

EXPERIMENTIER
TECHNIK

ELEKTRONICA

Kennismaking

met de elektronica

Doos B, C, D

deel 2

SCHUCO EXPERIMENTIER-TECHNIK

© GEORG ADAM MANGOLD GMBH & CO. KG

Lange Straße 69–75 · 8510 Fürth/Bayern · Telefon (09 11) 78 72-0

Telex 626 103 · Telefax (09 11) 78 72 53

Alle rechten voorbehouden. Nadruk en fotomechanische weergave – ook gedeeltelijk – verboden.

Wij geven geen garantie dat de in dit boek staande gegevens vrij van beschermende rechten zijn.

Technische wijzigingen voorbehouden.

Inhoud

Omdat er in de elektronica voortdurend nieuwe ontwikkelingen optreden, heeft ons researchlaboratorium weer nieuwe schakelingen en experimenten uitgewerkt die in dit tweede deel voorgesteld en toegelicht worden. Er zijn ook talrijke tips opgenomen die men ons toegestuurd heeft.

Attentie: Wie met dit tweede deel succes wil hebben moet eerst het hoofdstuk "Zonder voorbereiding gaat het niet" in deel 1 lezen.

Voor de opbouw van de experimenten is in deel 2 een verkleind bedradingsschema opgenomen waarop de verschillende onderdelen met symbolen zo aangegeven zijn als zij op het experimenteerpaneel opgebouwd worden.

In het hoofdstuk "Nu de elektronica" leert men talrijke nieuwe basisschakelingen kennen, vooral ook een inleiding tot de logica-schakelingen die in iedere computer worden gebruikt.

Onder het opschrift "Van experts voor experts" vindt men nieuwe, interessante, in de praktijk te verwerkelijken experimenten.

De volgende nieuwe onderdelen staan ter beschikking:

Bestelnr.	Naam	Hoeveel.
349.1125	Diode	1
349.4072	Koperen plaat	1
349.4371	Zinken plaat	1

Inhoudsopgave

Experiment	Bladzijde	Experiment	Bladzijde
Voorwoord	2	176 Spanningomzetter	26
Onderdelen	2	178 Comparator	26
Inhoudsopgave	3		
Nu de elektronica		Van experts voor experts	
Logische schakelingen		181 Er moet spanning zijn – Batterijtester	28
Diode-transistor-logica	4	182 Milieumisdaden opgespoord – watertestapparaat	29
143 Identiteit	5	Contactloos geschakeld – sensortoets	30
144 Inverter	5	186 Sensor-inschakelaar	30
145 AND	6	187 Sensor-uitschakelaar	31
146 NAND	7	188 Sensor-impulsgever	31
147 OR	9	Lange leiding – In- en uitschakelvertragingen	33
148 NOR	9	189 Inschakelvertraging	34
149 Antivalentie	9	190 Uitschakelvertraging	34
Transistor-transistor-logica		191 In- en uitschakelvertraging	34
150 Identiteit	11	Meetpraktijk –	
151 Inverter	11	Techniek in het elektronica-laboratorium	35
152 AND	11	193 Voltmeter	35
153 NAND	11	194 Automatische diodetester	36
154 OR	14	195 Controletoestel voor de versterkingsfactor van transistors	37
155 NOR	14	Licht of donker – LDR-schakelingen	
Functietabellen	15	196 Lux-meter	38
Elektronische basisschakelingen		197 Wissellichtindicator	40
156 Gelijkspanningsomzetter, negatieve uitgangsspanning	16	Geluid en geruis –	
157 Gelijkspanningsomzetter, positieve uitgangsspanning	16	Elektronische geluidsopwekking	41
158 Gelijkspanningsomzetter, variable uitgangsspanning	19	198 Geluidsopwekkingsinstallatie	41
159 Onstabiele multivibrator	19	201 Huiltongenerator	42
163 Darlingtonschakeling	21	204 Octaafgenerator	42
164 Differentiële versterker	21	Met rechthoeken meten – rechthoekgenerator	44
167 Constante stroombron	22	206 Sinus – rechthoekgenerator	44
169 Spanningsversterker voor:	22	210 Muggenverdrijver – elektronische bestrijding	45
170 Zinken en koperen plaat	23	211 Elektronische politie-agent bewakingsschakeling	46
171 Ijzereen en koperen plaat	23	212 Aardappelleven – toonvolgordegenerator	47
172 Ijzereen en zinken plaat	23	213 Kruis of munt – elektronisch lot	48
173 RC-Sinusgenerator	24		

Nu de elektronica

Logische schakelingen

Logische schakelingen vormen de basis van de elektronische techniek die in rekenmachines, computers toegepast wordt.

Mensen denken in woorden, getallen en begrippen en kunnen hun gedachten niet alleen door de taal maar ook door letters, cijfers, tekens en afbeeldingen aan anderen mededelen. De elektrische schakelingen in een computer daarentegen – de transistoren, IC's, gatter en chips – kennen slechts twee toestanden: "Stroom ingeschakeld" en "Stroom uitgeschakeld".

Deze beide schakeltoestanden **IN** en **UIT** worden bij de beide enige cijfers van het **binaire getallensysteem** "1" en "0" ingedeeld.

Omdat een computer alleen maar met de toestanden 0 en 1 kan werken, moeten alle invoeren – letters, cijfers, tekens – in de enige voor de computer begrijpelijke taal vertaald worden: In combinaties van de binaire getallen "1" en "0" of – elektrisch uitgedrukt – in de schakeltoestanden "In" en "UIT".

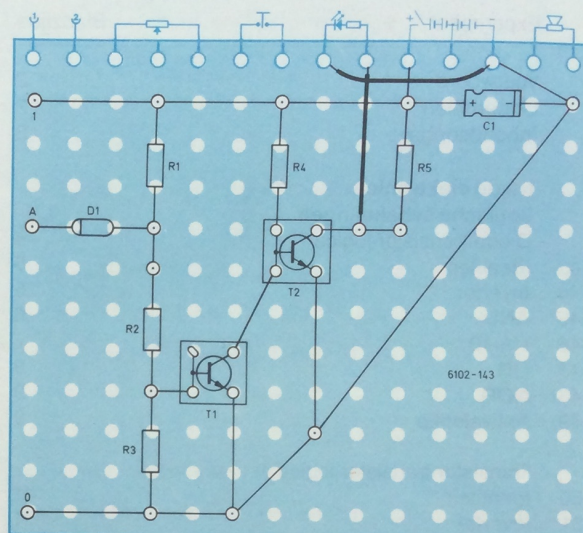
De "denkwijze" van de computer bestaat uit de combinatie van talrijke beslissingen op grond van de logische bewerkingen van verschillende ingangswaarden.

Deze bewerkingen noemt men **logische schakelingen**. Daardoor zijn alle logische beslissingen met behulp van slechts enkele **basisbewerkingen** te verkrijgen die schakeltechnisch op verschillende manieren tot stand kunnen worden gebracht.

Bij de volgende experimenten moeten 2 uitvoeringsvormen van de logische schakelingen, de **diode-transistor-logica** (DTL) en de **transistor-transistor-logica** (TTL) nader onderzocht worden.

Alle volgende logische schakelingen hebben 1 of 2 ingangen A en B, waarop de ingangsignalen worden gegeven. Naar gelang van de soort bewerking neemt de schakeling een beslissing die bij de uitgang Q door 0 of 1 aangewezen wordt. Als de ingang een 1-sigitaal ontvangt, moet hij met de plusklem (+) en bij een nul-sigitaal natuurlijk met de minklem (-) verbonden worden.

Een 1-sigitaal aan de uitgang komt altijd als de LED brandt. Als hij donker blijft, heeft de uitgang van de schakeling een nul-sigitaal.



143

R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)

R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)

R3 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)

R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)

R5 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)

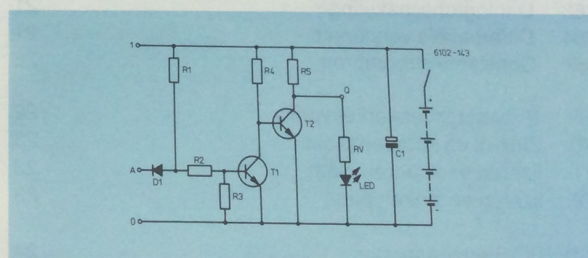
C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F

T1 = Transistor, wit

T2 = Transistor, wit

D1 = Diode

LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Nu de elektronica

Door het experiment **143** wordt een eenvoudige diode-transistor-logica (DTL) opgebouwd waarbij deingangsspanning aan de diode een erna geschakelde transistor aan zijn basis stuurt.

Bij deze **identiteitsschakeling** komt het uitgangssignaal met het ingangssignaal overeen, de beide signalen zijn dus identiek. Als dus de ingang A een 1-sig-naal (verbinding met +) ontvangt, heeft ook de uitgang Q een 1-sig-naal en de LED brandt. Overeenkomstig geldt: 0 aan de ingang (verbinding met -) betekent ook 0 aan de uitgang, de LED brandt niet.

Dit schijnt misschien iets onzinnigs, maar de identiteitsschakeling heeft een belangrijke functie. Als de spanning van de ingangssignalen sterk schommelt, kunnen de volgende schakeltrappen beschadigd worden of het sig-naal niet goed verwerken. Om dit te vermijden, schakelt men de identiteitsschakeling als buffer er tussen. De uitgangssignalen hebben dan in de toestand "in" altijd dezelfde spanning.

De afhankelijkheid van uitgang en ingang in een logische schakeling wordt in een functietabel verduidelijkt. Voor de **identiteits-** of bufferschakeling van experiment 143 geldt:

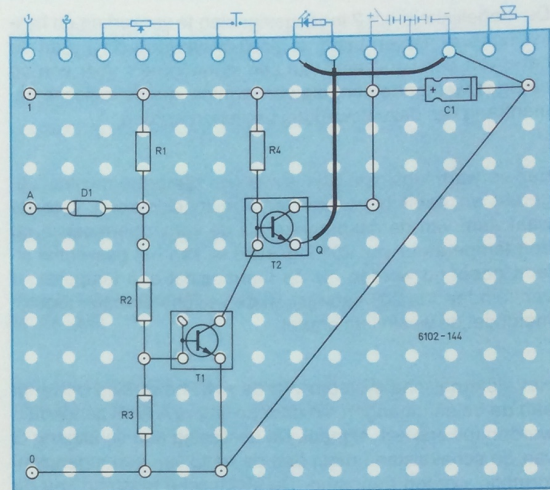
A	Q	LED	Identiteit
0	0	Brandt niet	
1	1	Brandt	

Een andere logische schakeling die slechts met een ingang werkt is de **inverter**, die met het experiment **144** gebouwd kan worden. Het is ook een diode-transistor-logica die precies omgekeerd werkt als de bufferschakeling van experiment 143.

Een 1-sig-naal (verbinding met +) heeft aan de uitgang een 0-sig-naal tot gevolg, de LED brandt niet. 0-sig-naal aan de ingang (verbinding met -) bewerkt een 1-sig-naal aan de uitgang, de LED brandt. Deze werkwijze staat ook in de functietabel voor de inverter.

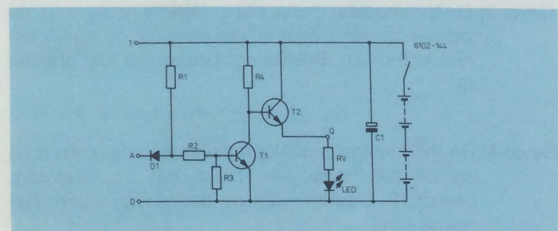
A	Q	LED	Inverter
0	1	Brandt	
1	0	Brandt niet	

Een mogelijke toepassing wordt door experiment 146 ver-klaard.



144

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R3 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Nu de elektronica

De mogelijkheid om 2 ingangssignalen te verwerken en beslissingen te nemen biedt de **AND-bewerking** (EN). Aan de hand van een voorbeeld van een stuursysteem voor een op aardgas werkende centrale verwarming kan de logische samenhang van deze bewerking begrepen worden.

Een verwarmingsinstallatie is met een kamerthermostaat uitgerust en heeft bovendien een veiligheidsvoeler voor de waakvlam van de gasbrander. Als de kamerthermostaat op een temperatuur van 20° ingesteld is, kan het gasventiel alleen geopend worden als de thermostaat een temperatuur van minder dan 20° aanwijst **en** de veiligheidsvoeler tegelijk meldt dat de waakvlam brandt.

Het elektronische systeem van de AND-bewerking ontvangt aan de beide ingangen die door de letters A en B aangeduid worden telkens een signaal. De beslissing aan de uitgang Q van de schakelstand moet aan de hand van een ingangsinformatie worden genomen. De elektrische toestand van de uitgang is dus van de beide ingangen A en B afhankelijk.

Geval 1: De beide ingangsvoulers wijzen een 0-signaal aan. De kamertemperatuur (ingang A) is hoog genoeg (0) bovendien brandt de ontstekings-vlam (ingang B) niet (0). De beslissing: Gasventiel (uitgang Q) niet openen (0).

Geval 2: De thermostaat meldt geen behoefte aan warmte (0). Hoewel de waakvlam brandt (1), kan de beslissing alleen maar luiden: Gasventiel niet openen (0).

Geval 3: De thermostaat meldt, dat er warmte nodig is (1), de zekeringsvoeler wijst echter aan, dat de waakvlam niet brandt (0). Beslissing: Gasventiel niet openen (0).

Geval 4: De thermostaat signaleert dat er warmte nodig is (1) en de zekeringsvoeler meldt dat de waakvlam brandt (1). Daaruit volgt de beslissing: Gasventiel openen (1).

Bij het experiment **145** kunnen de samenhangen van een AND-functie onderzocht worden. Verbindt daarvoor de ingangen A en B in overeenstemming met de volgende tabel met de plus- of min-klem en let op de LED.

1. Ingang A met 0, ingang B met 0
2. Ingang A met 1, ingang B met 0
3. Ingang A met 0, ingang B met 1
4. Ingang A met 1, ingang B met 1

Alleen als de ingang A **en** ingang B een 1-signaal ontvangen brandt de LED, d.w.z. dan heeft ook de uitgang Q een 1-signaal. De functietabel voor de AND-bewerking drukt deze stand van zaken uit:

A	B	Q	LED
0	0	0	Brandt niet
1	0	0	Brandt niet
0	1	0	Brandt niet
1	1	1	Brandt

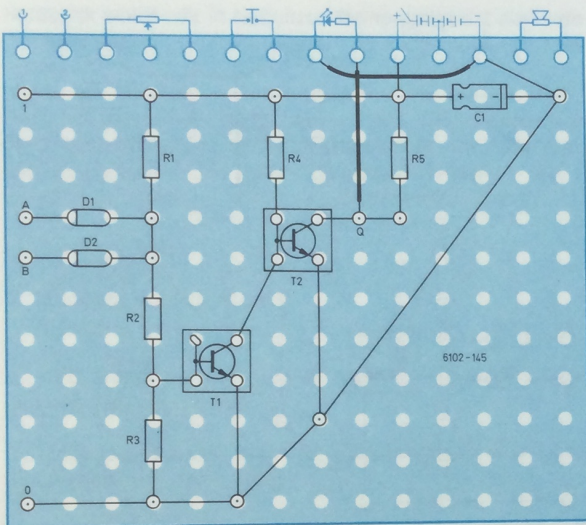
AND

Om deze schakeling te begrijpen neemt men het beste aan dat de beide ingangen A en B met 0 Volt verbonden zijn. Omdat de dioden D1 en D2 zich in een spanningsdeler met R1 bevinden, is de spanning bij R2 en daardoor aan de basis van de T1 zo laag, dat de transistor geblokkeerd is. Zijn hoge collectorspanning stuurt T2 door. Dan is de spanning Q klein en de LED blijft donker.

Als een van de beide dioden D1 of D2 met de positieve batterijspanning verbonden wordt, terwijl de andere aan 0 Volt ligt, blijft de spanning aan de basis van T1 laag. De met de pluspool van de batterij verbonden diode is in blokkeerrichting geschakeld en onwerkzaam. Omdat de spanningstoestanden in de schakeling niet veranderd worden, brandt de LED ook nu niet.

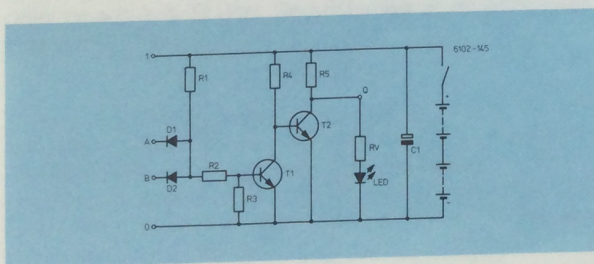
Als beide ingangen met de positieve batterijspanning zijn verbonden, krijgt T1 via R1 en R2 basisspanning zodat hij doorschakelt. De spanning bij zijn collector is zo laag, dat T2 blokkeert. De LED krijgt via R5 spanning en brandt.

Nu de elektronica



145

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
 R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
 R3 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
 R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
 R5 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
 C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
 T1 = Transistor, wit
 T2 = Transistor, wit
 D1 = Diode
 D2 = Diode
 LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Het omgekeerde van de AND-functie is de **NAND-schakeling**. De naam NAND is uit de Engelse woorden NOT AND samengetrokken wat NIET EN betekent. Een NAND-schakeling verkrijgt men, doordat men op een AND-schakeling een inverterschakeling laat volgen.

Door het experiment **146** kan een NAND-bewerking in diode-transistor-logica (DTL) opgebouwd worden. Gebruik daarvoor het bedradingsschema 146.

Probeer dan weer de 4 mogelijke ingangstoestanden en let op de LED.

De LED brandt niet als de beide ingangen een 1-sigitaal hebben; bij alle andere ingangstoestanden brandt hij.

A	B	Q	LED
0	0	1	Brandt
1	0	1	Brandt
0	1	1	Brandt
1	1	0	Brandt niet

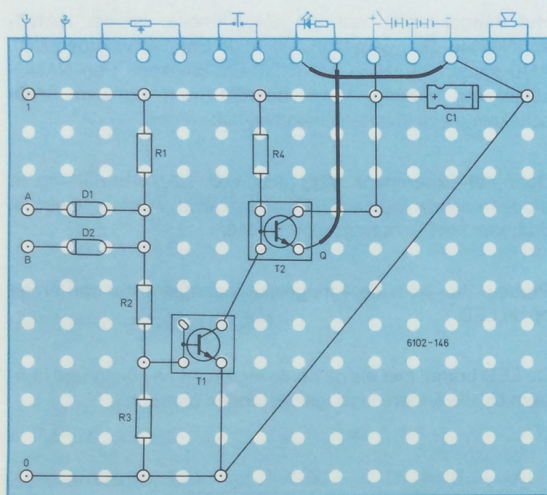
NAND

De NAND- en AND-schakeling onderscheiden zich door de plaatsing van de lichtgevende diode. Hij bevindt zich bij de NAND-schakeling in de emitterleiding. De LED brandt nu als de transistor T2 leidt, dus omgekeerd als bij de AND-schakeling.

Door de **OR-functie** (OF) leert men nog een basisbewerking kennen. Eerst moeten de samenhangen van een OR-functie aan de hand van een deuropener in een tweegezinshuis verduidelijkt worden.

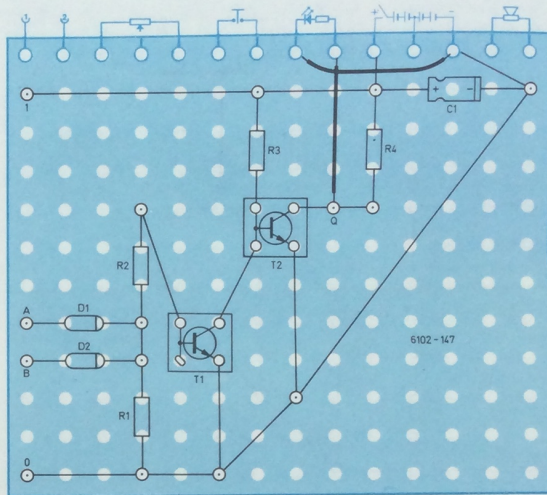
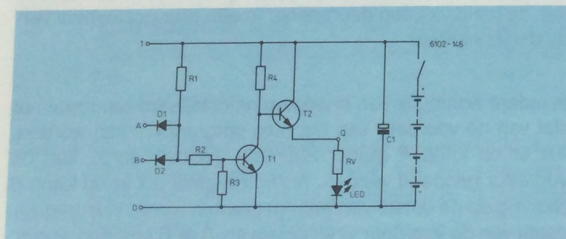
In iedere woning is een drukknop geïnstalleerd waarmee het slot van de voordeur van het huis ontgrendeld kan worden. Als er op knop A (parterrewoning) gedrukt wordt, kan de voordeur geopend worden; hetzelfde geldt als er op knop B (woning op de eerste verdieping) gedrukt wordt. Het ontgrendelen van de voordeur vindt plaats als A **of** B bediend wordt.

