

**30**  
**CENT**

# TRANSISTORS



**JUNIOR ELECTRONICA Nr 8**

# Transistors

door  
**A. T. OMEN**



**JUNIOR ELECTRONICA SERIE No. 8**

## INLEIDING

Wanneer een maatschappij of fabriek in de publieke belangstelling wenst te komen, zal een bericht in de kranten over een nieuwe vinding doeltreffend moeten zijn.

De transistor is een dergelijke vinding. In de opwinding en het enthousiasme over dit nieuws krijgt men de indruk, dat de transistors op twee of drie plaatsen tegelijk uitgevonden zijn. In feite vond deze gebeurtenis al in het jaar 1948 plaats en wel door Brattain en Bardeen, van de Bell Telephone Laboratories. Ondanks de grote publiciteit zijn de meeste technici en amateurs nog niet in de gelegenheid geweest met transistors of met apparaten, waarin deze toepassing vonden, te werken, maar zij zullen er spoedig nog wel mee in aanraking komen. Naar wij vernemen, zal immers Philips ook starten met de bouw van transistors en wel in een speciaal hiervoor te vestigen fabriek te Nijmegen.

Transistors zijn voorlopig nog duur en nauwelijks verkrijgbaar. De ontwikkeling is zo snel gegaan, dat de typen, die nu gefabriceerd worden, reeds verouderd zijn en door nieuwe modellen vervangen worden. Toch hebben gewone transistors, zoals die voor een enkeling verkrijgbaar zijn vele belangrijke voordelen.

Zij zijn bijzonder klein van afmetingen, robuust van uitvoering en vergen weinig energie en niet te vergeten ze reageren direct doordat er geen gloeidraad aan te pas komt.

Toch zou het economisch niet verantwoord zijn, op dit ogenblik de bestaande elektronische apparatuur om te bouwen met gebruik van transistors, doch voor speciale toepassingen zal men door de dominante eigenschappen der transistor te benutten, ongetwijfeld tot omwisseling van de buizen kunnen overgaan.

In de U.S.A. gaan regeringsleveranties natuurlijk vóór en de meeste transistors hebben tot nu toe dan ook een militaire bestemming gekregen. Verscheidene transistors (o.a. voor gehoorapparaten) zijn reeds uitgekomen en van diverse merken kan men nu al puntcontacttransistors kopen. Zelfs de nieuwste junction-transistors zijn daar te krijgen,

d.w.z. als men het geld er voor over heeft, want zelfs in Amerika zijn ze erg duur.

Ook in Nederland zijn thans transistors verkrijgbaar, doch slechts enkelingen zullen ze kunnen aanschaffen, want de prijs zal op f 20.— tot f 35.— per stuk komen te liggen. Er zijn thans ook wel exemplaren in de handel voor aanmerkelijk lagere prijs, doch deze „eerstelingen” zijn niet deugdelijk. Om succesvol met transistors te kunnen werken, moet men er wel iets van weten. Er is reeds veel over geschreven en er verschijnen steeds meer boeken en artikelen over transistors, maar voor de beginner zal het wel erg moeilijk zijn het kaf van het koren te scheiden en de algemene feiten uit de bijzonderheden te kiezen.

## **De grondbeginselen van de transistor**

Wat er in de transistor eigenlijk gebeurt, is zeer eenvoudig, doch niet zo maar verklaard:

Van oudsher, nu ja, laten we zeggen toch in ieder geval enige tientallen jaren, is het reeds bekend, dat kristal de eigenschap heeft om stromen slechts in één richting door te laten.

Van dit verschijnsel heeft iedere radio-amateur in zijn jeugd jaren gebruik gemaakt bij de constructie van zijn eerste radio, de kristal-ontvanger.

Hierin heeft immers het kristal deze gelijkrichtende taak.

De transistor nu is vervaardigd van het germanium-kristal, dat een zeer bijzondere moleculaire structuur vertoont. Immers elke stof, massa, vloeistof of gas, bestaat uit moleculen en deze weer uit atomen. En juist om deze atomen, de kleinste bekende deeltjes, waaruit onze hele kosmos, onze

naaste omgeving, ja, zelfs wijzelf zijn opgebouwd, draait het hele geval.

