niet goed werkt, schakel het

dan onmiddellijk uit en begin met de volgende punten:

1. Controleer de bedrading. Vergelijk deze met het bedradingsschema op de montagekaart. Overtuig je ervan dat je geen verbinding, noch enig onderdeel hebt vergeten. Kijk of de draden goed kontakt maken, en of ze nergens sluiting maken waar dat niet mag.
2. Ga na of je de plus en de min van de batterijen niet verwisseld hebt.
3. Controleer of de transistors op de goede manier zijn aangesloten (collector, basis, emitter).
4. Controleer of de diode in de goede richting is aangesloten.
5. Controleer of de elektrolytische condensatoren in de juiste richting zijn aangesloten, dwz. met de ril aan dezelfde kant als gedrukt op de montagekaart.
6. Kijk bij de kleurcode, die achter in het boek op de binnenzijde van de omslag staat, om je ervan te vergewissen, dat je de juiste weerstanden hebt gebruikt.
7. Controleer of het lampje niet kapot is.
8. Ga na of je batterijen niet leeg zijn.

KLEURCODE-SLEUTEL VOOR WEERSTANDEN EN CONDENSATOREN



Kleur	1ste ring	2de ring	3de ring
zwart	0	0	x 1
bruin	1	1	x 10
rood	2	2	x 100
oranje	3	3	x 1000
geel	4	4	x 10.000
groen	5	5	x 100.000
blauw	6	6	x 1.000.000
violet	7	7	
grijs	8	8	
wit	9	9	

Weerstand

10 ohm	bruin zwart zwart
47 ohm	geel paars zwart
100 ohm	bruin zwart bruin
220 ohm	rood rood bruin
470 ohm	geel paars bruin
1000 ohm	bruin zwart rood
1500 ohm	bruin groen rood
2200 ohm	rood rood rood
3300 ohm	oranje oranje rood
4700 ohm	geel paars rood
10.000 ohm	bruin zwart oranje
15.000 ohm	bruin groen oranje

22.000 ohm	rood rood oranje
47.000 ohm	geel paars oranje
100.000 ohm	bruin zwart geel
220.000 ohm	rood rood geel
470.000 ohm	geel paars geel

Condensatoren

10 pF	bruin zwart zwart
22 pF	rood rood zwart
47 pF	geel paars zwart
1000 pF	bruin zwart rood
10.000 pF	bruin zwart oranje

PHILIPS