Nu de elektronica



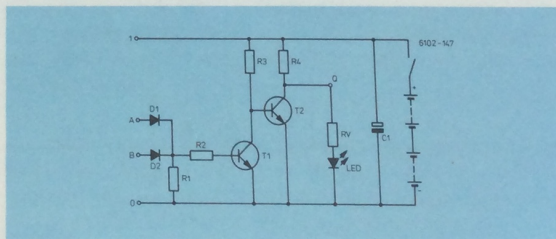
146

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R3 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



147

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R4 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Nu de elektronica

Natuurlijk wordt ook in het uitzonderingsgeval dat de beide knoppen tegelijk gedrukt worden de vergrendeling opgeheven.

Door het experiment **147** kan ook een OR-schakeling in diode-transistor-logica (DTL) opgebouwd worden. Dan worden de ingangen A en B na elkaar met 0 (minklem) resp. 1 (plusklem) volgens het volgende schema verbonden.

1. Ingang A aan 0, B aan 0
2. Ingang A aan 1, B aan 0
3. Ingang A aan 0, B aan 1
4. Ingang A aan 1, B aan 1

De LED brandt als de ene **of** de andere **of** de beide ingangen een 1-sigitaal hebben.

De mogelijkheden van de OR-functie kunnen ook weer uit de functietabel worden afgelezen.

A	B	Q	LED
0	0	0	Brandt niet
1	0	1	Brandt
0	1	1	Brandt
1	1	1	Brandt

OR

Als er zich in de OR-schakeling een 1-sigitaal bij A en/of bevindt, ontstaat er bij R1 een hoge spanning. Die stuurt via R2 de transistor T1 door. De nu lage collectorspanning blokkeert T2 en de LED ontvangt via R4 spanning.

Als de beide diodes met 0 Volt verbonden zijn komt er geen spanning bij T1. Hij blokkeert, en de hoge spanning aan zijn collector schakelt T2 door. De LED ontvangt nu geen spanning en blijft donker.

Zoals bij de AND-schakeling bestaat er ook bij de OR-schakeling een omkering, de **NOR-functie**. aanduiding is van het Engelse NOT OR afgeleid. Bij de NOR-functie gedragen de uitgangstoestanden zich omgekeerd als bij de OR-functie. Men verkrijgt dit als men op een OR-schakeling een inverterschakeling laat volgen.

Voor het experiment **148** -NOR-functie in de diode-transistor-logica (DTL) – gebruikt men het passende bedradingschema.

Verbindt zoals bij experiment 147 de ingangen A en B met de min- resp. plusklem.

De LED aan de uitgang brandt uitsluitend als de beide ingangen een 0-sigitaal hebben.

Functietabel:

A	B	Q	LED
0	0	1	Brandt
1	0	0	Brandt niet
0	1	0	Brandt niet
1	1	0	Brandt niet

NOR

Als men de transistor T2 als emittervolger laat werken, wordt de OR-schakeling een NOR-logica. De indicatie van de LED vindt omgekeerd als bij de OR plaats.

Een speciale OR-schakeling in diode-transistor-logica kan met het experiment **149** opgebouwd worden. In tegenstelling tot de OR-schakeling volgens experiment 147 heeft de uitgang slechts dan 1-sigitaal als aan de beide ingangen **verschillende** signalen liggen. Men noemt deze schakeling daarom **antivalentie-logica** of ook exclusieve OR.

Verbindt zoals bij experiment 147 de ingangen A en B met de min- resp. plusklem.

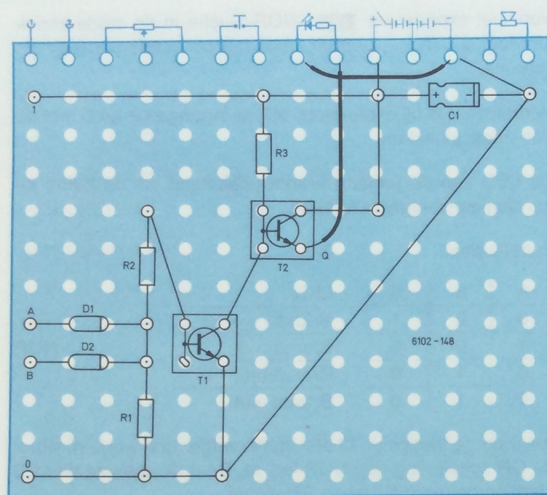
Alleen als een van de beide ingangen een 0-sigitaal en de andere een 1-sigitaal heeft, brandt de LED. Als de beide ingangen 1 zijn, blijft de LED donker en ook als beide ingangen een 0-sigitaal hebben.

Functietabel:

A	B	Q	LED
0	0	0	Brandt niet
1	0	1	Brandt
0	1	1	Brandt
1	1	0	Brandt niet

ANTIVALENTIE

Nu de elektronica



148

R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)

R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)

R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)

C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F

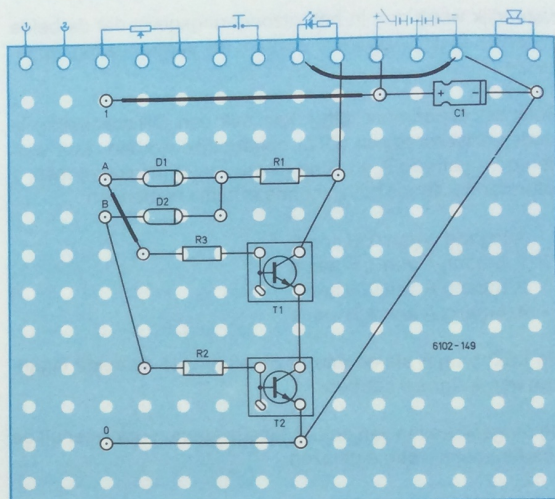
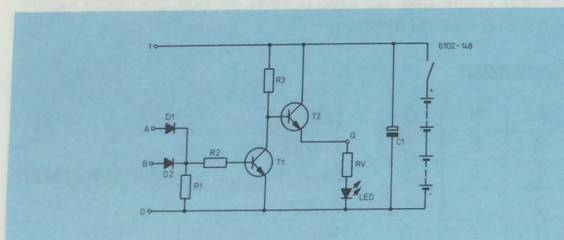
T1 = Transistor, wit

T2 = Transistor, wit

D1 = Diode

D2 = Diode

LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



149

R1 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, rood)

R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)

R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)

C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F

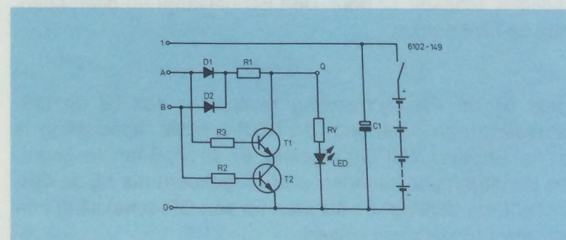
T1 = Transistor, wit

T2 = Transistor, wit

D1 = Diode

D2 = Diode

LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



De in de experimenten 143 – 149 beschreven logicaschakelingen in diode-transistor-logica kunnen ook door middel van de transistor-transistor-logica (TTL) gerealiseerd worden. Bij deze techniek wordt niet de basis, maar de emitter van een transistor aangestuurd.

De experimenten 150 – 155 tonen, dat de resultaten van de schakelingen met transistor-logica (TTL) precies op die met de diode-transistor-logica (DTL) lijken. De beslissing welke techniek gebruikt moet worden hangt telkens van het toepassingsgebied af.

150 Identiteit (bufferschakeling) in transistor-transistor-logica (TTL).

Het uitgangssignaal komt met het ingangssignaal overeen. De schakeling wordt daarom ook identiteitsschakeling genoemd.

De LED brandt alleen als de ingang een 1-signaal ontvangt.

Functietabel:

A	Q	LED	Identiteit
0	0	Brandt niet	
1	1	Brandt	

151 Inverterschakeling in transistor-transistor-logica (TTL). Het signaal aan de uitgang is tegengesteld aan het signaal aan de ingang. De LED brandt als de ingang een 0-signaal krijgt.

Functietabel:

A	Q	LED	Inverter
0	1	Brandt	
1	0	Brandt niet	

152 AND-schakeling in transistor-transistor-logica (TTL). Handel volgens de volgende indicatie: Verbindt

1. Ingang A met 0, B met 0
2. Ingang A met 1, B met 0
3. Ingang A met 0, B met 1
4. Ingang A met 1, B met 1

De LED brandt alleen als de beide ingangen een 1-signaal hebben.

Functietabel:

A	B	Q	LED	AND
0	0	0	Brandt niet	
1	0	0	Brandt niet	
0	1	0	Brandt niet	
1	1	1	Brandt	

In de TTL techniek gebruikt men transistors met 2 of meer emitters. Omdat onze transistor echter slechts 1 emitter bezit, wordt de ingang met 2 dioden geschakeld. Als bij de TTL-Logica de ingangen A en B met 0 Volt verbonden zijn, leidt T1. Zijn lage spanning aan de collector blokkeert T2 en de LED brandt niet.

Als een van de ingangen met 1 en de andere met 0 verbonden is worden de spanningstoestanden in de schakeling niet veranderd. De met 1 verbonden diode wordt geblokkeerd en blijft daardoor onwerkzaam.

Als A en B met 1 verbonden zijn, wordt T1 geblokkeerd omdat zijn emitter open is. T2 ontvangt nu via R2/R3 spanning en schakelt door. De LED brandt.

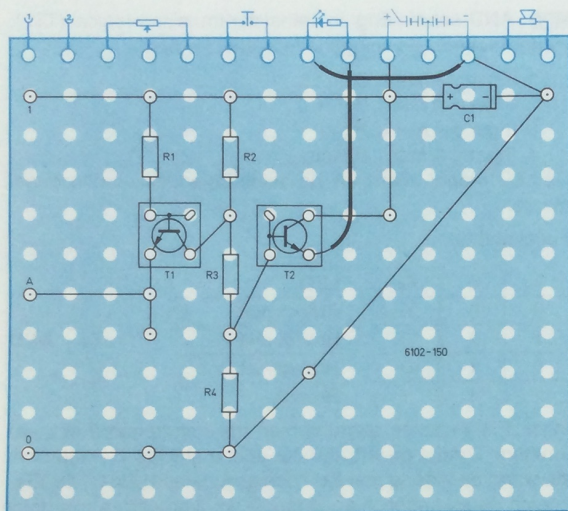
153 NAND-schakeling in transistor-transistor-logica (TTL). Bij het proberen van de ingangstoestanden handelt men zoals bij experiment 152.

De LED brandt slechts dan niet, als de beide ingangen een 1-signaal hebben. Bij alle andere combinaties brandt hij gelijkblijvend.

Functietabel:

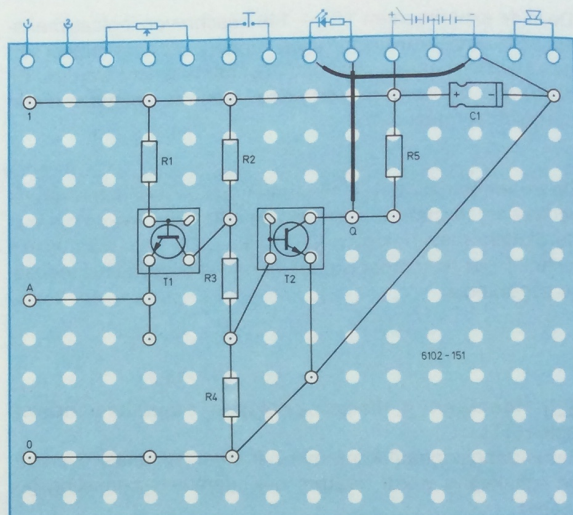
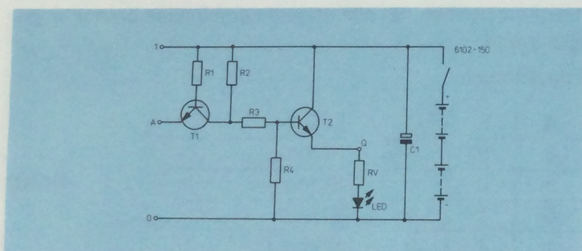
A	B	Q	LED	NAND
0	0	1	Brandt	
1	0	1	Brandt	
0	1	1	Brandt	
1	1	0	Brandt niet	

Nu de elektronica



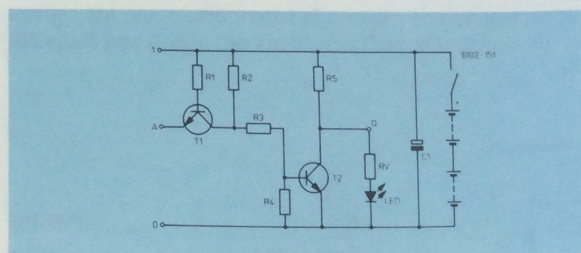
150

- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R4 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

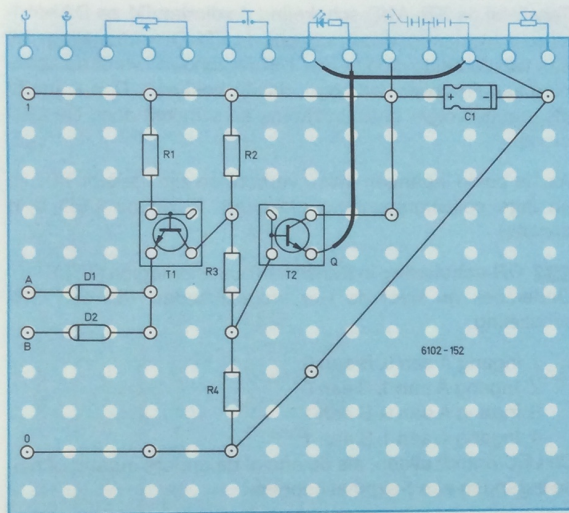


151

- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R4 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R5 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

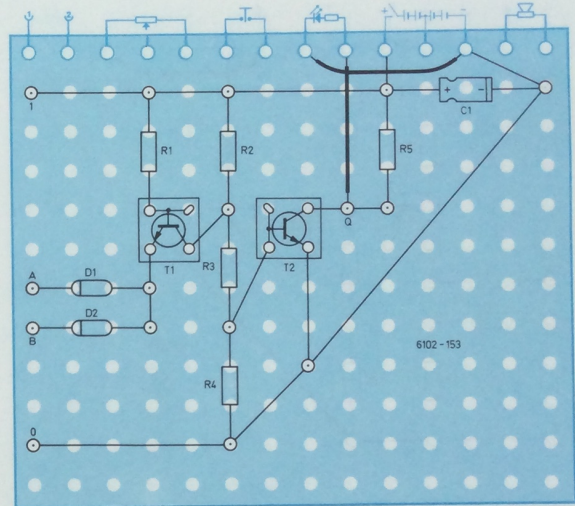
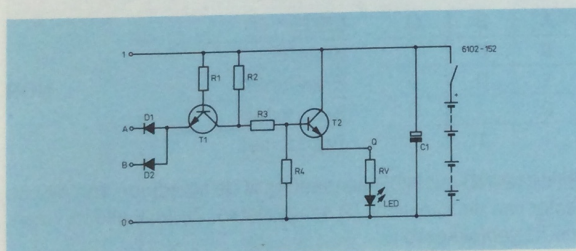


Nu de elektronica



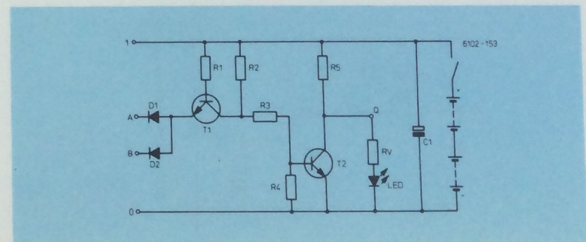
152

- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R4 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

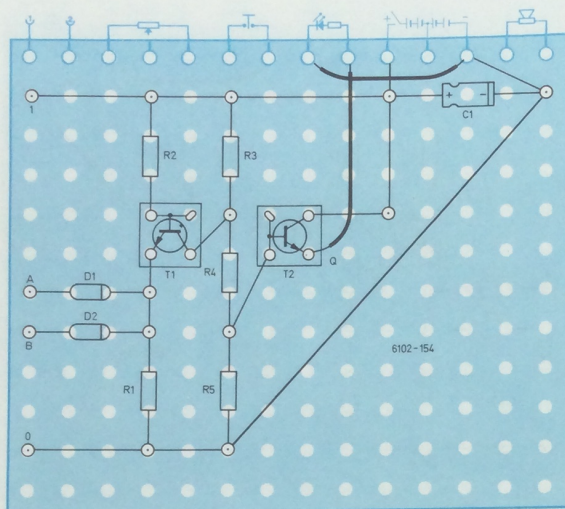


153

- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R4 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R5 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

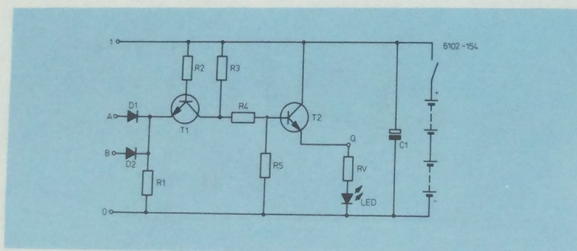


Nu de elektronica



154

- R1 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
 R2 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
 R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
 R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
 R5 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
 C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
 T1 = Transistor, wit
 T2 = Transistor, wit
 D1 = Diode
 D2 = Diode
 LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Terwijl bij de TTL-AND-schakeling de dioden D1 en D2 het 1-sigitaal blokkeren, geleiden zij bij de TTL-OR-schakeling. Als een van de beide dioden met 1 is verbonden, wordt de spanning aan R1 zover verhoogd, dat T1 bokkeert. Dan krijgt T2 als ermittervolger basis-spanning en schakelt door. De LED brandt.

Als de beide ingangen met 0 verbonden zijn, geleidt T1. Zijn nu lage collectorspanning blokkeert T2 en de LED blijft donker.

154 OR-schakeling in transistor-transistor-logica (TTL). Onderzoek nu weer de vier mogelijkheden van een OR-schakeling.

1. Ingang A aan 0, B aan 0
2. Ingang A aan 1, B aan 0
3. Ingang A aan 0, B aan 1
4. Ingang A aan 1, B aan 1

De LED brandt alleen, als de ene of de andere ingang of beide ingangen een 1-sigitaal hebben.

Functietabel:

A	B	Q	LED
0	0	0	Brandt niet
1	0	1	Brandt
0	1	1	Brandt
1	1	1	Brandt

OR

155 NOR-schakeling in transistor-transistor-logica (TTL). Bij het proberen van de ingangstoestanden handelt u zoals bij experiment 154. De LED brandt alleen, als de beide ingangen 0 zijn.

Functietabel:

A	B	Q	LED
0	0	1	Brandt
1	0	0	Brandt niet
0	1	0	Brandt niet
1	1	0	Brandt niet

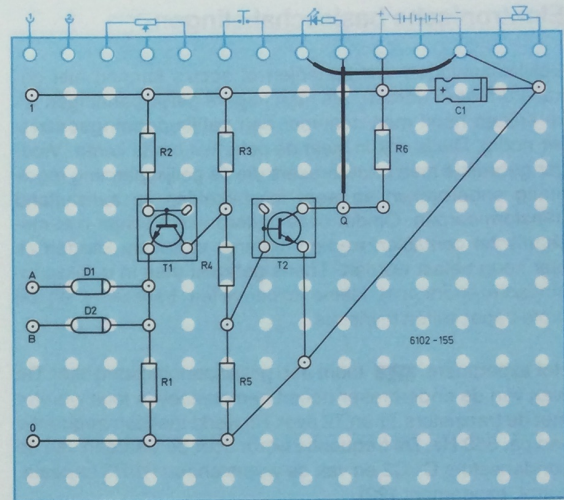
NOR

Bij de NAND- en NOR-schakeling is de lichtdiode aan de collector van de transistor T2 aangesloten. Zij wijst alléén 1 aan, als T2 geblokkeerd is.