Elke atoom immers bevat een atoomkern, waaromheen meer of minder electronen in een ellipsvor-

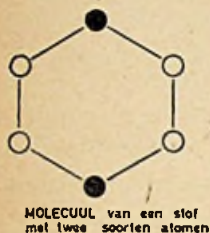


Fig. 3

KRISTAL van de  
kristalontvanger



MASSA

Fig. 2

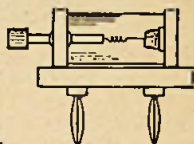


Fig. 1

mige baan draaien op kortere of grotere afstand van de kern.

De electronen (negatief geladen deeltjes), die zich dicht om de kern (die positief geladen is) bewegen zijn haast onverbrekelijk met de kern verbonden, doch de in grotere baan zwaaiende deeltjes kunnen uit hun baan worden losgemaakt.

Om ze los te maken is echter wel iets nodig, want als alle atomen dezelfde structuur hebben gebeurt er niets. Het zuivere germaniumkristal is dan ook



een slechte geleider, neen nog meer, het is een volmaakte isolator, omdat het niet mogelijk is de electronen van de kern „los te maken“.

Dit zuivere germanium bestaat echter niet, omdat er altijd wel atomen van andere stoffen of elementen aan zijn toegevoegd. Hierdoor blijft echter het germanium-kristal een zeer slechte geleider, of zoals men dat noemt een

### **„half-geleider“.**

Rij goede geleiders zullen electronen namelijk zeer gemakkelijk van de kern kunnen worden losgemaakt; bij slechte geleiders gaat dat zeer moeilijk: zij bieden een grotere weerstand.

Een electriche stroom door een koperdraad geleiden komt ook hierop neer.

We hebben het echter over de half-geleider, in dit geval het door andere atomen vervuilde germanium. Phosphoratomen zijn voor ons doel wel zeer geschikt. Ze hebben namelijk één (buitenste) electron meer dan de germanium-atomen en wanneer we nu een phosphor-atoom toevoegen aan een (groot) aantal germanium-atomen, zal dit extra electron



gaan „wandelen“. Het schuift steeds naar een naburig germanium-atoom, dat dan natuurlijk de phosphor-structuur heeft verkregen, terwijl het oude phosphor-atoom in germanium is veranderd. Er is echter nog een andere mogelijkheid.

We kunnen aan het germanium ook een weinig boronium toevoegen; de atomen van dit element hebben namelijk één electron minder om de kern dan germanium (fig. 4, 5, 6 en 7).

Er zit dus eigenlijk in dit atoom een gat ten opzichte van de germanium-atomen. Hierbij gebeurt natuurlijk hetzelfde als bij ons vorige voorbeeld, zij het dan in omgekeerde volgorde. Hier bewegen zich als het ware de „gaten“ door het kristal.

In scheikundige leerboeken worden hieraan hele wiskundige formules en afleidingen gewijd, doch in principe komt het toch hierop neer, hetgeen o.a. is bewezen door experimenten.

Er zijn dus 2 soorten germanium: één soort met een extra electron, die met hun negatieve lading vrij door het kristal bewegen en aldus een stroom veroorzaken. Dit heeft men het N-type genoemd (omdat de stroomdragers negatief zijn). (fig. 9)

Doordat in het andere soort germanium, dat met de „gaten“, een te weinig aan electronen bestaat, kunnen we hier spreken van een positieve lading. Vandaar het P-type (fig. 8)

Als we op het kristal van het n-type een draad met een ragfijn puntje „prikken“ en we geven deze draad een positieve lading, dan zullen de meest

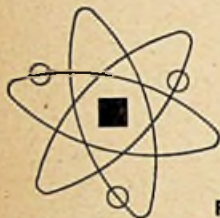


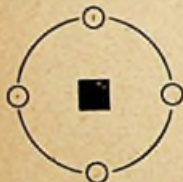
Fig. 4

ATOOM: de kern met de er omheen bewegende electronen



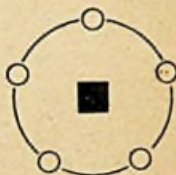
BORONIUMATOOM

Fig. 5



GERMANIUMATOOM

Fig. 6



PHOSPHORATOOM

Fig. 7



Fig. 8

**P-GERMANIUM**, waarin B het „gat” in het kristal is; een electron van het germanium-atoom „wandelt” naar het boronium-atoom