Nu de elektronica

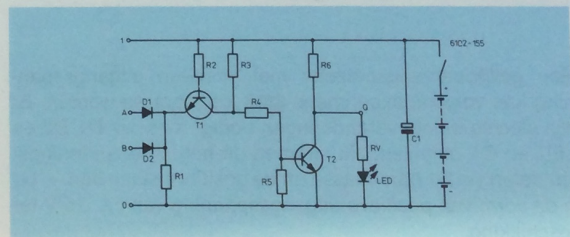
Onderstaand een overzicht van alle functietabellen:

A	Q	LED	Identiteit
0	0	Brandt niet	
1	1	Brandt	
A	Q	LED	Inverter
0	1	Brandt	
1	0	Brandt niet	
A	B	Q	AND
0	0	0	
1	0	0	
0	1	0	
1	1	1	
A	B	Q	NAND
0	0	1	
1	0	1	
0	1	1	
1	1	0	
A	B	Q	OR
0	0	0	
1	0	1	
0	1	1	
1	1	1	
A	B	Q	NOR
0	0	1	
1	0	0	
0	1	0	
1	1	0	
A	B	Q	ANTIVALENTIE
0	0	0	
1	0	1	
0	1	1	
1	1	0	



155

- R1 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R2 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R5 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R6 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Nu de elektronica

Elektronische basisschakelingen

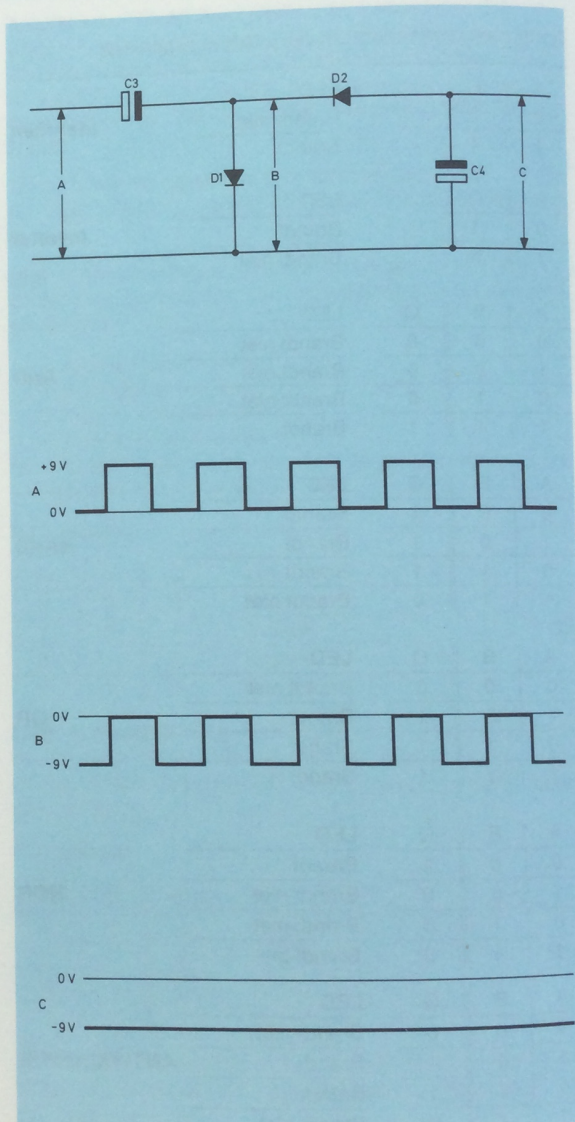
Gelijkspanningen van batterijen of accu's kunnen niet getransformeerd worden. Als men hogere gelijkspanningen wil verkrijgen heeft men daarvoor een **gelijkspanningsomzetter** nodig. Die is ook in staat de polariteit om te keren. Vroeger gebruikte men onderbrekers die de gelijkspanning regelmatig onderbraken en weer inschakelden en aansluitend transformeerden. Omdat deze onderbrekers echter met mechanische contacten werken die snel verslijten, konden ze niet hoog belast worden. Thans gebruikt men in gelijkspanningsomzetters met kleine capaciteiten transistors en bij grote capaciteiten thyristors.

Het experiment 156 toont een gelijkspanningsomzetter. De taak van de onderbreker neemt een onstabiele multivibrator met de transistors T1 en T2 over. Hij werkt met een frequentie van ca. 350 Hz. De frequentie wordt door de waarden van de condensators C1/C2 en van de weerstanden R1/R3 bepaald. (vergl. experiment 122).

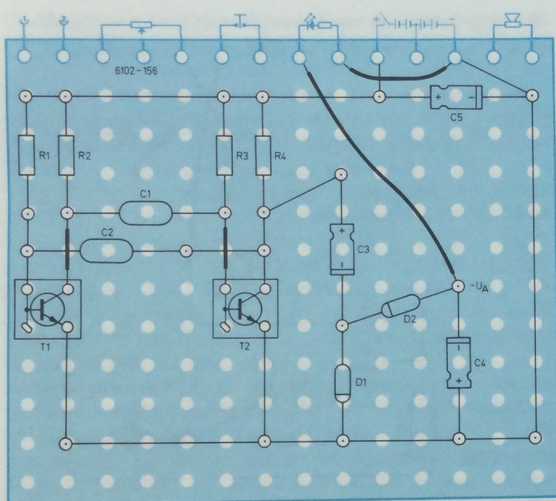
Het door de multivibrator opgewekte rechthoekige signaal komt via de condensator C3 op de dioden D1/D2. De spanningsverlopen worden in de afbeelding getoond. In fase 1 wordt de condensator C3 via R4 positief opgeladen terwijl D1 geleidt.

De diode D2 blokkeert. Tijdens de fase 2 schakelt de transistor T2 door en legt de positieve pool van de condensator C3 tegen 0. Daardoor ontstaat er aan de andere pool van de condensator tegen 0 beschouwd een negatieve spanning. Hij kan niet via D1 maar alleen via D2 wegstromen en de condensator C4 negatief opladen. Daarom ligt bij punt U_A een negatieve uitgangsspanning aan. De belasting door de LED maakt dat de spanning op $-2,5\text{ V}$ daalt.

Een gelijkspanningsomzetter met positieve uitgangsspanning kan volgens experiment 157 opgebouwd worden. Er zijn slechts weinig veranderingen nodig, namelijk D1, D2 en LED en C4 ompolen. Nu stromen de negatieve spanningaandelen via D1 naar massa en de positieve staan aan $+U_A$ in de vorm van positieve uitgangsspanning van ca. $3,5\text{ V}$ ter beschikking.



Nu de elektronica



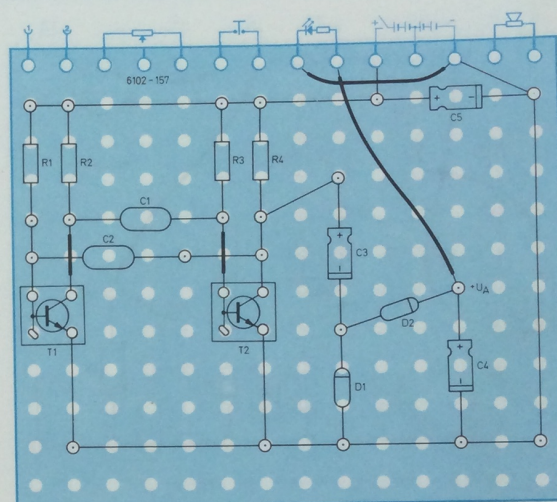
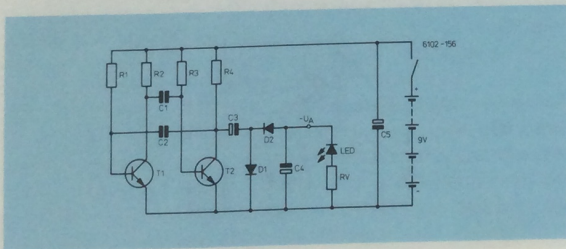
156

- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R4 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, rood)
- C1 = Foliecondensator 0,1 μF
- C2 = Foliecondensator 0,22 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 4,7 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C5 = Elektrolytische condensator 100 μF

- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit

- D1 = Diode
- D2 = Diode

LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



157

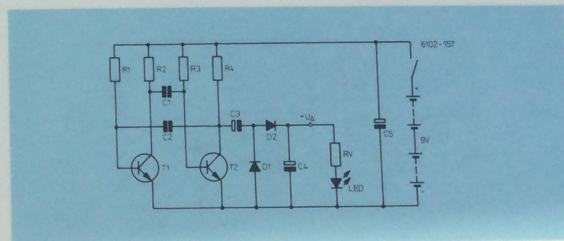
- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R4 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, rood)

- C1 = Foliecondensator 0,1 μF
- C2 = Foliecondensator 0,22 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 4,7 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C5 = Elektrolytische condensator 100 μF

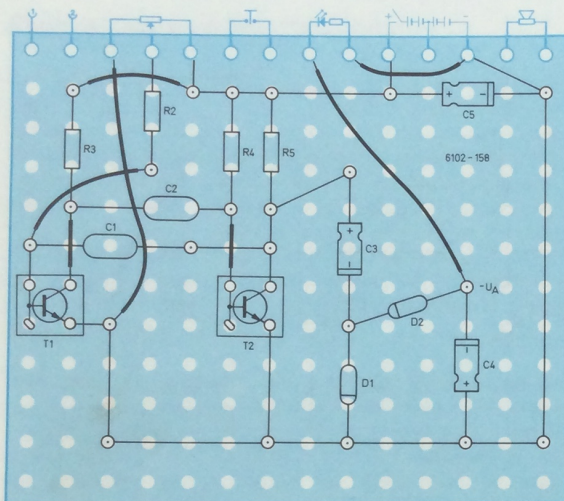
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit

- D1 = Diode
- D2 = Diode

LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

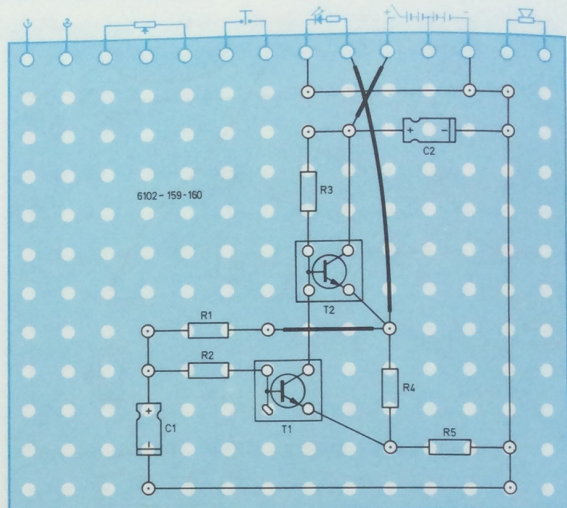
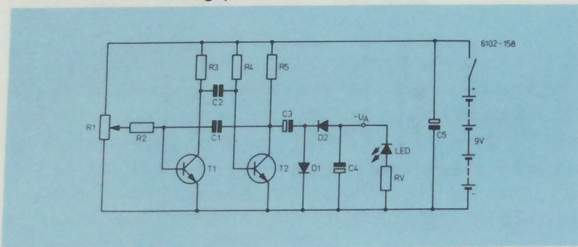


Nu de elektronica



158

- R1 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- R2 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R3 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R4 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R5 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, rood)
- C1 = Foliecondensator 0,1 μ F
- C2 = Foliecondensator 0,22 μ F
- C3 = Elektrolytische condensator 4,7 μ F
- C4 = Elektrolytische condensator 10 μ F
- C5 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

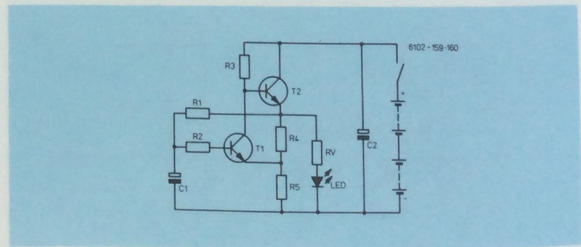


159

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R4 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, rood)
- R5 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- C1 = Elektrolytische condensator 10 μ F
- C2 = Elektrolytische condensator 220 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

160

- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F



Nu de elektronica

De hoogte van de uitgangsspanning van de spanningsomzetter kan in het experiment **158** geregeld worden. Omdat het om een negatieve uitgangsspanning gaat, moeten D1, D2, LED en C4 weer omgepoold worden. Bovendien is de potentiometer in de basisstroomkring van de transistor T1 geschaakeld. Door aan de potentiometerknop te draaien kan de helderheid van de lichtgevende diode veranderd worden.

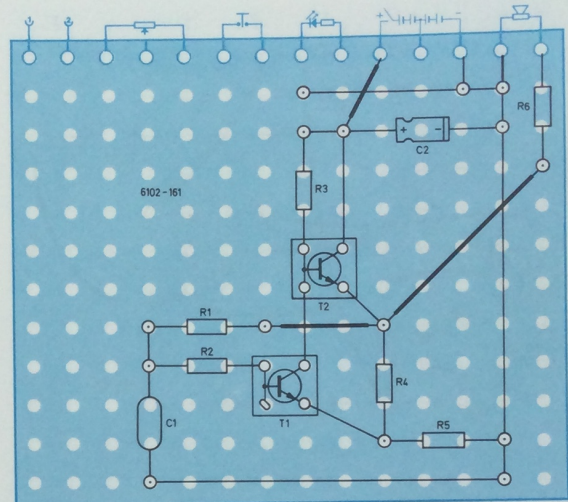
Door middel van de potentiometer R1 wordt de basisstroom van T1 ingesteld. Daardoor wordt de frequentie van de onstabiele multivibrator tussen 0 en ca. 50 Hz gewijzigd. Hoe hoger de frequentie is, des te groter is de negatieve uitgangsspanning bij $-U_A$. Hij kan hoogstens ongeveer 3,5 V bedragen. De uitgangsspanning wordt tegelijk met de frequentie veranderd omdat bij stijgende frequentie de wisselstroomweerstand steeds kleiner wordt.

In het experiment 122 hebben wij een onstabiele multivibrator leren kennen waarbij de bases van de beide transistors telkens met de collector van de andere transistor via een condensator zijn verbonden. In het experiment **159** leren wij een bijzondere onstabiele multivibrator kennen die met één condensator opgebouwd kan worden en wel eerst met een capaciteit van $10 \mu\text{F}$. Na het inschakelen knippert de LED ongeveer 3 keer in een seconde. De knipperfrequentie bedraagt dus 3 Hz.

Heel wat langzamer knippert de LED in het experiment **160** als de condensator C1 door een condensator met een capaciteit van $100 \mu\text{F}$ vervangen wordt.

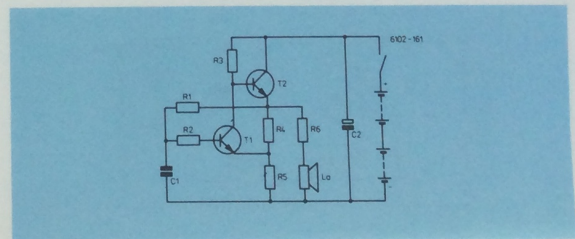
Bij het inschakelen leidt eerst de transistor T2. De condensator C1 wordt via R1 door de emitter van deze transistor opgeladen. Als hij ver genoeg opgeladen is schakelt de transistor T1 door. Omdat op dit ogenblik de spanning bij de collector wegvalt, krijgt T2 geen basisspanning meer en blokkeert. Via R2, T1 en R5 wordt de condensator C1 ontladen en als hij ver genoeg ontladen is wordt de transistor T1 geblokkeerd en de transistor T2 leidt weer. Dit wordt afhankelijk van de capaciteit van de condensator C1 herhaald. Hoe groter zijn waarde is hoe langer duurt het laden en ontladen en daardoor is de knipperfrequentie van de LED geringer.

Als men in het experiment **161** een capaciteit van $0,1 \mu\text{F}$ kiest, volgt het omschakelen zo, dat het knipperen niet meer waargenomen zou kunnen worden. De membraan van een luidspreker volgt echter deze snelle schakelimpulsen en geeft een toon af. Bij de gekozen condensator bedraagt de frequentie van de toon ongeveer 600 Hz.

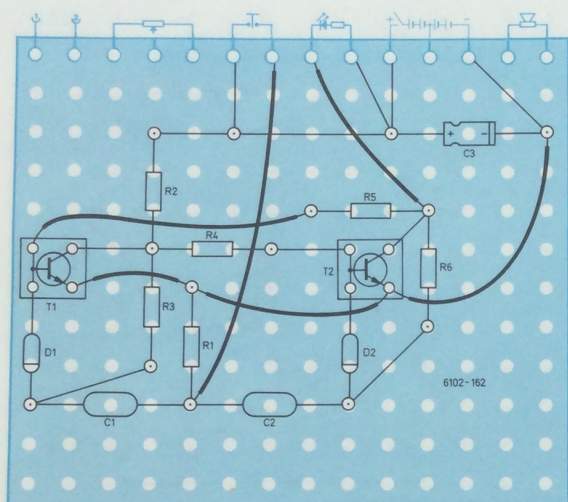


161

- R1 = Weerstand 10.000Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 4.700Ω (geel, paars, rood)
- R3 = Weerstand 2.200Ω (rood, rood, rood)
- R4 = Weerstand 470Ω (geel, paars, rood)
- R5 = Weerstand 1.000Ω (bruin, zwart, rood)
- R6 = Weerstand 220Ω (rood, rood, bruin)
- C1 = Foliecondensator $0,1 \mu\text{F}$
- C2 = Elektrolytische condensator $100 \mu\text{F}$
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel

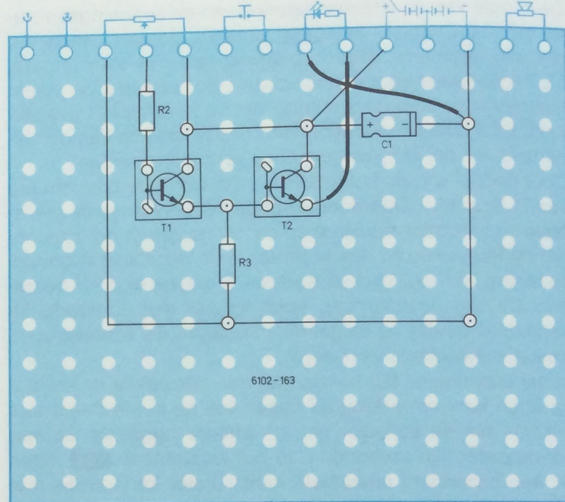
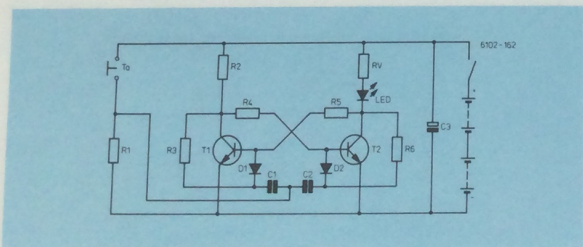


Nu de elektronica



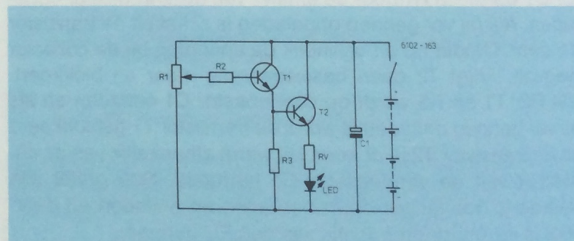
162

- R1 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R2 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R3 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R4 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R5 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R6 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- C1 = Foliecondensator 0,047 μF
- C2 = Foliecondensator 0,1 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 100 μF
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



163

- R1 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- R2 = Weerstand 470.000 Ω (geel, paars, geel)
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μF
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Het experiment **162** toont een **frequentiedeler**. Als na de opbouw de drukschakelaar enkele keren na elkaar gedrukt wordt, ziet men dat bij iedere tweede keer drukken de LED gaat branden. Twee keer inschakelen aan de ingang schakelt een keer de LED aan de uitgang in.

Nu de elektronica

Als men b.v. een onstabele multivibrator met een frequentie van 200 Hz aansluit, bedraagt de knipperfrequentie van de LED nog slechts 100 Hz. Daarom spreekt men bij een dergelijke schakeling van een frequentiedeler.

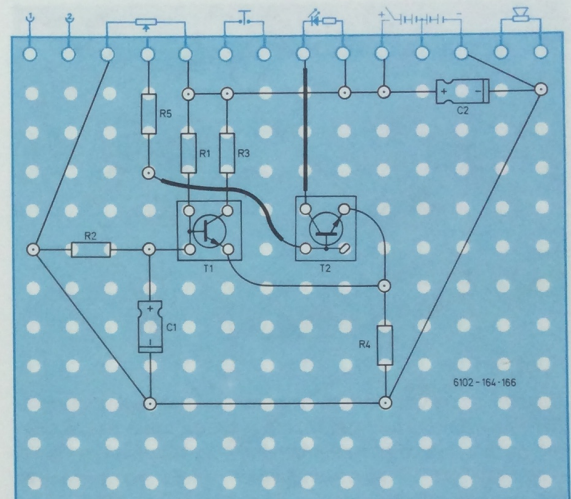
De schakeling bestaat in hoofdzaak uit een bistabiele multivibrator die wij al in het experiment 124 hebben leren kennen. De weerstanden R3/R6 en de condensators C1/C2 zijn differentiatie-elementen (vergelijk experiment 95). Zij wekken bij het indrukken van de drukschakelaar gedifferentieerde negatieve impulsen op, die via D1 resp. D2 de telkens geleidende transistor blokkeren.

Als men kleine stromen zeer hoog wil versterken gebruikt men een speciale schakeling, de **Darlingtonschakeling** zoals in het experiment 163. Door middel van de potentiometer kan de basisspanning van de transistor T1 ingesteld worden. De waarde van de weerstand R2 met 470 K Ω laat zien, dat er slechts een zeer geringe stroom door de basis van T1 stroomt. De daardoor ontstane grotere emitterstroom is tegelijk de basisstroom van de transistor T2 en wordt daar nog eens versterkt. Men noemt een dergelijke schakeling ook **emittervolger**.

Ongeveer als de emittervolger gedraagt zich ook de **differentiële versterker** in het experiment 164. Differentiële versterker betekent dat een regeling door vergelijking met een bepaalde spanning plaats vindt. In deze schakeling wordt een vaste referentiespanning door de weerstanden R1/R2 ingesteld. Door aan de potentiometer te draaien kan de basisspanning voor de transistor T2 veranderd worden. Als hij kleiner is dan de basisspanning bij T1 blokkeert T2. Via de gemeenschappelijke emitterweerstand R4 wordt namelijk een tegenkoppeling verkregen.

Door het vervangen van de weerstand R2 wordt de verhouding van de weerstanden aan de basis van T1 gewijzigd en daardoor ook de basisspanning. In het experiment 165 is verhouding gelijk, daar staat dus ongeveer de halve bedrijfsspanning ter beschikking. Daarom wordt de transistor T2 doorgeschakeld als aan de potentiometer R6 ongeveer de halve positieve spanning ingesteld wordt.

In het experiment 166 brandt de LED bij hoge positieve spanning omdat door de weerstand R2 = 22 K Ω ook aan de basis van de transistor T1 een hoge spanning aanlegt.



164

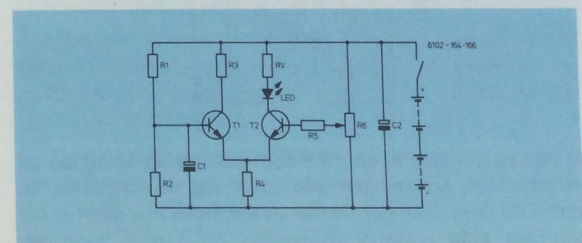
- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R3 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
- R4 = Weerstand 220 Ω (rood, rood, bruin)
- R5 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R6 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- C1 = Elektrolytische condensator 10 μ F
- C2 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

165

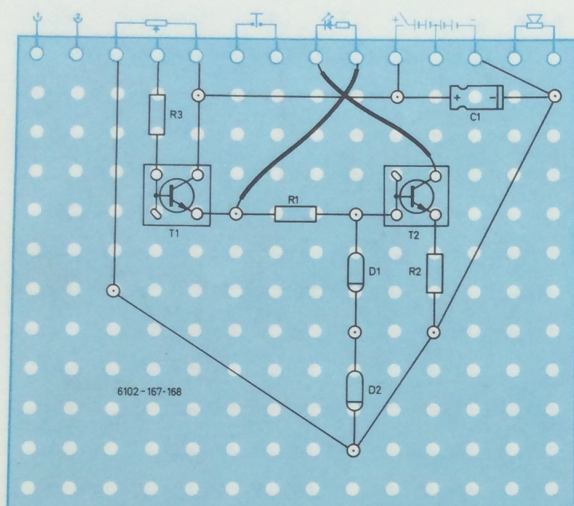
- R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)

166

- R2 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)

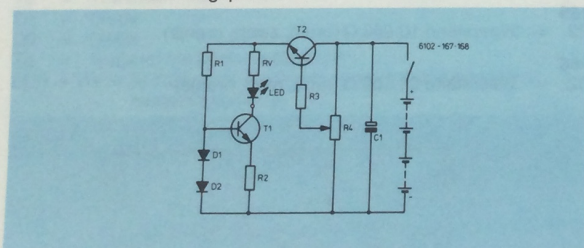


Nu de elektronica



167

- R1 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R2 = Weerstand 100 Ω (bruin, zwart, bruin)
- R3 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R4 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- C5 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



In talrijke gevallen heeft men een stroombron nodig die bij verschillende spanningen een constante stroomsterkte levert. Een dergelijke **constante stroombron** kan met het experiment 167 opgebouwd worden. Als aan de knop van

de potentiometer wordt gedraaid, wordt de helderheid van de lichtgevende diode alleen nog maar ongeveer tot stand 5 veranderd en daarna niet meer, hoewel de spanning verder stijgt. De constante stroombron werkt eerst vanaf een bepaalde minimumspanning.

De transistor T2, de weerstand R3 en de potentiometer R4 vormen een regelbare spanningbron waarmee iedere spanning tussen 0 V en 9 V ingesteld kan worden. Deze veranderbare spanning komt via de spanningsdeler R1 en D1/D2 op de basis van de transistor T1. Omdat alle dioden in doorlaatrichting zijn geschakeld, valt bij iedere diode een sluisspanning van 0,7 V af. Bij de basis van T1 staat dus 1,4 V ter beschikking. Bij deze basisspanning valt bij de emitter een spanning van 0,7 V af. Omdat de weerstand van R2 = 100 Ω bedraagt, stroomt door hem een stroom van ca. 7 mA. Die wordt volgens de formule

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

$$I = \frac{0,7}{100}$$

$$I = 0,007$$

$$I = 7 \text{ mA}$$

De stroom bij de collector is ongeveer even groot als in de weerstand R2 en hij blijft het ook als de spanning met R4 veranderd wordt.

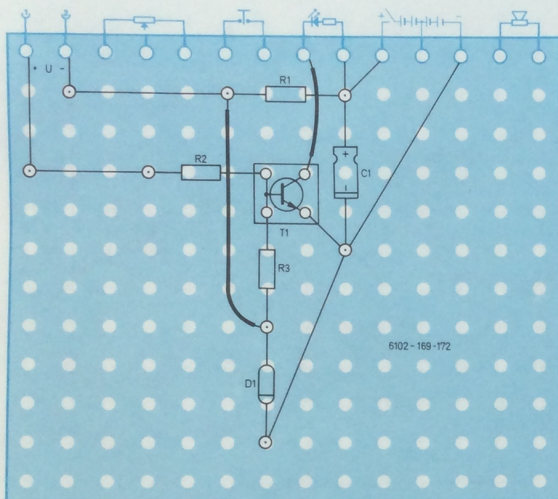
Als in het experiment 168 de diode D1 zonder meer verwijderd wordt, wordt de helderheid van de LED in het gehele instelgebied veranderd want nu wordt de spanning aan de basis van de transistor voortdurend veranderd. De schakeling is daardoor geen constante stroombron meer.

Moderne siliciumtransistors zoals zij in dit elektronisch laboratorium worden gebruikt, schakelen pas vanaf een basispanning van ca. 0,7 V door. Dat ligt aan het uitgangsmateriaal silicium. Als er lagere spanningen aangetoond moeten worden, heeft men een speciale schakeling nodig zoals in het experiment 169.

Hij wordt voor de volgende experimenten gebruikt.

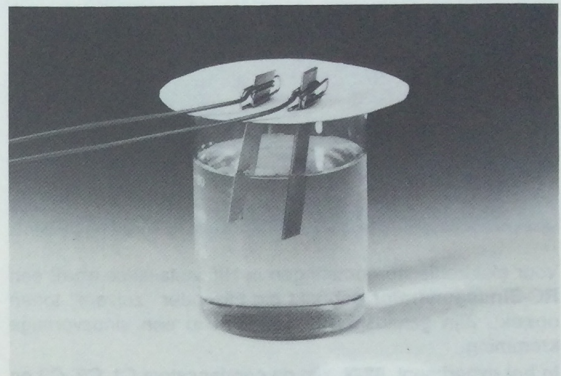
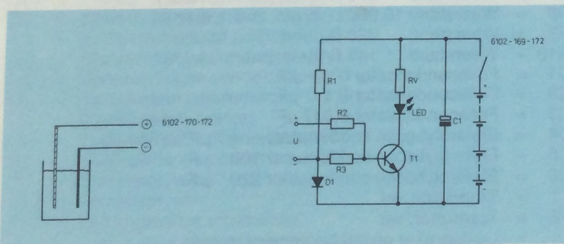
Door de spanningsdeler van D1 en R1 ontvangt de basis van T1 een spanning van ongeveer 0,7 V. Die is nog niet voldoende om de transistor door te schakelen. Als echter via de buitenaansluitingen 1 en 2 een zeer kleine extra spanning op de basis gegeven wordt geleidt hij en de LED brandt.

Nu de elektronica



169

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R3 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



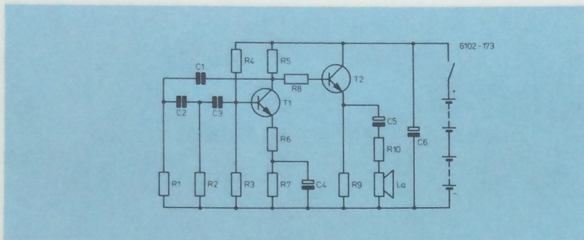
Voor de volgende experimenten met de zinken en koperen plaat is een met zout water gevuld jamglas en een kartonnen schijf nodig die het glas goed afdekt. Snij in de schijf op een afstand van ca. 1 cm 2 openingen van ca. 2,5 cm lengte waar de koperen en de zinken plaat doorgestoken kunnen worden. Om er voor te zorgen dat de platen er niet door heen glijden schuift men er telkens 1 paperclip aan één kant overheen. Bij de klemmen worden ook de draden voor de buiten-aansluitingen 1 en 2 bevestigd. Verbindt bij het experiment 170 de koperen plaat met de aansluiting 1, de zinken plaat met de aansluiting 2 van de schakeling 169 en schakel de batterijspanning in.

Hoewel er geen andere spanningsbron aangesloten is, brandt nu de LED. Dit wordt alleen door de verschillende platen in de zout oplossing veroorzaakt. Als men namelijk koper en zink in een dergelijke oplossing dompelt, ontstaat er tussen de beide metalen spanning en wel ongeveer 1,1 V. Deze extra spanning aan de ingang van de schakeling volgens experiment 169 maakt dat de LED brandt.

Gebruik in het experiment 171 in plaats van de zinken plaat een ijzeren spijker en let erop dat de lichtgevende diode brandt. Tussen de metalen koper en ijzer treedt nu een spanning van ongeveer 0,75 V op.

Een nog geringe spanning namelijk slechts ongeveer 0,35 V heerst tussen de metalen ijzer en zink. Sluit in het experiment 172 de zinken plaat aan de buitenste aansluiting 1, de ijzeren spijker aan de aansluiting 2 aan.

Nu de elektronica



Voor elektronische opmetingen in Hifi-installaties wordt een **RC-Sinusgenerator** gebruikt die bijzonder "zuivere" tonen opwekt. Zijn geluidsgolven verlopen in een sinusvormige kromming.

In het experiment **173** zijn de condensators C1, C2, C3 en de weerstanden R1, R2, R3 als een net aan elkaar gekoppeld dat de hoogte van het geluid bepaalt.

T1 werkt als teruggekoppelde versterker die de schakeling tot trillen op.

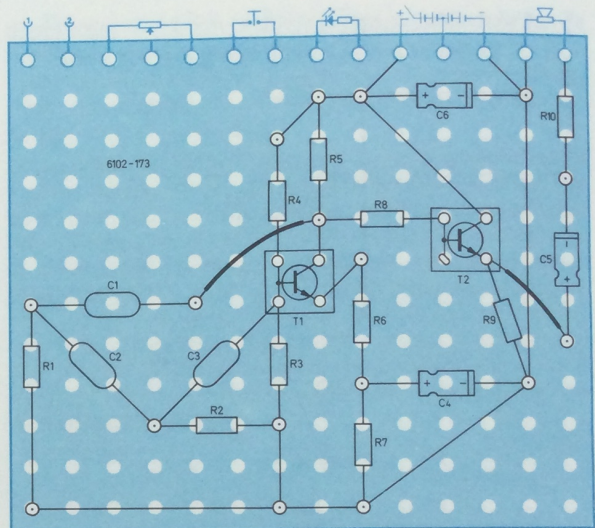
Om ervoor te zorgen dat de frequentie van de opgewekte sinustrilling niet beïnvloed wordt, haalt men ze niet direct van het net af maar schakelt een emittervolger erachter. De luidspreker in de emitterleiding van de T2 geeft dan het geluid af.

Omdat de weerstand R9 parallel met de luidspreker ligt, stroomt de gelijkstroom er doorheen terwijl de condensator C5 alleen de wisselstroom naar de luidspreker brengt. Zo worden overbelastingen van de transistor vermeden.

Achter de sinusgenerator kan in het experiment **174** een IC-versterker geschakeld worden. Men verkrijgt dan een luidere weergave. Door het invoegen van de potentiometer R14 wordt het ook mogelijk de ligging van de fase van de sinustrilling om te keren. Een dergelijke omkering van de fase vindt plaats als de potentiometer langzaam van de ene naar de andere aanslag wordt gedraaid.

Eerst hoort men geluid. Als de geleider de middelste stand doorloopt, hoort men een ogenblik niets. Aan de andere aanslag is de toon weer luid te horen.

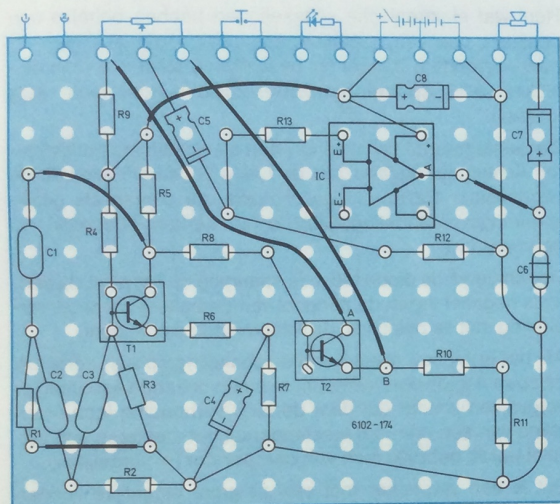
Bij een zuivere sinustoon kan men met het gehoor niet onderscheiden of het uitgangssignaal van de versterker met het ingangssignaal "in" of "tegen" fase ligt. Men merkt bij een stereo-installatie echter of de beide kanalen dezelfde fase hebben.



173

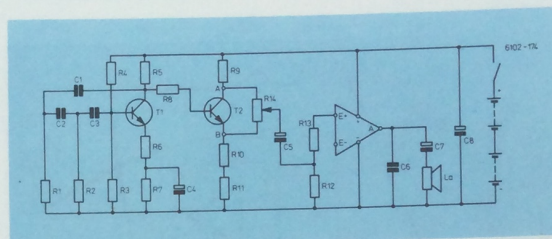
- R1 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R2 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R3 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R4 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- R5 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R6 = Weerstand 10 Ω (bruin, zwart, zwart)
- R7 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
- R8 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R9 = Weerstand 220 Ω (rood, rood, bruin)
- R10 = Weerstand 47 Ω (geel, paars, zwart)
- C1 = Foliecondensator 0,22 μF
- C2 = Foliecondensator 0,1 μF
- C3 = Foliecondensator 0,047 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 4,7 μF
- C5 = Elektrolytische condensator 100 μF
- C6 = Elektrolytische condensator 220 μF
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel

Nu de elektronica

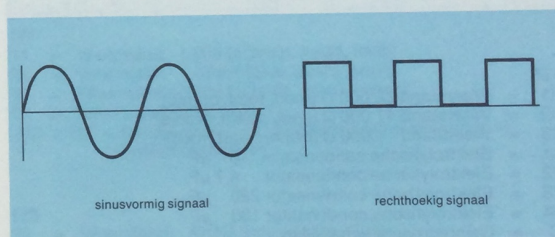


174

R1 =	Weerstand	2.200 Ω (rood, rood, rood)
R2 =	Weerstand	4.700 Ω (geel, paars, rood)
R3 =	Weerstand	22.000 Ω (rood, rood, oranje)
R4 =	Weerstand	47.000 Ω (geel, paars, oranje)
R5 =	Weerstand	1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
R6 =	Weerstand	10 Ω (bruin, zwart, zwart)
R7 =	Weerstand	470 Ω (geel, paars, bruin)
R8 =	Weerstand	220.000 Ω (rood, rood, geel)
R9 =	Weerstand	220 Ω (rood, rood, bruin)
R10 =	Weerstand	47 Ω (geel, paars, zwart)
R11 =	Weerstand	100 Ω (bruin, zwart, bruin)
R12 =	Weerstand	10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
R13 =	Weerstand	10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
R14 =	Potentiometer op het schakelpaneel	10 k Ω
C1 =	Foliecondensator	0,22 μF
C2 =	Foliecondensator	0,1 μF
C3 =	Foliecondensator	0,047 μF
C4 =	Elektrolytische condensator	4,7 μF
C5 =	Elektrolytische condensator	10 μF
C6 =	Keramische condensator	10.000 pF
C7 =	Elektrolytische condensator	100 μF
C8 =	Elektrolytische condensator	220 μF
T1 =	Transistor, wit	
T2 =	Transistor, wit	
IC =	Geïntegreerde schakeling	
La =	Luidspreker op het bedieningspaneel	



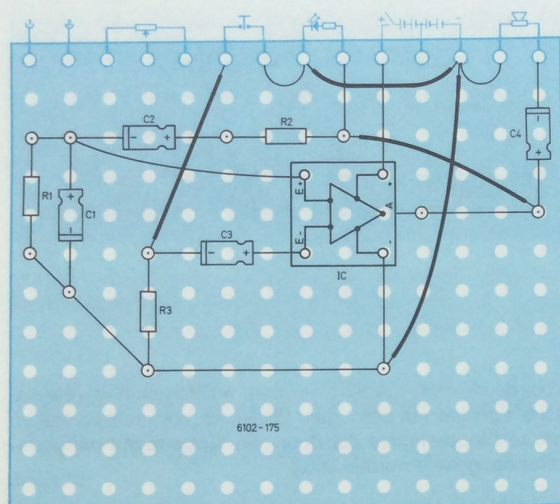
Voor de elektronicus zijn 2 vormen van krommen van elektrische signalen van bijzondere betekenis, het sinussignaal en het rechthoeksignaal die door een **sinus-rechthoekgenerator** opgewekt worden (afb.).



In het experiment **175** is de IC als langzame multivibrator geschakeld. Daarbij bepalen $C2/R2$ en $C1/R1$ de frequentie. $R3$ bewerkstelligt een tegenkoppeling die de vorm van de kromme van het signaal beïnvloedt.

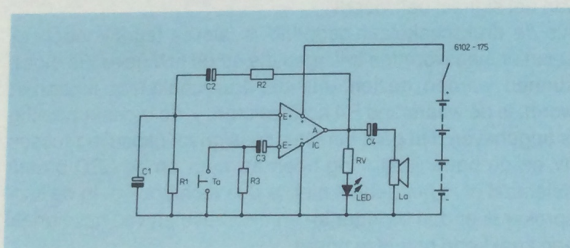
Als de drukschakelaar geopend is (sterke tegenkoppeling) staan er sinusvormige trillingen die op de lichtgevende diode kunnen worden gezien. Als de drukschakelaar ingedrukt wordt, is de weerstand $R4$ kortgesloten – de tegenkoppeling is opgeheven. Nu gaat het uitgangssignaal plotseling tussen 0V en de batterijspanning heen en weer en de LED brandt helemaal of in het geheel niet, is dus rechthoekig. In de luidspreker is er dan bij ieder in- en uitschakelen van het signaal een knakkend geluid te horen.

Nu de elektronica



175

- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- R3 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- C1 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C2 = Elektrolytische condensator 4,7 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 220 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 100 μF
- IC = Geïntegreerde schakeling
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Heel wat elektronische schakelingen hebben behalve een positieve ook een negatieve spanning nodig. Als hiervoor geen bijzondere batterij ter beschikking staat kan men een elektronische **spanningomzetter** zoals in experiment 176 inzetten.