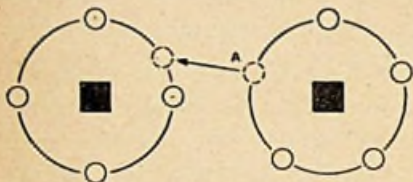


Fig. 9

**N-GERMANIUM**, waarin A het „overtollige” electron is; een electron van het phosphor-atoom gaat naar het germanium-atoom

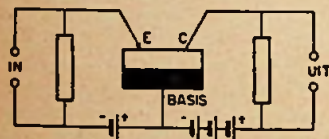


BASIS  
A = emitter  
B = collector

Fig. 10

A = emitter; B = collector  
Op het kristal prikken we een punt A met negatieve en een punt B met positieve lading. Een stroom van electronen zal dan via de „gaten” in het kristal naar naar B gaan.

nabijgelegen „overtollige“ electronen tot dit punt worden aangetrokken, omdat hier immers „gaten“ worden gemaakt. Vooral als we op een andere plaats van het germanium een zelfde puntje „prikken“ met een negatieve lading, zal er een werkelijke stroom van electronen door het kristal gaan. Bij de zuivere kristalverbinding zou deze stroom de kortste weg nemen van het uitzendende (emitterende) naar het verzamelende (collecterende) punt. Aangezien echter het kristal nooit zuiver is, wordt een grote omweg bewandeld door het kristal. De door de emitter uitgezonden electronen bewandelen zo het gehele kristal, doordat ze doorlopend tegen „vervuilingen“ opbotsen en weer een andere richting kiezen, tot ze bij de collector terechtkomen. Het steunpunt waarop we het kristal hebben vastgelegd, heet de basis. Hierop komen we later nog terug. (fig. 10)



**Schakeling van een contact-transistor; metalen voetstuk is zwart getekend.**

De transistor met de twee contactpunten noemen we heel logisch de puntcontacttransistor.

Als we in het midden van twee kristalstrookjes van het n-type een strookje van het p-type aanbrengen, krijgen we een geheel andere constructie (n.l. de junction-transistor).

Het linker uiteinde is nu de emitter en het rechter de collector, terwijl we nu het strookje p-germanium als basis gebruiken.

In figuur 11 is de collector positief en zal dus electronen aantrekken. We leggen nu de basis aan aarde. De meer deskundige lezer zal zich direct afvragen waarom hierdoor nu niet direct een sterke stroming van de basis ontstaat. Het antwoord hierop is wel, dat deze basis positieve „gaten“ heeft, die de positieve lading wel afstoot, doch geen vrije electronen heeft.

Als we nu in de emitter een negatieve lading aanbrengen (nog steeds fig. 11), dan zal de electronenstroom door het dunne laagje moeten gaan om de stroom door het dunne laagje moeten gaan om de

van de basis te veranderen kunnen we de electronenstroom kleiner of groter maken.

Bij een hoge spanning op de basis zullen er vele electronen worden aangetrokken en doorgejaagd naar de collector; bij een lage spanning omgekeerd. En hier benaderen we het principe van de radiobuis (de triode en wel in z.g. grounded-grid-schakeling, dat is met geaard rooster).

De taak van de kathode wordt vervuld door de emitter, die van de anode door de collector en het (geaarde) rooster vinden we in de basis.

In principe kunnen we nu hiermede een versterker bouwen door de collector (plaat) met de basis (rooster) van een volgende transistor te verbinden, waarmee we dus stappen-versterking verkrijgen.

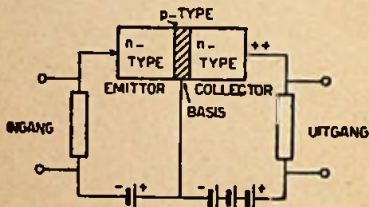


Fig. 11

## Voedingsenergie

Het merkwaardige van de laagfrequente eigenschappen van junction-transistors is, dat deze eigenschappen zich handhaven, ook bij zeer lage bedrijfsspanningen.

Dit maakt het mogelijk om junction-transistor-oscillators\*) te voeden uit een batterij, gemaakt van een geldstuk en een paper-clip, die door een stukje met speeksel bevochtigd papier van elkaar gescheiden zijn of zelfs met de energie van de fotocel van een belichtingsmeter.