De geïntegreerde schakeling werkt als onstabiele multivibrator. Achter zijn uitgang zijn de diode D1 en D2 evenals de condensator C2 en C3 geschakeld, die samen als gelijkspanningsverdubbelingsgelijkrichter werken (vergelijk experiment 156).

De lichtgevende diode toont de spanning op het punt U_A aan, hij is negatief tegen de minpool van de batterij zoals de verbinding met de polen van de lichtgevende diode toont.

Als het er bij een elektronische schakeling op aan komt om de spanning op een meetpunt met een bekende spanning te vergelijken zonder dat door de naar verhouding lage weerstand van een normaal meetapparaat het meetresultaat vervalst wordt, gebruikt men een **comparator** (= vergelijker).

Dat is een versterker met een zo groot mogelijke versterkingsfactor. Met een comparator stelt men vast of de spanning U_X hoger of lager is dan de bekende referentiespanning. In het experiment 177 bevindt zich de onbekende spanning aan de ingang E- van de bewerkings-versterker. Zijn hoogte wordt door R2 bepaald.

Gebruik als R2 eerst de weerstand 470 Ω . Verbindt R3 (klem A) met 0V (klem D). brandt de lichtgevende diode?

Verbindt in het experiment 178 R3 (klem A) met klem C (4,5 V). Let op de LED.

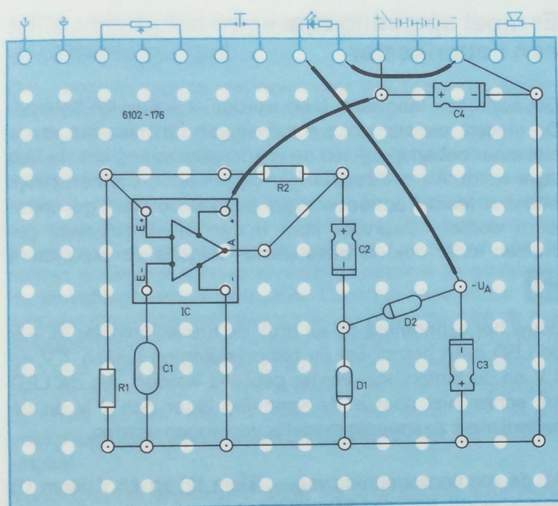
Vervang in het experiment 179 de weerstand R2 = 470 Ω tegen een weerstand van 2,2 K Ω . Verbindt de klem A met de klem D (0V). Wijst de LED spanning aan?

Verbindt in het experiment 180 de weerstand R3 (klem A) met klem C (4,5 V) en dan met klem B (9 V). Brandt de LED?

Bij R2 = 470 Ω bedraagt $U_X = 3$ V. De LED brandt als de referentiespanning erboven ligt, dus b.v. 4,5 V (klem C) bedraagt. Als R2 = 2,2 K Ω gebruikt is, bedraagt U_X ongeveer 6 V. Daarom brandt de LED alléén als R3 aan 9 V (klem B) gelegd is.

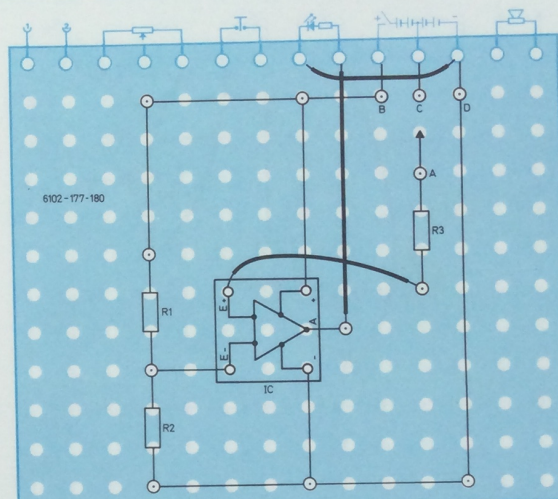
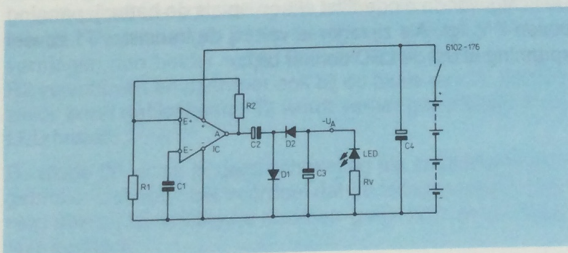
De lichtgevende diode brandt als de onbekende spanning U_X aan de ingang E- van de IC geringer is dan de spanning bij R3.

Nu de elektronica



176

- R1 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R2 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- C1 = Foliecondensator 0,1 μF
- C2 = Elektrolytische condensator 4,7 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 100 μF
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



177

- R1 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R2 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- IC = Geïntegreerde schakeling
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

178

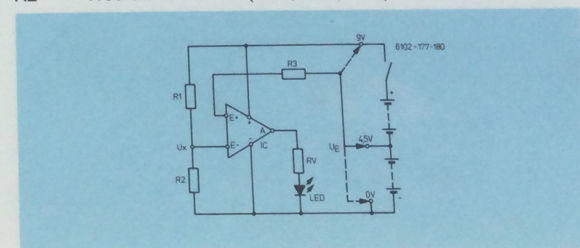
- R2 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)

179

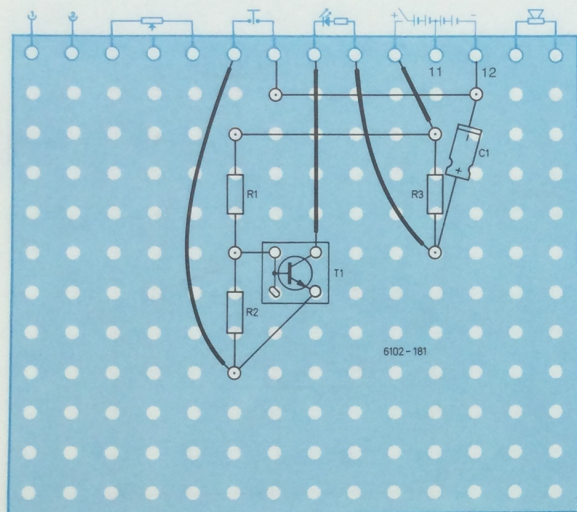
- R2 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)

180

- R2 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)

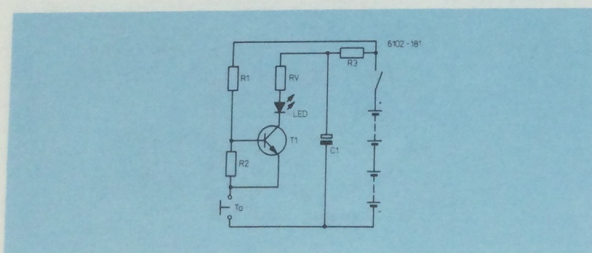


Van experts voor experts



181

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R3 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 220 μ F
- T1 = Transistor, wit
- Ta = Toets op bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Er moet spanning zijn – een batterijtester

Dat batterijen langzaam leeg worden is natuurlijk bekend. De meeste elektronische schakelingen functioneren reeds niet meer onberispelijk als de voedingsspanning enkele Volt lager wordt. Als er dus storingen bij een anders onberispelijk werkend toestel optreden moet eerst de batterij gecontroleerd worden. Daarvoor kunt u een meetinstrument gebruiken maar ook de batterijtester volgens dit experiment

181.

Bouw het experiment op en druk de drukschakelaar in. Als de LED even brandt ligt de batterijspanning tussen 7 V en 9 V en de batterij kan verder gebruikt worden. Als de LED het echter niet doet is de spanning lager dan 7 V en de batterij moet zo spoedig mogelijk vervangen worden.

Als de voedingsspanning van – (klem 12) op 4,5 V (klem 11) gelegd wordt, flitst de LED niet meer op.

De functie van de batterijtester berust op de laad-en ontlaadbewegingen van de condensator C1. Na het inschakelen wordt C1 via de weerstand van grote waarde R3 langzaam opgeladen. Daarbij stijgt de spanning tot de batterijspanning. Als nu de drukschakelaar ingedrukt wordt, vloeit er korte tijd door T1 de ontlaadstroom van de condensator C1. Bij die gelegenheid bepaalt de spanningsdeler R1/R2 die de basisspanning vastlegt, de stroomsterkte. De spanning wordt bij hem in een verhouding van 1:10 gedeeld. Omdat de transistor pas vanaf 0,7 V geleidt is er dus minstens een tienvoudige spanning voor het doorschakelen nodig.

De lichtgevende diode flitst alleen op als de batterijspanning boven 7 V ligt. Als zij lager is valt bij de transistor T1 zoveel spanning af dat de LED donker blijft.

Van experts voor experts

Milieumisdaden opgespoord – watertestapparaat

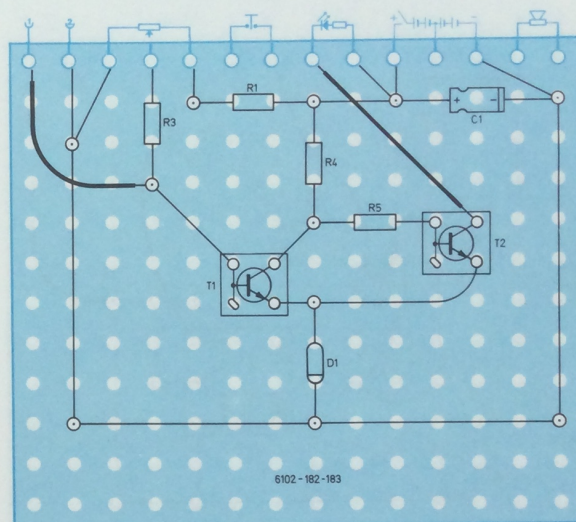
Om verontreinigingen van water vlug vast te kunnen stellen heeft men meetapparaten nodig die vlug en veilig bediend kunnen worden. Sommige van deze apparaten werken volgens het onderstaande principe: Een groot gedeelte van de verontreinigde stoffen verhoogt het geleidend vermogen van water voor de elektrische stroom. Hoe beter het water dus de stroom geleidt hoe meer het door deze stoffen belast is. Het meetapparaat hoeft alleen het geleidend vermogen vast te stellen en daaruit kunnen conclusies omtrent de graad van de vervuiling worden getrokken. Door het experiment **182** kan een dergelijke watertester worden gebouwd. Van de buitenaansluitingen 1 en 2 worden 2 blanke schakeldraden in een glas met leidingwater gestoken. De draden moeten op een afstand van ca. 15 mm ongeveer 20 mm diep ondergedompeld worden. Met de potentiometer wordt dan de gevoeligheid van het apparaat zo ingesteld, dat de LED net uitgaat.

Vervang in het experiment **183** het leidingwater door water dat met een wasmiddel "verontreinigd" is. De inhoud van het glas flink omroeren. Daarna de potentiometer weer zo instellen, dat de LED net uitgaat. Als er zout water wordt gebruikt kan men zien dat de LED weer brandt. Hij geleidt dus het beste.

De watertester gebruikt de schakeling van de drempelwaarschakelaar of Schmitt-trigger die in experiment 125 reeds verschenen is. Met behulp van de potentiometer R3 wordt de spanning ingesteld waarbij de schakeling omvalt, d.w.z. aan de uitgang van UIT op IN springt.

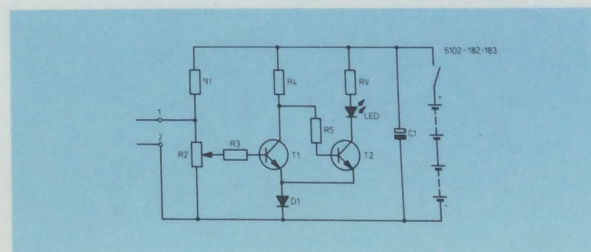
Die aan de klemmen 1 en 2 zittende voelers worden in water van verschillende kwaliteit gedompeld. De elektrische weerstand ligt parallel met R2 en beïnvloedt de drempelwaarspanning van de Schmitt-trigger. De potentiometer wordt zo ingesteld dat de schakeling bij leidingwater net niet meer brandt. Verontreinigd water heeft een groter geleidingsvermogen dan helder water. Daarom wordt de spanning bij R2 verschoven en daardoor ook bij de basis van T1. De transistor wordt geblokkeerd, T2 wordt verder geschakeld en de LED brandt.

De diode D1 wordt in deze schakeling als emitterweerstand gebruikt. Dat heeft het voordeel dat de terugkoppelingsspanning ook bij verschillende stromen gelijk blijft en de hysteresis gering is.

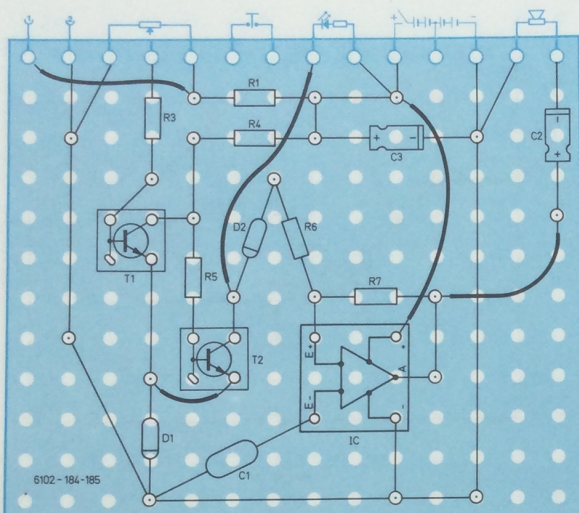


182

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R5 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

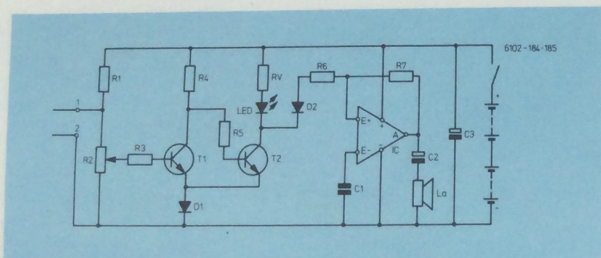


Van experts voor experts



184

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R5 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R6 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R7 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- C1 = Follecondensator 0,22 μ F
- C2 = Elektrolytische condensator 10 μ F
- C3 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Bij het experiment **184** weerklinkt bovendien een waarschuwend geluid als de LED gaat branden. Gebruik weer leidingwater en handel zoals in experiment 182 is beschreven.

Ter controle van zeepsop en zout water wordt bij het experiment **185** weer zo gehandeld als bij het experiment 183. De schakeling van de alarmgever voor de verontreiniging (experiment 184/185) bestaat uit 2 delen. Een drempelwaardeschakelaar (vergelijk experiment 125) stuurt een geluidsgenerator volgens experiment 141.

De geluidsgenerator trilt alleen als R6 eenzijdig met de min-pool van de batterij of op zijn minst met een spanning in de nabijheid van 0 V verbonden is. Dat is het geval als T2 doorgeschakeld is. De diode D2 verhindert dat positieve spanning aan R6 en de ingang E+ van de IC komt. Alleen een lage collectorspanning aan T2 kan nog uitwerking hebben.

De drempelschakelaar spreekt aan als de elektrische weerstand tussen de voelers de spanning onder de drempelwaarde drukt.

Contactloos geschakeld – sensortoets

Moderne televisietoestellen, videorecorders en radiotoestellen, ook liftbesturingsinrichtingen worden vaak niet meer met de gebruikelijke schakelaars uitgerust maar men gebruikt sensortoetsen. Zij bezitten een contactoppervlak dat alleen met een vinger aangeraakt hoeft te worden.

Door het experiment **186** kan een sensorinschakelaar gebouwd worden. Als het contact S met een vinger aangeraakt wordt brandt de LED.

Van experts voor experts

In de sensortoets wekt een wisselspanningsversterker die in experiment 142 beschreven is een hoge spanning aan zijn uitgang op als de sensor aangeraakt wordt. De spanning wordt met een verdubbelingsschakeling volgens experiment 176 gelijkgericht en stuurt de transistor T1.

De schakeling maakt gebruik van het feit dat onze omgeving met elektrische en magnetische wisselvelden doorspekt is. Dat is vooral in gebouwen, minder in de buitenlucht het geval. Daardoor wordt in het menselijk lichaam een – weliswaar zeer kleine elektrische spanning geïnduceerd.

Als de ingang van de zeer gevoelige versterker-IC met een vinger aangeraakt wordt, ontstaat er aan zijn uitgang een heel wat hogere wisselspanning die gelijkgericht en verdubbeld wordt. De ontstane gelijkspanning is dan voldoende om de transistor T1 door te sturen en de LED te laten branden.

Een omgekeerde werking verkrijgt men met het experiment 187. De LED gaat uit als de contactoppervlakte S aangeraakt wordt.

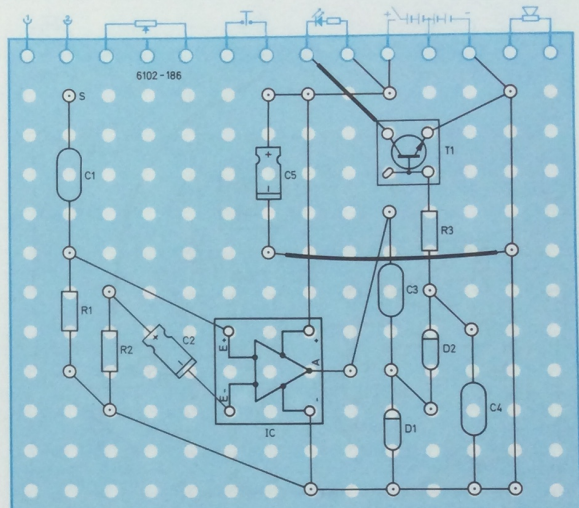
Bij de sensortoets UIT zijn de wisselspanningsversterker (experiment 142), spanningsverdubbelingsinrichting (experiment 176) en een versterker met 2 trappen gecombineerd geschakeld.

In rust brandt de LED. Bij het aanraken van de sensor wordt de opgenomen wisselspanning versterkt, gelijkgericht en verdubbeld en naar de transistor T1 gebracht.

Die schakelt door en zijn nu lage collectorspanning blokkeert T2. De LED gaat uit.

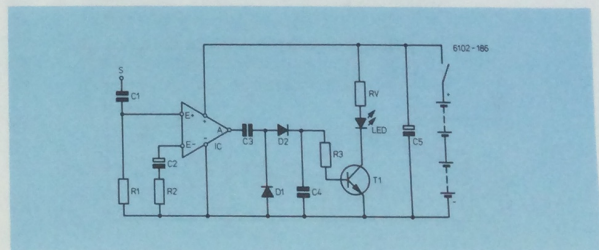
In het experiment 188 flitst de LED een ogenblik op als het contact S aangeraakt wordt.

De schakeling van de impulsgever bestaat uit 4 trappen. Een wisselspanningsversterker volgens experiment 142 versterkt de door de sensor opgenomen wisselspanning. Hij wordt gelijkgericht en verdubbeld zoals in het experiment 176 beschreven is. Een differentiatietrap waarvan de functie in het experiment 95 is beschreven, vormt bij het aanraken een korte positieve impuls. Die wordt door T2 versterkt en maakt dat de lichtdiode opflitst als de sensor aangeraakt wordt. De duur van de lichtimpuls is onafhankelijk van de duur van het aanraken.

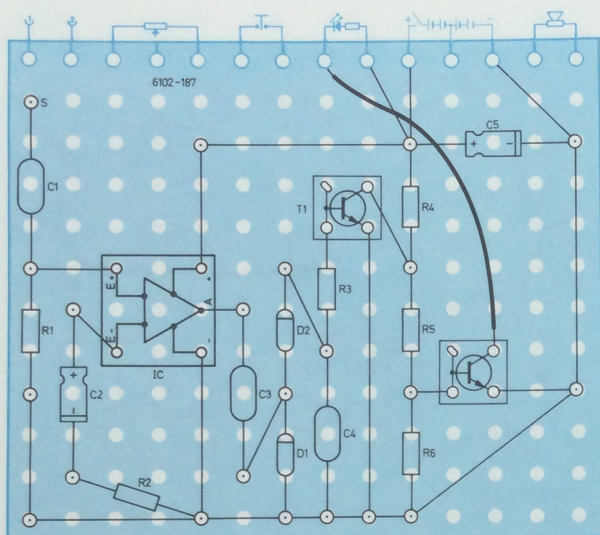


186

- R1 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R2 = Weerstand 10 Ω (bruin, zwart, zwart)
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- C1 = Foliecondensator 0,047 μF
- C2 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C3 = Foliecondensator 0,1 μF
- C4 = Foliecondensator 0,22 μF
- C5 = Elektrolytische condensator 220 μF
- T1 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

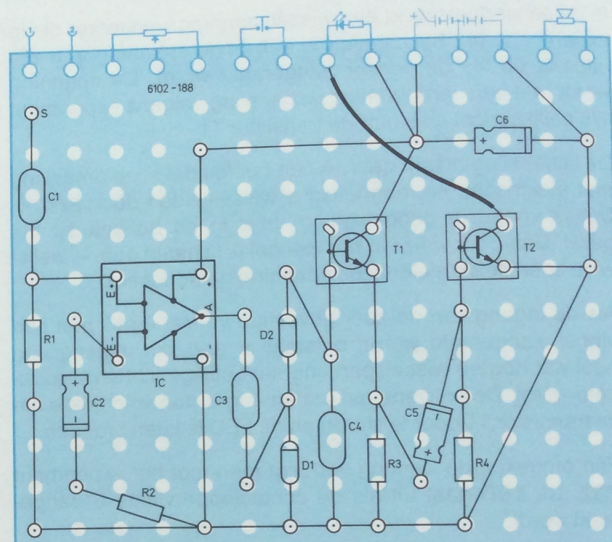
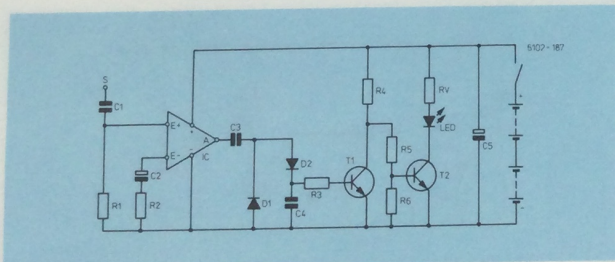


Van experts voor experts



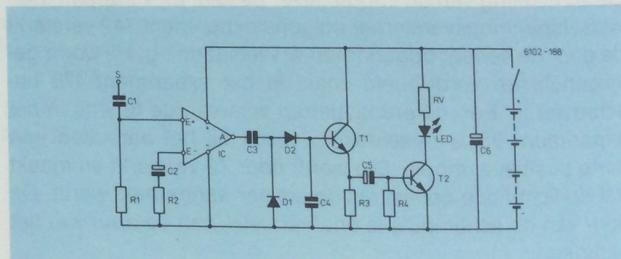
187

- R1 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
 R2 = Weerstand 10 Ω (bruin, zwart, zwart)
 R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
 R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
 R5 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
 R6 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
 C1 = Foliecondensator 0,047 μF
 C2 = Elektrolytische condensator 10 μF
 C3 = Foliecondensator 0,1 μF
 C4 = Foliecondensator 0,22 μF
 C5 = Elektrolytische condensator 220 μF
 T1 = Transistor, wit
 T2 = Transistor, wit
 IC = Geïntegreerde schakeling
 LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



188

- R1 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
 R2 = Weerstand 10 Ω (bruin, zwart, zwart)
 R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
 R4 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
 C1 = Foliecondensator 0,047 μF
 C2 = Elektrolytische condensator 4,7 μF
 C3 = Foliecondensator 0,1 μF
 C4 = Foliecondensator 0,22 μF
 C5 = Elektrolytische condensator 10 μF
 C6 = Elektrolytische condensator 220 μF
 T1 = Transistor, wit
 T2 = Transistor, wit
 IC = Geïntegreerde schakeling
 LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



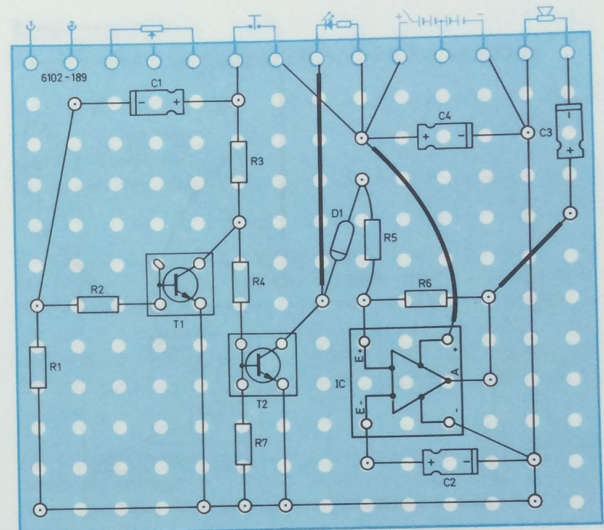
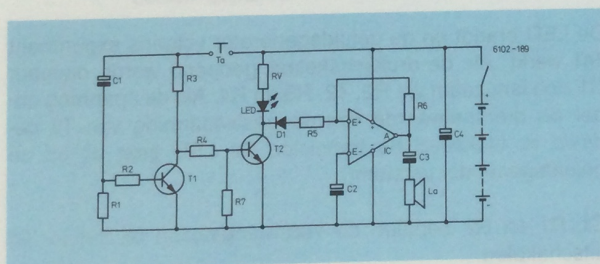
Lange leiding – In- en uitschakelvertragingen

In sommige auto's is de binnenverlichting met een schakeling gekoppeld die het licht pas enkele seconden na het sluiten van de autodeur uit laat gaan.

Dor middel van de schakeling volgens experiment **189** kan een inschakelvertraging gebouwd worden. De LED gaat na het drukken van de toets met enkele seconden vertraging branden en uit de luidspreker weerklinkt een geruis dat op een motor lijkt.

De eerste keer moet de toets ongeveer 15 seconden ingedrukt worden. Bij het verdere inschakelen wordt deze tijd korter. Nadat de drukschakelaar losgelaten is verdwijnt het motorgeluid onmiddellijk en de LED gaat uit.

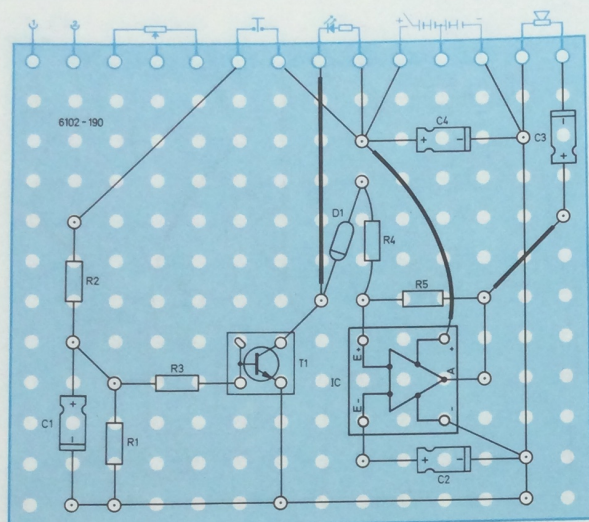
Als de toets Ta gesloten wordt, wordt de condensator C1 via de weerstand R1 opgeladen. De spanning bij R1 neemt bij toenemende lading van C1 af. Eerst bestuurt de nog hoge spanning van R1 een versterker met 2 trappen volgens experiment 120. De transistor T1 is doorgeschakeld, T2 blokkeert, de lichtgevende diode is donker. De erna geschakelde geluidsgenerator volgens experiment 141 werkt niet omdat aan E+ een hoge spanning ligt. Bij het opladen van de condensator C1 wordt de spanning bij R1 tenslotte lager dan de drempelwaarde van de transistor T1. Hij blokkeert en zijn hoge collectorspanning stuurt via R4 de transistor T2 door. De LED brandt en de spanning bij de collector is nu laag genoeg om de geluidsgenerator met trillen te laten beginnen.



189

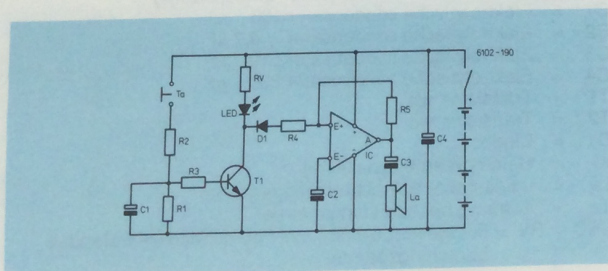
- R1 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R2 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R4 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R5 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R6 = Weerstand 220.000 Ω (rood, rood, geel)
- R7 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- C2 = Elektrolytische condensator 4,7 μ F
- C3 = Elektrolytische condensator 10 μ F
- C4 = Elektrolytische condensator 220 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

Van experts voor experts



190

- R1 = Weerstand 470.000 Ω (geel, paars, geel)
- R2 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R4 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R5 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 220 μF
- C2 = Elektrolytische condensator 4,7 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 100 μF
- T1 = Transistor, wit
- IC = Geïntegreerde schakeling
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Vertraagd uitschakelen is met behulp van experiment 190 mogelijk. De LED brandt bij het drukken onmiddellijk en ook het geluid van de motor wordt tegelijk hoorbaar. Als de toets echter losgelaten wordt, worden de LED en het geluid met vertraging uitgeschakeld.

Bij het naar beneden drukken van de drukschakelaar wordt C1 via R1 vlug geladen. T1 schakelt door, de LED brandt en de geluidsgenerator volgens experiment 141 wekt een geluid op.

Bij het openen van de drukschakelaar wordt C1 langzaam via R1 ontladen. Pas nadat zijn spanning lager wordt dan de drempelwaarde van de basisspanning bij T1 blokkeert de transistor. De LED gaat uit en het geluid verstomt. De capaciteit van C1 en de grootte van R1 bepalen de lengte van de vertraging.

Door het experiment 191 kan een gecombineerde in- en uitschakelvertraging gebouwd worden.

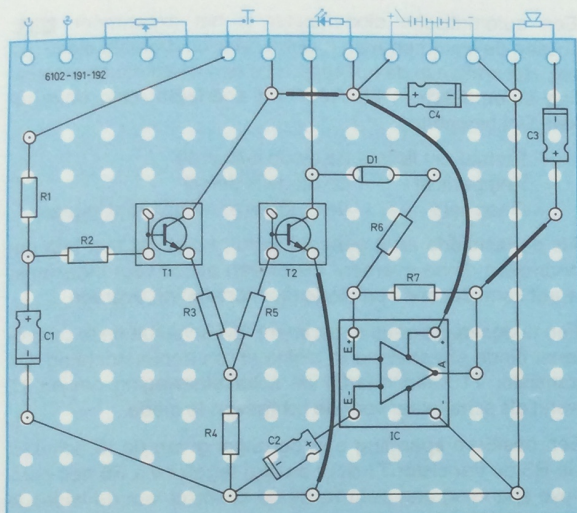
Als inplaats van het motorgeluid een hogere toon gehoord moet worden, vervangt men in het experiment 192 de condensator C2 door de condensator met 0,22 μF .

Het laden en ontladen bij de condensator C1 laten de in- en uitschakelvertraging ontstaan. Bij gesloten drukschakelaar wordt C1 langzaam via R1 opgeladen. In overeenstemming met de lading stijgt bij hem de spanning. Pas nadat de drempelwaarde van de basisspanning overschreden wordt, ligt bij de emitter een spanning aan die 0,7 V lager is dan de basisspanning. De spanningsdelers R3/R4 reduceren de emitterspanning tot ca. 1/3 van de oorspronkelijke waarde. Via R5 krijgt de transistor T2 basisstroom en wordt geleidend.

De LED brandt en de geluidsgenerator volgens experiment 141 werkt. Als de drukschakelaar geopend wordt, ontladt C1 zich langzaam via R2, T2, R3 en R4. Als de spanning onder de drempelwaarde van de basisspanning van T2 gedaald is, blokkeert de transistor. De LED gaat uit en de geluidsgenerator verstomt.

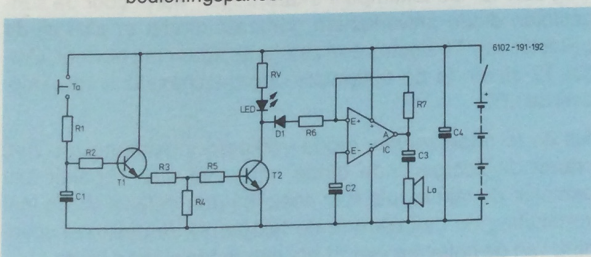
C1, R1 en R2 bepalen de vertragingstijden bij het in- en uitschakelen.

Van experts voor experts



191

- R1 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R2 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R5 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R6 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R7 = Weerstand 220.000 Ω (rood, rood, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 4,7 μ F
- C2 = Elektrolytische condensator 10 μ F
- C3 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- C4 = Elektrolytische condensator 220 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- IC = geïntegreerde schakeling
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



Meetpraktijk – Techniek in het electronica-laboratorium

Ieder electronica-laboratorium heeft een aantal meettoestellen nodig om schakelingen of elektronische onderdelen te kunnen testen. Bij de volgende experimenten worden enkele toestellen voorgesteld waarmee men zijn uitrusting kan completeren.

De voltmeter van het experiment 193 bezit 2 meetsectoren en wel 0-5 V en 0-10 V. Om te kunnen meten verbindt men bovendien de pluspool van de batterij met U_x , de minpool is immers al aangesloten. Met de potentiometer wordt bij ingedrukte drukschakelaar zó geregeld dat de LED net uitgaat. De waarde op de potentiometerschaal komt dan met de spanning in Volt overeen.

Als er spanningen lager dan 5 V gemeten moeten worden, wordt de toets niet gedrukt als de potentiometer er voor zorgt, dat de LED net uitgaat. De waarde op de schaal gedeeld door 2 komt dan met de gemeten spanning overeen.

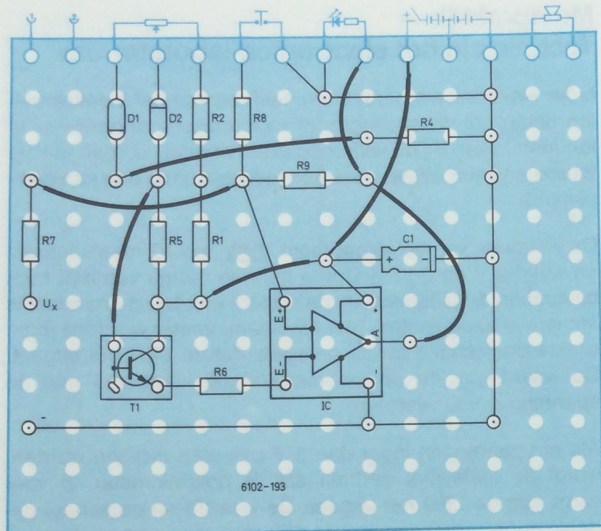
In de voltmeter wordt de te meten spanning met een referentiespanning vergeleken die met de potentiometer ingesteld wordt. Als vergelijker (comparator) is reeds de IC geschakeld. In de experimenten 177 tot 180 is dit reeds aangetoond.

De weerstanden R1, R2, R4, de diode D1 en de potentiometer R3 vormen een spanningsdeler die de bedrijfsspanning deelt. Bij het meten wordt de vergelijkende spanning bij R3 afgetakt en via D2 en de emittervolger T1 en R6 aan de comparator gegeven. De onbekende spanning ligt via R7 aan E+ van de IC.

Aan de uitgang van de comparator brandt de LED zo lang als de spanning aan E- lager is dan die aan E+. Op het ogenblik van het omschakelen hebben E- en E+ bijna dezelfde spanningen. De instelling van de potentiometer kan op die manier in Volt geijkt worden en de spanningen aan U_x aanwijzen.

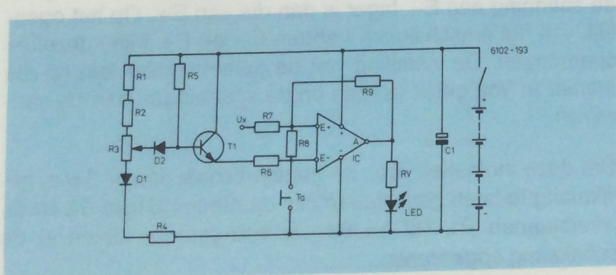
Om deze indicaties over de gehele schaal lineair d.w.z. gelijkmatig te laten geschieden zijn de dioden D1 en D2 en de weerstanden R1, R2 en R4 als corrigerende delen in de schakeling opgenomen.

Van experts voor experts



193

- R1 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R2 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R3 = Potentiometer op het schakelpaneel, 10 k Ω
- R4 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R5 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R6 = Weerstand 220 Ω (rood, rood, bruin)
- R7 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R8 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R9 = Weerstand 470.000 Ω (geel, paars, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 220 μ F
- T1 = Transistor, wit
- IC = Geïntegreerde schakeling
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel
- D1 = Diode
- D2 = Diode



Een automatische diodentester is het experiment **194**. Tussen de klemmen A en K wordt de te controleren diode gezet. Het kraken in de luidspreker is een teken dat de schakeling automatisch in blokkeer- en doorlaatrichting omschakelt. Dat betekent:

- Permanent licht – de diode is in orde
- Knipperlicht – de diode is defect
- Geen licht – de diode is er omgekeerd ingezet

Als de testdiode eruit gehaald wordt, komt dat met een onderbroken diode overeen, als er een draad voor ingeklemd wordt komt dat met een diode met kortsluiting overeen.

Een taktgever volgens experiment 134 schakelt de te controleren diode afwisselend in blokkeer- en doorlaatrichting. De transistor T1 keert daarbij de schakelbeweging om en T2 werkt als schakelaar voor de lichtgevende diode.

Een positieve spanning aan de uitgang van de IC schakelt via R3 de transistor T1 door en legt tegelijk via R5 een positieve spanning aan punt K. Bij de collector van de leidende T1 – en daarmee aan punt A – bevindt zich dan een lage spanning zodat die blokkeert. De positieve spanning bij punt K stuurt tegelijk via R6 de transistor T2 door. De LED brandt.

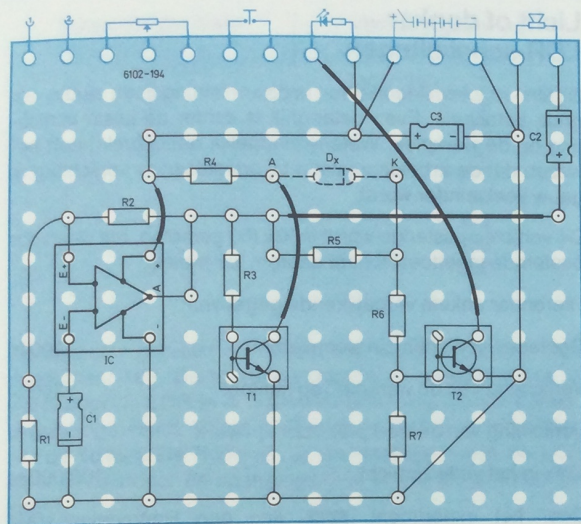
Als zich aan de uitgang van de IC in de taktpauze 0 V bevindt, is T1 geblokkeerd. Een hoge spanning aan zijn collector werkt via de te controleren diode die zich nu in doorlaatrichting bevindt via R6 op T2. De transistor blijft doorgeschakeld en de lichtgevende diode brandt ook nu. Een onberispelijke diode wordt dus door permanent licht aangetoond.

Als de controlediode onderbroken is, komt er in de taktpauze geen spanning bij T2 maar alleen bij de positieve impuls. De LED knippert.

Een kortgesloten diode brengt in de taktpauze via R6 spanning aan T2. De taktimpuls daarentegen wordt door de kortgesloten diode onwerkzaam gemaakt omdat er zich bij de collector van T1 slechts een zeer lage spanning bevindt. Omdat T2 alleen in de taktpauze doorgeschakeld wordt, knippert de LED.

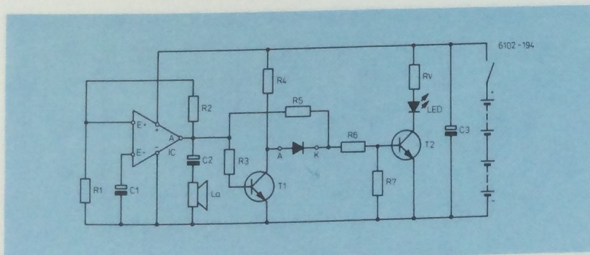
Als de te onderzoeken diode verkeerd ingeklemd zou zijn, brandt de lichtgevende diode helemaal niet. Hij sluit dan namelijk de taktimpuls kort zoals bij een defecte diode met kortsluiting en blokkeert in de taktpauze de positieve spanning van de collector van T1 als een defecte open diode.

Van experts voor experts



194

- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R3 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R4 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R5 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R6 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- R7 = Weerstand 470.000 Ω (geel, paars, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μF
- C2 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 220 μF
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- IC = Geïntegreerde schakeling
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel



De versterkingsfactor van transistors kan door middel van het experiment 195 bepaald worden. Tussen de klemmen B, C en E wordt de te controleren transistor gezet waarbij erop gelet moet worden, dat zijn basis aan de klem B, de collector aan C en de emitter aan E ligt.