Transistors voor toepassingen met hoge energie zijn nog niet zo bruikbaar als die voor lage energie, maar toch zijn met experimentele modellen reeds vermogens bereikt van een aantal watts.

---

\*) Een oscillator is een op een bepaalde frequentie werkende schakeling.



## Transistor-problemen

Eén van de problemen van de transistors is de ruis. Bij hoorbare frequenties is de ruis erger dan bij vacuumbuizen, maar de ruis van een transistor is ongeveer omgekeerd evenredig met de frequentie\* d.w.z. bij verdubbeling van de frequentie wordt de ruis gehalveerd en in het Megacycle-bereik is dat dus uitermate gunstig.

Maar de transistors hebben bij hoge frequenties ook hun „kuren“.

De electronen, die door de p-laag van de n-p-n-junction transistor (fig. 11) vloeien, botsen hier en daar tegen „ongerechtigeden“ in het kristal. Daardoor ontstaat een schokkende beweging die de tijd, welke een electron nodig heeft om de collec-

---

\*) Frequentie = aantal trillingen per seconde. Mc = megacycle = een frequentie van één miljoen trillingen per seconde.

tor te bereiken, verlengt. De verschillende electronen volgen elk een andere baan en hebben dus verschillende tijden nodig. Wanneer de frequentie van het ingangssignaal hoog genoeg is, bereiken de geïnjecteerde electronen de collector over de hele periode verspreid.

Het lijkt net alsof bij zeer hoge frequenties de basis zich gaat gedragen als een weerstand van  $1000 \Omega$ , hetgeen natuurlijk een grote achteruitgang betekent.

R. L. Wallace van de Bell Laboratories vond een weg om dit bezwaar te elimineren en maakte een tetrode-transistor (fig. 12 en 13).

Hij maakte eerst een germanium-staafje van zo gering mogelijke doorsnede, ongeveer  $1/1000$  vierkante inch. Toen verbond hij hieraan een vierde draadje tegenover de basis-geleider. Hij gaf deze draad een negatieve voorspanning ten opzichte van de basis-geleider, om aldus de electronen af te stoten. Het resultaat is, dat de electronen van de emitter gedwongen worden door de p-laag in de omgeving van de basis-geleider te vloeien, zodat er dan niet

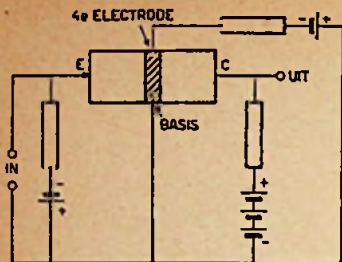


Fig. 12

Door het german-  
reepje dunner te  
maken en de zijde  
van het laagje te-  
genover de aan-  
sluiting van de ba-  
sis-electrode nega-  
tief te houden wor-  
den de electronen  
gedwongen de p-  
laag vlak bij de  
basis-aansluitdraad

te passeren. Dit vermindert het hoogfrequent verlies  
van de p-laag met 90 pct.

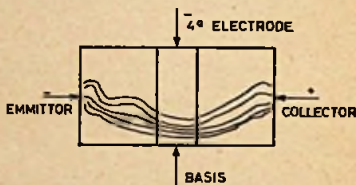


Fig. 13

De electronenstroom wordt door de 4e electrode  
naar de basis gedrongen en ondervindt daardoor  
minder tegenstand bij de hoge frequenties, omdat  
de basis nu feitelijk kleiner is.

veel weerstand meer kan zijn tussen het punt waar zij passeren en de basis-geleider.

Op deze wijze wist Wallace de basis-weerstand van 1000  $\Omega$  tot 100  $\Omega$  terug te brengen. Met deze tetrode transistors kunnen we breedband-versterkers maken, die recht zijn tot 10 Mc en afgestemde versterkers of oscillators, die kunnen werken op frequenties tot 100 Mc.

Transistors komen in vele vormen voor. Van diverse typen is hier een afbeelding gegeven. Interessant zijn de uiterst kleine, in plastic gesmolten combinaties van transistors met condensators, weerstanden en/of andere onderdelen, die gehele versterkers vormen.

Het zal duidelijk zijn, welke mogelijkheden in de toekomst het gebruik van de transistors (mits goedkoper) opent. Radio's niet groter dan een lucifersdoosje of zelfs een horloge zullen te realiseren zijn. Maar transistors betekenen veel meer! Omdat de afmetingen ervan zo klein zijn en zij zo weinig energie vergen, zullen zij gebruikt worden waar, om praktische redenen, de vacuumbuizen falen.

Men denke aan electronische rekenmachines zonder vacuumbuizen met alle consequenties van dien. Een pols-radio, die werkelijk de moeite waard is, werd ontwikkeld door het Signal Corps (USA). Het bevat 5 transistors en kan omroepstations over afstanden van 40 mijl ontvangen. - Het weegt  $2\frac{5}{8}$  ounce, dat is minder dan een Nederlands ons, terwijl de afmetingen van het plastic kastje zijn: lang 2, breed  $1\frac{1}{8}$ , dik  $\frac{3}{4}$  inch. Er worden kwikbatterijen in gebruikt die niet groter zijn dan de punt van een potlood. Het chassis bevat een gedrukte schakeling. in de mouw van de drager loopt het snoer van de telefoon; dezelfde soort als in gehoor-apparaten wordt gebruikt.

## ENKELE SCHEMA'S

### Regeneratieve omroepontvanger met transistors

Het schema van deze ontvanger spreekt voor zichzelf. Er moet echter bij worden opgemerkt, dat niet alle voor dit schema voorgeschreven type 2517 transistors zullen genereren tot aan de top van het omroepbereik.

Voorspanningsweerstand R is onderhevig aan grote variatie en dient zo te worden ingesteld, dat er ongeveer 0,5 mA collectorstroom loopt.

Met 7,5 volt voedingsspanning en de juiste spoel werkt de ontvanger tot 4 MHz.

In het omroepbereik is de gevoeligheid zo, dat een signaal van 0,5  $\mu$ V, 30% gemoduleerd, een hoorbare output levert.

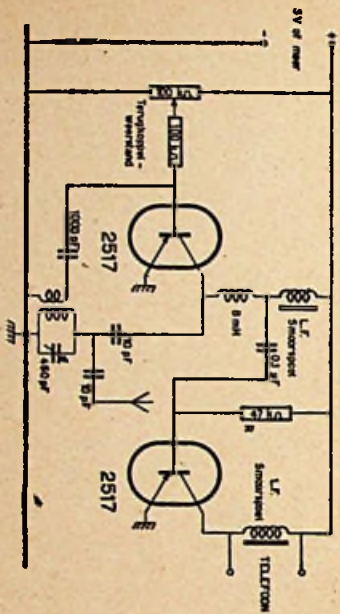


Fig. 14



## Een batterij-gevoed transistor-orgeltje

Bij de bouw van het op deze en de volgende pagina's beschreven „orgel“, waarvoor maar weinig onderdelen nodig zijn, is Uw succes verzekerd.

Precies als de „electrische-trein-voor-vader-en-zoon“ is dit orgel attractief voor jong en oud.

Een voordeel is dat de eigen (batterij)-voeding geen gevaar doet duchten voor hoge spanningen met alle narigheden van dien. Bovendien behoeft men heus niet iedere dag een nieuwe batterij te kopen; integendeel, bij normaal gebruik gaat deze een hele tijd mee.

Al deze voordelen danken wij aan de toepassing van een (junction)-transistor. Deze is opgenomen in een eenvoudige schakeling, die doet denken aan de Hartley-oscillator met gearde emitter. (Bij het proefmodel hadden wij de beschikking over een „Raytheon“-junction transistor).

Via de schakelaar S8 is de emitter verbonden met de positieve kant van een gehoor-batterijtje, ter-