Bij niet ingedrukte drukschakelaar brandt de LED en gaat pas uit nadat de potentiometerknop op nul staat. Als de drukschakelaar doorgedrukt wordt kan de potentiometer zó ingesteld worden dat de LED net uitgaat. Aan de stand van de potentiometer kan de collectorstroom en daardoor de versterkingsfactor afgelezen worden.

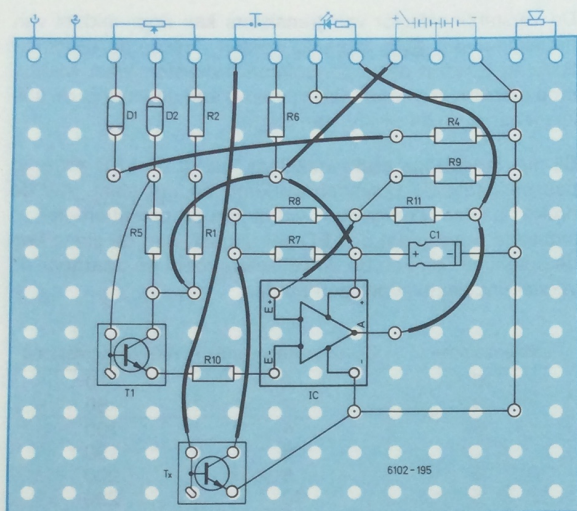
Potentiometer	Collectorstroom (mA)	Versterkingsfactor β
10	0	0
9	2	50
8	4	100
7	6	150
6	8	200
5	10	250
4	12	300
3	14	350
2	16	400
1	18	450
0	20	500 en groter

Aan de schakeling van het transistortestapparaat ligt de in experiment 193 beschreven voltmeter ten gronde. De spanning aan de collector van de te testen transistor dient als maat voor de stroomversterkingsfactor β .

De testtransistor vormt met R7 een spanningsdelers. Hoe hoger het geleidend vermogen van de transistor bij een bepaalde basisstroom is, hoe groter is de collectorstroom en daardoor ook de afval van de spanning bij R7. De overblijvende collectorspanning is overeenkomstig laag. De basisstroom is door R6 vastgelegd en bedraagt ca. 40 μA .

Deze vast ingestelde basisstroom bewerkstelt bij verschillende transistors verschillende collectorstromen. De bij de collector optredende spanning wordt met de bij de potentiometer ingestelde vergelijkende spanning vergeleken. De IC dient als comparator. Daarbij verloopt de schaal omgekeerd omdat een hoge collectorstroom een lage collectorspanning laat ontstaan en omgekeerd.

Van experts voor experts



Licht of donker – LDR-schakelingen

Bij film- of televisieopnamen is de verlichting in de studio van grote betekenis. Even belangrijk is echter de juiste verlichting op de werkplek. Wetenschappelijk onderzoek heeft bewezen dat de arbeidsprestatie bij onvoldoende verlichting al gauw veel minder wordt.

De verlichtingssterkte wordt in **lux** (lx) gemeten, het daarvoor bestemde meettoestel heet daarom lux-meter.

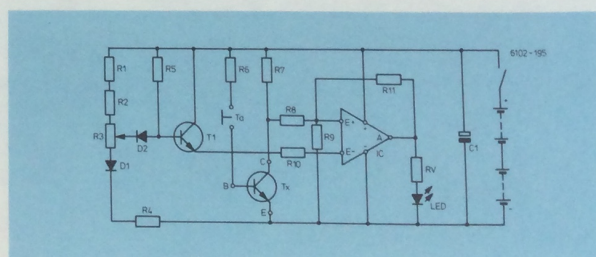
Hieronder enkele vergelijkende gegevens:

Doorsnee verlichting in woonkamers	200 lx
Verlichting van de werkplek op kantoor	300 lx
Verlichting van de werkplek voor fijn werk	900 lx
Vlak in het volle zonlicht	100.000 lx

Door het experiment **196** kan een lichtmeetapparaat (luxmeter) gebouwd worden als de LDR aan de buitenaansluitingen 1 en 2 als lichtmeetvoeler werkt. Na het inschakelen moet de potentiometer R2 zo ingesteld worden, dat de LED net brandt. Dan kan uit de volgende tabel de passende verlichtingssterktes in lux afgelezen worden.

195

- R1 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R2 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R3 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- R4 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R5 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R6 = Weerstand 220.000 Ω (rood, rood, geel)
- R7 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
- R8 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R9 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R10 = Weerstand 220.000 Ω (rood, rood, geel)
- R11 = Weerstand 470.000 Ω (geel, paars, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- Tx = Testtransistor (NPN-Transistor)
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

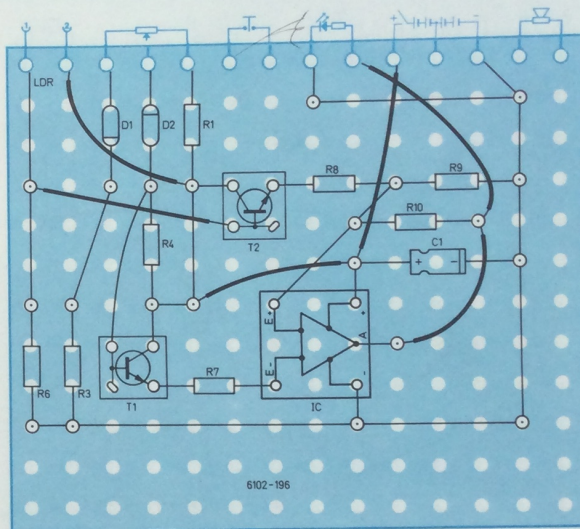
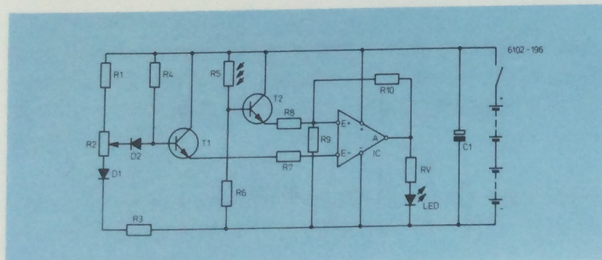


Van experts voor experts

Potentiometerstand	Verlichtingssterkte in lux
0	lager dan 5
1	8
2	15
3	30
4	45
5	60
6	120
7	300
8	1500

De luxmeter gebruikt de schakeling van de voltmeter van experiment 193. De te meten waarde – de lichtsterkte – wordt door de LDR in een omgekeerde proportionele weerstand omgevormd. R6 en LDR vormen een spanningsdeler. Als de lichtsterkte hoger is, is de weerstand van de LDR klein en daardoor de spanningsafval bij R6 groot en omgekeerd.

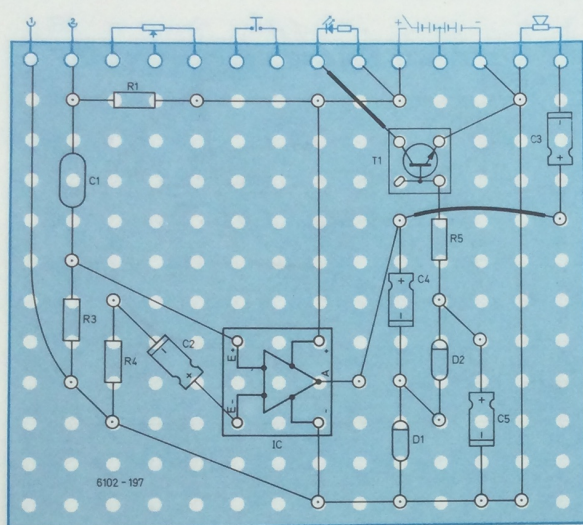
Deze spanningsafval wordt aan de emittervolger R2 gelegd. De spanning aan de basis van T2 die als buffertrap werkt, ligt boven die van R8 aan E+ van de vergelijker-IC. De door de potentiometer R2 ingestelde en door T1 opgewekte referentiespanning ligt aan E- (zie experiment 193).



196

- R1 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R2 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- R3 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R4 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R5 = LDR in de buitenaansluitingen 1 en 2
- R6 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R7 = Weerstand 220 Ω (rood, rood, bruin)
- R8 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R9 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R10 = Weerstand 470.000 Ω (geel, paars, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

Van experts voor experts



197

- R1 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R2 = LDR in de buitenaansluitingen 1 en 2
- R3 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- R4 = Weerstand 10 Ω (bruin, zwart, zwart)
- R5 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- C1 = Foliecondensator 0,22 μF
- C2 = Elektrolytische condensator 4,7 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 220 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C5 = Elektrolytische condensator 100 μF
- T1 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

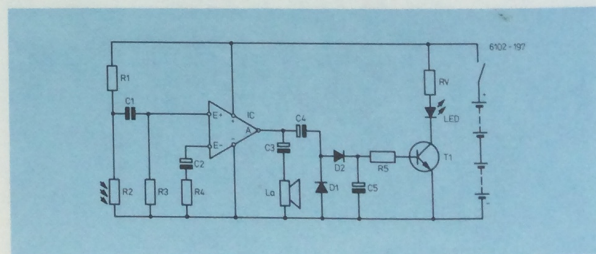
Een zeer speciaal meetapparaat voor licht is de wissellichtindicator in het experiment **197**. Hij is zo geschakeld, dat de LDR als meetvoeler uitsluitend op wissellicht aanspreekt. Dat betekent dat hij uitsluitend op lichtbronnen reageert die met wisselspanning worden gevoed, zoals gloeilampen of TL-buizen in de huishouding. Na het inschakelen van een wissellichtbron begint de luidspreker te brommen en de LED brandt.

Op zonlicht en licht van zaklantaarns reageert de schakeling niet – geen brommen, LED brandt niet – omdat dit licht geen aandelen van dynamisch licht bevat.

De schakeling van de indicator voor dynamisch licht gebruikt de IC als wisselspanningsversterker (vergelijk experiment 142) waarbij een spanningsverdubbelingsgelijkrichter (experiment 142) en een schakeltransistor voor het gebruik van de lichtgevende diode achtergeschakeld zijn. Licht dat in een lamp met wisselstroom wordt opgewekt, brandt niet gelijkmatig helder maar knippert snel. In een LDR bewerkt het het pendelen tussen 2 weerstandswaarden. Als nu de LDR in een spanningsdeler ligt, wordt er bij hem een wisselspanning opgewekt.

R1 en de LDR vormen samen een spanningsdeler. De wisselspanning wordt via C1 naar de versterker gebracht en toegevoerd zoals in experiment 186 is beschreven.

Door gelijkstroom opgewekt licht veroorzaakt geen weerstandsverandering van de LDR. Er ontstaat dan ook geen wisselspanning bij C1. Omdat de condensatoren gelijkstroom blokkeren springt de schakeling niet aan.



Van experts voor experts

Geluid en geruis – Elektronische geluidsofwekking

Door muziekinstrumenten kan door het tokkelen van een snaar of het aanslaan van een toets geluid opgewekt worden. Deze geluiden of geluidcombinaties vinden wij in het algemeen mooi. Er zijn echter ook vormen van geluid die wij niet zo aangenaam vinden. Daar hoort b.v. het ratelen van een wekker of het spulteren van een bromfiets bij. We spreken dan van geruis of zelfs van lawaai.

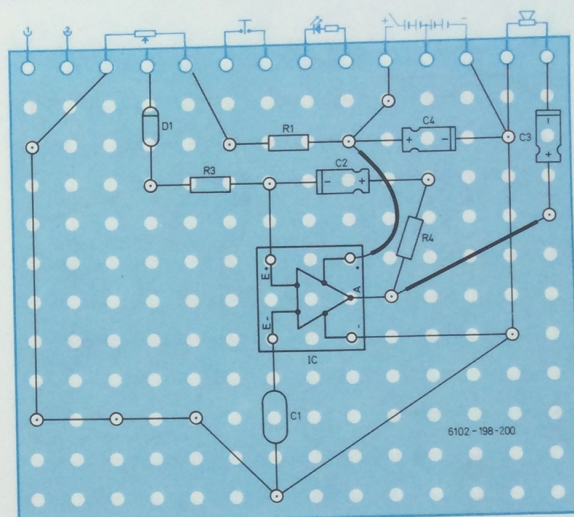
Om geluid op te wekken moeten bij de geluidsbron trillingen worden opgewekt waarbij de toonhoogte van het aantal trillingen afhangt. Mechanische geluidsbronnen kunnen heden door elektronische geluidsofwekkingsinstallaties vervangen worden. Elektronische schakelaars waarmee men geluid kan opwekken noemt men in het algemeen geluidsgenerators. Ze worden b.v. in elektronische orgels of synthesizers gebruikt.

Door het experiment **198** kan een toongenerator gebouwd worden, waardoor geluiden van verschillende toonhoogte kunnen worden opgewekt. Na het inschakelen geeft de luidspreker met onderbrekingen een gelijkmatig wekerend aantal geluiden af. Met de potentiometer R2 kunnen toonhoogte en volgorde van het geluid gemeenschappelijk worden veranderd.

In het experiment **199** wordt de toonhoogte veranderd omdat voor C een condensator met de waarde $0,1 \mu\text{F}$ ingezet wordt. Als tegelijkertijd $C2 = 2,22 \mu\text{F}$ vervangen worden, wordt ook de frequentie van de onderbrekingen gewijzigd.

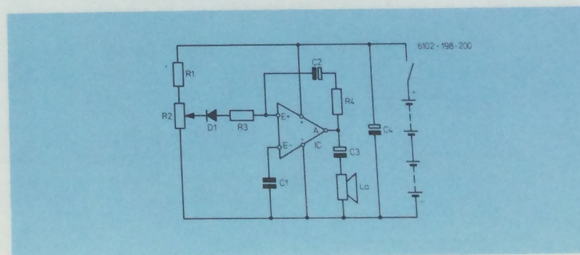
Door het experiment **200** is nog een verandering van de volgorde van het geluid mogelijk. Voor de condensator C1 moet de waarde $0,22 \mu\text{F}$ en voor C2 een waarde van $4,7 \mu\text{F}$ gekozen worden.

Ook bij de experimenten 199 en 200 kan men met de potentiometer R2 bovendien toonhoogte en onderbrekingsfrequentie variëren.

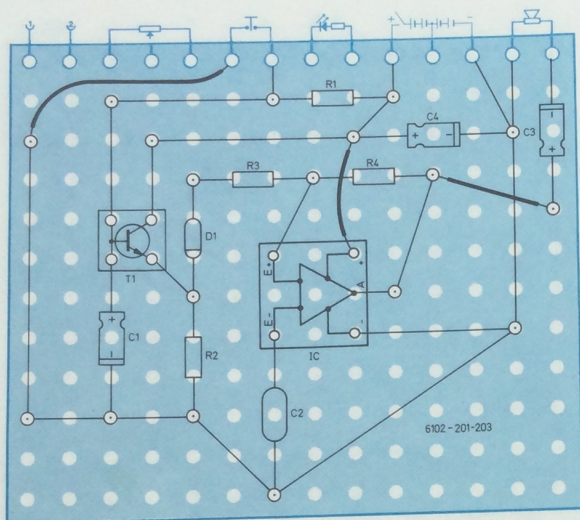


198-200

- | | | | |
|------|--|---------------------------------------|----------------|
| R1 = | Weerstand | 22.000Ω (bruin, zwart, rood) | |
| R2 = | Potentiometer in de buitenaansluitingen, | $10 \text{ k} \Omega$ | |
| R3 = | Weerstand | 4.700Ω (geel, paars, rood) | |
| R4 = | Weerstand | 100.000Ω (bruin, zwart, geel) | |
| C1 = | Foliecondensator | $0,047 \mu\text{F}$ | Toonhoogte |
| | Foliecondensator | $0,1 \mu\text{F}$ | |
| | Foliecondensator | $0,22 \mu\text{F}$ | |
| C2 = | Foliecondensator | $0,1 \mu\text{F}$ | Geruisvolgorde |
| | Foliecondensator | $0,22 \mu\text{F}$ | |
| | Elektrolytische condensator | $4,7 \mu\text{F}$ | |
| C3 = | Elektrolytische condensator | $10 \mu\text{F}$ | |
| C4 = | Elektrolytische condensator | $220 \mu\text{F}$ | |
| T1 = | Transistor, wit | | |
| D1 = | Diode | | |
| IC = | Geïntegreerde schakeling | | |
| La = | Luidspreker op het bedieningspaneel | | |

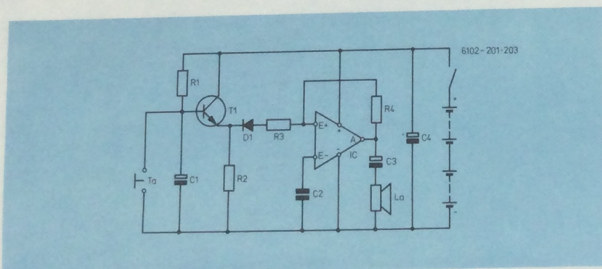


Van experts voor experts



201

- R1 = Weerstand 470.000 Ω (geel, paars, geel)
- R2 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R4 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C2 = Foliecondensator 0,047 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 4,7 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 220 μF
- T1 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel



De multivibrator die in experiment 134 beschreven is vormt de basis van deze schakeling. Erbij gevoegd zijn R1 en C2 die bij een bepaalde spanning aan E+ maken dat langzaam tussen uit en in gependeld wordt. De spanning die het laden en ontladen bij de condensator C2 laat ontstaat, wordt met de potentiometer R2 ingesteld en via D1 en R3 aan E+ gelegd. De diode blokkeert het kippen van de spanningsdeler zodat de trillingen ongestoord plaats kunnen vinden.

Een verbinding met de interne weerstand in de IC bepaalt C1 de toonhoogte en C2 de frequentie van het ritmische uit- en inschakelen.

In het experiment **201** wordt nog een geluidsofwekker, een zogenaamde hiltongenerator voorgesteld.

Bij het bedienen van de drukschakelaar geeft de luidspreker eerst een hoge hilttoon af. Als de drukschakelaar losgelaten wordt, neemt de toonhoogte voortdurend af, tot het opwekken van het geluid volledig gestopt is.

De duur van de hilttoon kan gewijzigd worden als in het experiment **202** vóór de condensator C1 een condensator met een waarde van 100 μF gezet wordt.

De duur van de hilttoon kan in het experiment **203** nog eens verlengd worden als voor de condensator C1 = 220 μF en voor C4 = 100 μF ingezet wordt.

In de hiltongenerator is een geluidsgenerator (vergelijk experiment 141) en de condensator met een buffertrap gecombineerd geschakeld.

Bij het inschakelen wordt de condensator C1 via R1 opgeladen. Als nu de drukschakelaar even ingedrukt wordt, wordt C1 ontladen. T1 blokkeert en aan R2 ligt geen spanning. De geluidsgenerator begint met een hoge toon te trillen.

Bij geopende drukschakelaar wordt C1 weer opgeladen. De daarbij ontstaande laadspanning stuurt T1 langzaam door en veroorzaakt een naar boven glijdende spanning bij R2. De toongenerator trilt steeds langzamer tot hij uiteindelijk stilstaat.

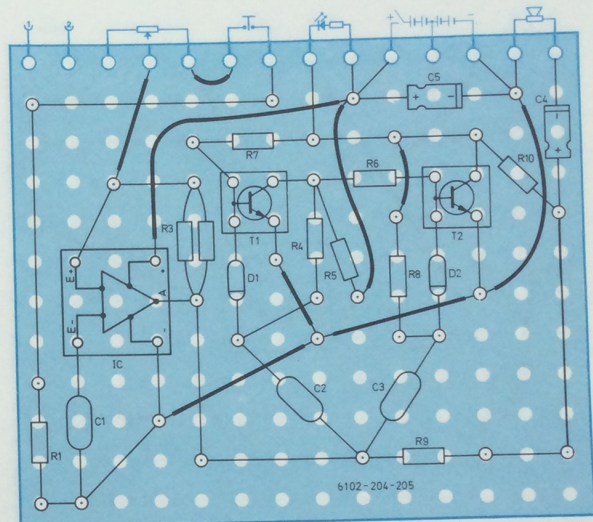
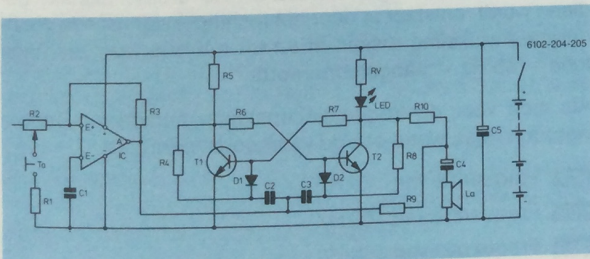
Van experts voor experts

Een geluidsgenerator zoals hij in elektrische muziekinstrumenten b.v. orgels gebruikt wordt, kan met het experiment **204** gebouwd worden. Als de drukschakelaar ingedrukt wordt, wekt de geluidsgenerator tegelijk een hoge en een lage frequentie in een afstand van een octaaf op. De toonhoogte kan door middel van de potentiometer R2 veranderd worden.