wijl de collector via de ene helft van de primaire trafo-winding verbonden is met de negatieve klem van de batterij. In verband met de gewenste terugkoppeling is de andere helft van de primaire trafo-winding via een condensator (C1) verbonden met de transistor-basis. De weerstanden R3 tot en met R8 dienen als basisweerstand. De verlangde weerstand wordt gekozen door het indrukken van een met de betreffende weerstand corresponderende drukknopschakelaar (S2 tot en met S7). Als het wipschakelaartje S1 de doorverbinding tot stand brengt, worden de basisweerstand R1 en R2 in serie geschakeld. Daar R1 variabel is, kan de totale weerstandswaarde variëren tussen de waarde van R2 en de som van R2 en R1, of wel van  $8200 \Omega$  tot  $2 M\Omega$ . De luidspreker wordt aangesloten op een aparte aftakking van de secundaire wikkeling. De trafo heeft dus twee functies, n.l. tevens als uitgangstransformator). Tijdens het werken (spelen?) moet één van de drukschakelaars S1 tot en met S7 gelijktijdig „in” staan met de batterij-schakelaar S8. De batterijstroom kan dan via twee wegen gaan; de ene door de basisweerstand en de emitter-basis van de transistor, waardoor een bijstroom-component voor de transistor ontstaat. De grootte van de bijstroom is afhankelijk van de batterijspanning en de totale impedantie van de weerstand,

vermeerderd met de inwendige impedantie van de transistor-emittor-basis. Daar de totale  $R_u$  een grotere waarde heeft dan de  $R_i$  van de transistor kan men zeggen, dat in de praktijk de basisstroom in eerste instantie afhankelijk is van de grootte van de basisweerstand. Derhalve zal de stroom lopen via de „arm“ waarin de halve primaire trafo-winding is opgenomen, alsmede de collector. Dit is dus de **collectorstroom** waarvan de grootte in eerste instantie afhankelijk is van de waarde, die de basisstroom heeft (én natuurlijk van de batterijspanning).

Elke verandering van de collectorstroom veroorzaakt een dienovereenkomstige spanningsvariatie in de primaire trafo-wikkeling, die door de koppeling C1 met de transistor-basis, op zijn beurt een wisselstroom-component toevoegt aan de daar aanwezige gelijkstroomcomponent en overeenkomstige veranderingen veroorzaakt in de collectorstroom. Zo zijn de voorwaarden geschapen voor oscilleren: positieve terugkoppeling van de output naar de input.

De toon (frequentie) die men krijgt is afhankelijk van de karakteristiek van de transistor, van de gebruikte trafo, van de waarde van C1 en van de basis-weerstand. Door een van deze onderdelen in waarde te variëren, verandert ook de frequentie.

Het is het eenvoudigst om de basisweerstandswaarde te laten veranderen door middel van een aantal keuze-weerstanden met schakelaartjes (S2 t.m. S7). Omdat wij een continu regelbare weerstand R1 hebben genomen, kan de frequentie gemakkelijk geregeld worden over een vrij groot bereik, in het onderhavige geval van 20 c.s. tot 10 kc. De frequentie is omgekeerd evenredig met de basisweerstand, d.w.z. als de weerstand kleiner wordt, stijgt de frequentie; de basisstroom stijgt tegelijkertijd en als gevolg daarvan de collectorstroom. Daarom kan het soms voorkomen, dat de stroomafname bij hoge frequenties groter is dan bij de lagere, zodat het noodzakelijk is een vaste weerstand R2 aan te brengen in serie met de variabele. Deze R2 limiteert niet alleen de maximale frequentie bij het gebruik van de variabele weerstand, maar houdt ook de basis- en collectorstroom binnen de perken en behoedt de transistor op die wijze voor vroegtijdig overlijden.

Aangezien oscillatie wordt verkregen door geforceerde terugkoppeling in plaats van door middel van een afgestemde kring, kan men niet verwachten, dat het signaal de sinusvorm benadert.

Echter is het signaal rijk aan harmonischen.

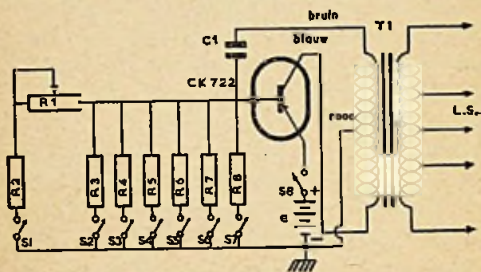


Fig. 15

## Enige tips bij de bouw

Men zij voorzichtig met het monteren van de transistor, aangezien deze niet te warm mag worden. De opstelling der onderdelen is niet kritisch. Ons proefmodel werd gemaakt in een van de sloop afkomstig kastje. Voor de „toetsen” werden goedkope drukknopschakelaartjes genomen (voor de batterij-schakelaar S8 een andere kleur). Men is echter geheel vrij in keuze van onderdelen en opstelling. Het transformator-type, dat bij het proefmodel gebruikt werd is een oude „universeel”-trafo met diverse aftakkingen op de secundaire winding. Wil men meer toetsen, dan kan men uitbreiden met evenveel schakelaars en basisweerstand (van verschillende waarde). Voor geval men dus een speelgoedpiano heeft, die men wil „electrificeren”, kan gemakkelijk het schema worden uitgebreid.

Zoals gezegd is de toon niet alleen afhankelijk van de grootte der basisweerstand maar ook van de gebruikte transistor en trafo. Men kan daarom van



tevoren niet zo gemakkelijk de waarde van de weerstanden bepalen. Er zijn twee manieren om bij de keuze der weerstanden tot een goed resultaat te komen. Of — en zo werd het gedaan — men neemt de weerstanden willekeurig, dus onverschillig welke toon zij zullen veroorzaken (wanneer het als speelgoed moet dienen is dit niet zo erg), of men maakt gebruik van een pot.meter om de eigenlijke weerstandswaarde te bepalen en vervangt deze later door een vaste weerstand. Bovendien kan men ook nog (maar dit is kostbaarder, doch het scheidt de mogelijkheid steeds bij te stemmen) voor elke toets een afzonderlijke, blijvende potentiometer nemen in plaats van de vaste basisweerstanden. In ons proefmodel kozen wij weerstanden van resp. 150, 170, 190, 210 en 260 k $\Omega$ . De continu variabele weerstand werd in het schema meer als „probeersel“, dan als noodzakelijkheid opgenomen, doch hierdoor kan men echter ook andere dan de alledaagse klanken veroorzaken en grappige effecten bereiken. Wij zouden ons kunnen voorstellen, dat men zelf nog meer van deze regeelaars zou willen opnemen.



## De werking

Een afzonderlijke batterijschakelaar is als zodanig niet noodzakelijk en men kan deze combineren met een van de toetsen. Om één toon te laten klinken moet men thans de corresponderende toets tezamen met de batterij-schakelaar indrukken.

Men kan met één vinger werken (zoals de amateur-typisten) óf met een vinger op elke toets, waarmee men meer succes kan boeken. Om de variabele weerstand te gebruiken moet hetwipschakelaartje naar beneden staan.

Wil men één toon tegelijk laten klinken bij het draaien van de regelaar in de juiste stand, dan moet men de batterij-schakelaar indrukken en weer loslaten. Wenst men echter een glijdende toon, dan houdt men de batterij-schakelaar ingedrukt en draaie aan de regelaar.

Aangezien het indrukken van meerdere toetsen tegelijk het parallel schakelen van twee of meer weerstanden veroorzaakt, zal de weerstand en dus de frequentie, met andere woorden de toon, veranderen. Hierdoor is men in staat zeer ongebruikelijke tooneffecten te bereiken.

## IN DE JUNIOR ELECTRONICA-SERIE VERSCHENEN O.A.:

- |    |                          |   |
|----|--------------------------|---|
| 1  | KRISTAL-ONTVANGER        | ☆ |
| 2  | Bijz. KRISTAL-ONTVANGERS | ☆ |
| 3  | EEN-BUIS-ONTVANGERS      | ☆ |
| 4  | TWEE-BUIZEN-ONTVANGERS   | ☆ |
| 5  | DRIE-BUIZEN-ONTVANGERS   | ☆ |
| 6  | VERSTERKERS              | ☆ |
| 7  | DIODES                   | ☆ |
| 8  | TRANSISTORS              | ☆ |
| 9  | ELECTRISCHE GUITAAR      | ☆ |
| 10 | TAPE-RECORDING           | ☆ |
| 11 | SEINEN EN ZENDEN         | ☆ |
| 12 | DE HUIS-TELEFOON         | ☆ |
| 13 | MODERNE ELECTRONICA      | ☆ |

**RADIO**  
**LELECTRONICA**

**f 6.— per jaar**

Het blad, waarin een ieder elke derde Donderdag van de maand een overvloed aan nieuwe vindingen, aantrekkelijke bouwontwerpen etc. vindt.

UITGEVERIJ WIMAR - POSTBOX 14 - HAARLEM  
GIRO No. 43 59 12