Als in experiment **205** de weerstand R9 verwijderd wordt, hoort men uitsluitend de lage toon. Alléén de hoge toon wordt afgegeven als de weerstand R10 uit de schakeling gehaald en R9 er weer ingezet wordt.

2 schakeldelen stellen de octaafgenerator samen: een geluidsgenerator (vergelijk experiment 141) brengt geluidwisselspanning behalve naar de luidspreker ook naar een bistabiele multivibrator of flip-flop voor frequentiedeling. In de luidspreker wordt een dubbele toon gehoord waarbij de lage toon het halve aantal trillingen van de hoge toon heeft.

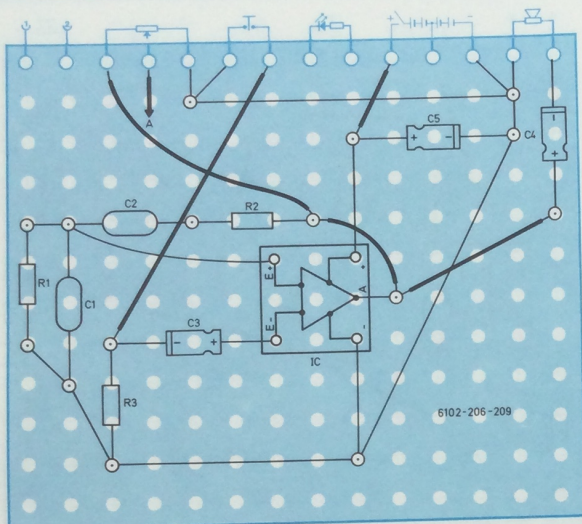
Als R9 verwijderd wordt is de leiding van de uitgang van de geluidsgenerator naar de luidspreker onderbroken. Men hoort dan uitsluitend de lage toon. Als echter R10 uit de schakeling gehaald wordt kan er geen signaal van de frequentiedeler naar de luidspreker gaan en men hoort alleen de hoge toon.



204

- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- R3 = Weerstand 220.000 Ω (rood, rood, geel)
- R4 = Weerstand 470.000 Ω (geel, paars, geel) parallel
- R5 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R6 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R7 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R8 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R9 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- R10 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
- R10 = Weerstand 220 Ω (rood, rood, bruin)
- C1 = Foliecondensator 0,22 μ F
- C2 = Foliecondensator 0,047 μ F
- C3 = Foliecondensator 0,1 μ F
- C4 = Elektrolytische condensator 4,7 μ F
- C5 = Elektrolytische condensator 220 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel
- LED + RV = Lichtgevende diode met voorschakelweerstand op het bedieningspaneel

Van experts voor experts



206

- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- R3 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R4 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- C1 = Foliecondensator 0,22 μF
- C2 = Foliecondensator 0,1 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 100 μF
- C5 = Elektrolytische condensator 220 μF
- IC = Geïntegreerde schakeling
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel

207

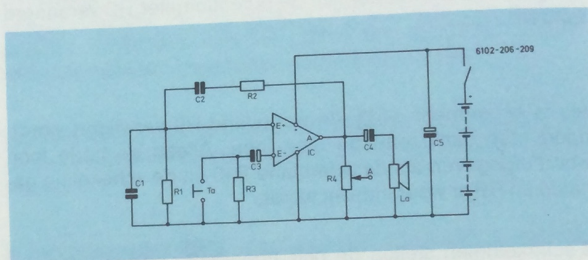
- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- C1 = Foliecondensator 0,22 μF
- C2 = Foliecondensator 0,1 μF

208

- R1 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- C1 = Foliecondensator 0,22 μF
- C2 = Foliecondensator 0,1 μF

209

- R1 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- C1 = Foliecondensator 0,1 μF
- C2 = Foliecondensator 0,047 μF



Met rechthoeken meten – Rechthoekgenerator

Om bronnen van fouten of foute onderdelen op te kunnen sporen moet de televisietechnicus de weg van de verschillende signalen of het verloop van hun krommen controleren. Daarbij maakt hij gebruik van sinus- en rechthoekvormige signalen (vergelijk experiment 175).

De rechthoeksignalen kunnen besturingen doen ontstaan, gegevens overdragen of voor het doormeten van elektronische schakelingen worden gebruikt. Een sinus-rechthoekgenerator is dus een belangrijk hulpmiddel als men overdrachtswegen in een installatie onderzoekt.

Door het experiment **206** kan men een sinus-rechthoekgenerator bouwen die met een frequentie van 25 Hz werkt.

Als de installatie ingeschakeld en de drukschakelaar bediend wordt, ontstaat er door het rechthoeksignaal een voortdurende wisseling tussen **in** en **uit** wat door een zeer lage toon – 35 Hz – aangetoond wordt.

Als men voor de frequentiebepalende onderdelen andere waarden kiest, wordt ook de toonhoogte gewijzigd.

207 Frequentie van 70 Hz

208 Frequentie van 160 Hz

209 Frequentie van 340 Hz

Van experts voor experts

De functie van de sinus-rechthoekgenerator is in het experiment 175 uitvoerig afgebeeld. Door het vervangen van de de frequentie bepalende delen ($R1/C1$ en $R2/C2$) kan men frequenties met verschillende hoogtes verkrijgen. Om de signaalspanning voor het gewenste doel in de juiste grootte ter beschikking te hebben, bevindt zich aan de uitgang van de IC de potentiometer $R4$. Hier wordt het signaal afgetakt.

Muggenverdrijver – Elektronische bestrijding

Behalve talrijke andere lastige insecten kunnen muggen vooral een plaag worden doordat ze ons niet alleen door hun zoemen ergeren maar met hun steken ook onaangename prikkelingen van de huid veroorzaken. Heel wat lekkere zomeravonden in de vrije natuur zijn daardoor onaangenaam verlopen.

Om de muggen te verdrijven helpen in begrensde omvang middelen om in te wrijven waarbij de insecten door de reuk verdreven worden.

Intussen heeft men echter vastgesteld dat muggen een ononderbroken toon met zeer hoge frequentie niet verdragen en niet in de omgeving van een dergelijke geluidsofwekker verblijven.

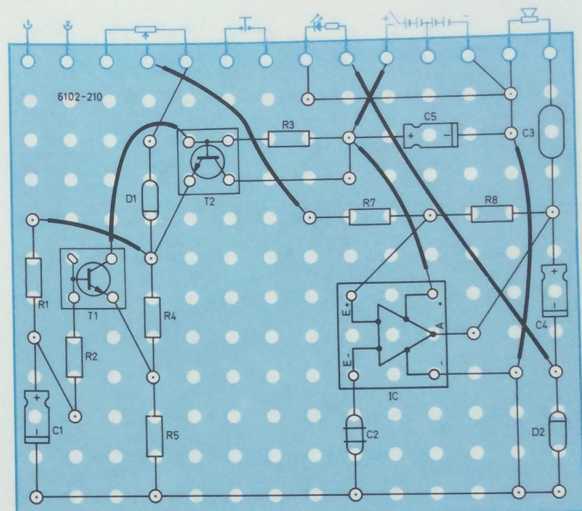
De elektrische geluidsgenerator die in experiment 210 beschreven wordt, wekt dit ononderbroken geluid op dat door het menselijk oor nauwelijks nog waargenomen kan worden. Hij kan daarom goed als "muggenverdrijver" gebruikt worden. De LED wijst aan of de generator werkt.

De muggenverdrijver bevat een onstabiele multivibrator als taktgever die in het experiment 159 beschreven is en een geluidsgenerator volgens experiment 141.

De taktgever schakelt de geluidsgenerator in een langzaam ritme uit en in. Om ervoor te zorgen dat alleen de lage spanning in de taktperiode op de ingang $E+$ en de IC werkt is de diode $D1$ er tussen gezet.

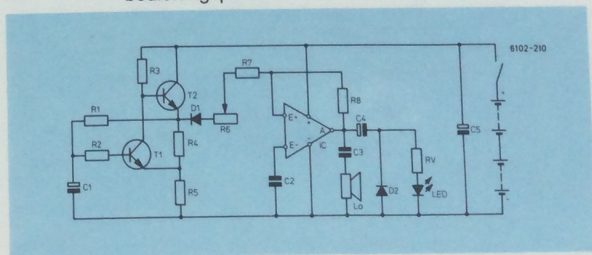
$C2$ is zo gekozen dat de geluidsgenerator een geluid boven de hoorbaarheid in het ultrasoonegebied opwekt. Bovendien wordt de geluidstrilling via $C4$ van de uitgang gehaald, door $D2$ gelijkgericht en door de LED aangetoond.

Die brandt alleen als de luidspreker geluid afgeeft.

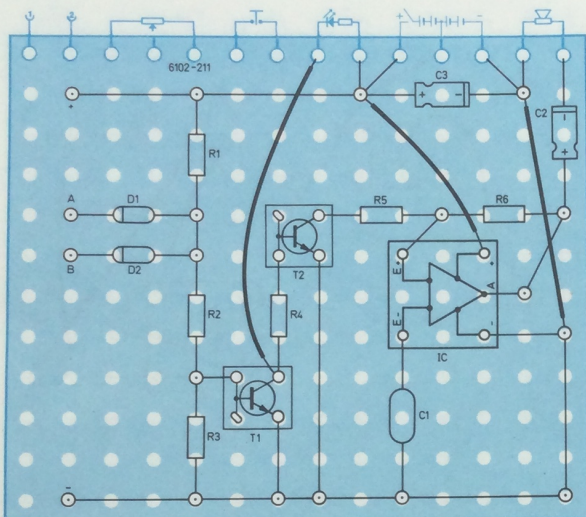


210

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R3 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R4 = Weerstand 470 Ω (geel, paars, bruin)
- R5 = Weerstand 220 Ω (rood, rood, oranje)
- R6 = Potentiometer op het bedieningspaneel, 10 k Ω
- R7 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R8 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 220 μF
- C2 = Keramische condensator 10.000 pF (bruin, zwart, oranje)
- C3 = Foliecondensator 0,22 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 4,7 μF $D1 =$ Diode
- C5 = Elektrolytische condensator 100 μF $D2 =$ Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling T1 = Transistor, wit
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel T2 = Transistor, wit
- LED + RV = lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel

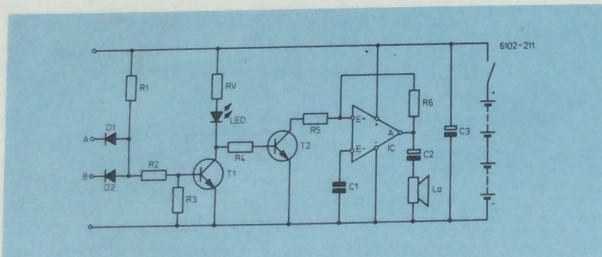


Van experts voor experts



211

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R3 = Weerstand 220.000 Ω (rood, rood, geel)
- R4 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- R5 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R6 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- C1 = Foliecondensator 0,22 μ F
- C2 = Elektrolytische condensator 10 μ F
- C3 = Elektrolytische condensator 220 μ F
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- IC = Geïntegreerde schakeling
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel
- LED + RV = Lichtgevende diode met voorschakelweerstand in bedieningspaneel
- D1 = Diode
- D2 = Diode



Elektronische politie-agent – Bewakingsschakeling

Binnen het kader van de steeds verder voortschrijdende rationalisering nemen machines in steeds grotere mate functies over, die tot dusver door mensen werden uitgeoefend. "Mechanische arbeiders" – ook robots genoemd – voeren in productielijnen werkzaamheden uit zonder dat er een mens voor de bediening nodig is. Bovendien wordt steeds vaker ook de besturing en de controle van deze productielijnen door elektronische schakelingen overgenomen.

De bewakingsschakeling in het experiment 211 biedt de mogelijkheid van een elektronische controle. Als controle-ingangen dienen de klemmen A en B waaraan de verschillende voelers aangesloten kunnen worden.

Als aan de beide controle-ingangen niets aangesloten is of zij met de plusklem verbonden zijn en de LED brandt wordt daardoor aangetoond dat de installatie gereed is om te werken.

Als er nu een van de beide klemmen A of B met de klem min verbonden wordt – dat komt met een fout in de te controleren installatie overeen – gaat de LED uit en de luidspreker geeft een alarmsignaal.

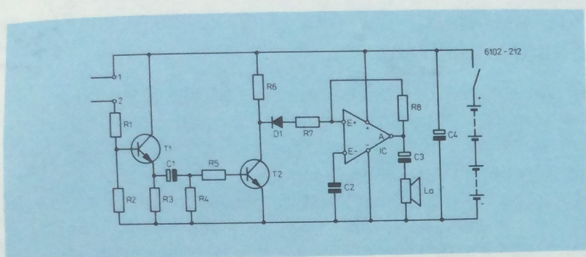
De controleschakeling bestaat uit 2 constructiegroepen: Een OR-schakeling in diode-transistor-logica waarmee in experiment 147 gewerkt is en een geluidsgenerator volgens experiment 141.

Als de beide ingangen A en B een batterijspanning (1-sigitaal) hebben, is T1 doorgeschakeld en de LED brandt. T2 is geblokkeerd en bij zijn uitgang bevindt zich spanning. De geluidsgenerator werkt niet.

Als de beide ingangen open zijn, wordt T1 doorgeschakeld omdat hij via R1 en R2 voldoende basisspanning krijgt. De schakeling gedraagt zich zo alsof A en B aan de plusklem waren gelegd.

Als een van de beide ingangen A of B of beide met de min-pool van de batterij verbonden zijn (0-sigitaal) blokkeert T1. De LED blijft donker. Aan de collector van T2 ligt dan geen spanning en de toongenerator trilt.

Van experts voor experts



Aardappellevens – Toonvolgordegenerator

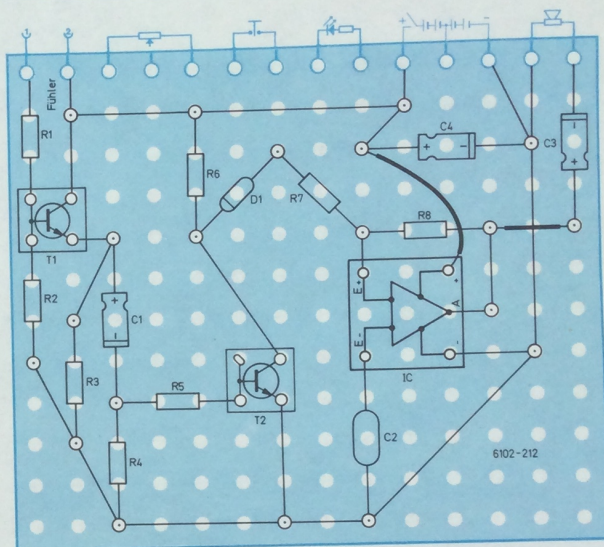
Het zal u zeker verbazen door het experiment **212** een schakeling te leren kennen waarmee men aan een aardappel of een andere waterachtige vrucht geluid kan ontlokken. Als na de constructie ingeschakeld wordt, blijft de luidspreker eerst stom.

Bevestig dan telkens 1 draad aan de klemmen 1 en 2 en steek deze draden in een aardappel. Nu geeft de luidspreker na het inschakelen een geluid, dat wat toonhoogte betreft verandert tot het plotseling afbreekt.

De schakeling bestaat uit een combinatie van een differentiatietrap, een transistorschakelaar en een geluidsgenerator. Het elektronische differentiatieelement is in experiment 96 onderzocht en de geluidsgenerator kennen we uit experiment 141. Als de voeler door een elektrische weerstand overbrugd wordt, zoals door sappig vruchtvlees, krijgt T1 basis-spanning en geleidt.

Aan R3 valt dan een spanning af die de condensator oplaadt. Dan wordt ook T2 voor korte tijd geleidend omdat zijn basis verhoogd wordt.

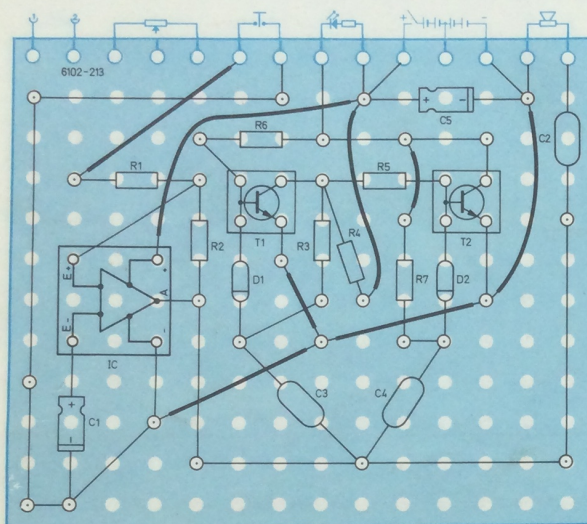
Aan de collector is bij de doorgeschakelde transistor T2 de spanning zo laag, dat de geluidsgenerator begint te trillen. C1 wordt via R3/R4 ontladen. Door T2 stroomt steeds minder stroom en bij de collector stijgt de spanning. Hij verandert de toonhoogte en stopt tenslotte de geluidsgenerator.



212

- R1 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R2 = Weerstand 220.000 Ω (rood, rood, geel)
- R3 = Weerstand 2.200 Ω (rood, rood, rood)
- R4 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R5 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R6 = Weerstand 4.700 Ω (geel, paars, rood)
- R7 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R8 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- C1 = Elektrolytische condensator 100 μF
- C2 = Foliecondensator 0,1 μF
- C3 = Elektrolytische condensator 10 μF
- C4 = Elektrolytische condensator 220 μF
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel

Van experten voor experts



213

- R1 = Weerstand 22.000 Ω (rood, rood, oranje)
- R2 = Weerstand 220.000 Ω (rood, rood, geel)
- R3 = Weerstand 100.000 Ω (bruin, zwart, geel)
- R4 = Weerstand 1.000 Ω (bruin, zwart, rood)
- R5 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R6 = Weerstand 10.000 Ω (bruin, zwart, oranje)
- R7 = Weerstand 47.000 Ω (geel, paars, oranje)
- C1 = Elektrolytische condensator 4,7 μF
- C2 = Foliecondensator 0,22 μF
- C3 = Foliecondensator 0,047 μF
- C4 = Foliecondensator 0,1 μF
- C5 = Elektrolytische condensator 100 μF
- T1 = Transistor, wit
- T2 = Transistor, wit
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- IC = Geïntegreerde schakeling
- Ta = Toets op het bedieningspaneel
- La = Luidspreker op het bedieningspaneel
- LED + RV = Lichtgevende diode met voorschakelweerstand bedieningspaneel

Kruis of munt – Elektronisch lot –

Er zijn talrijke gelegenheden waarbij men een beslissing door het lot laat nemen. Dat geldt vooral als voor beide partijen dezelfde uitgangspositie bestaat en er ook overigens geen redenen zijn die voor de een of andere kant spreken. 2 schakers b.v. laten vaak het lot beslissen wie met de witte of zwarte stukken mag spelen. En voor een voetbalspel wordt de toss geworpen.

Op welke manier men de beslissing van het lot verkrijgt is verschillend. Men kan b.v. een muntstuk omhooggooien waarbij het boven liggende symbool – kruis of munt – wint.

In de eeuw van de elektronische rekenmachines en computers is er ook een elektronische loting mogelijk.

Als de schakeling volgens experiment 213 gebouwd is en op de drukschakelaar wordt gedrukt begint de luidspreker te brommen en de LED brandt. Als de drukschakelaar losgelaten wordt ontstaat er een niet van te voren te berekenen eindtoestand: De LED brandt of brandt niet. Er moet van te voren bepaald worden welke toestand als "gewonnen" moet gelden indien de schakeling als elektronisch lot moet werken.

Door middel van de drukschakelaar laat men een multivibrator volgens experiment 134 trillen. Dit wordt door brommen uit de luidspreker aangetoond. Erna geschakeld is de flip-flop als frequentiedeler, zoals in experiment 162 beschreven is. De LED knippert half zo snel als de geluidstrillingen optreden.

Als de drukschakelaar losgelaten wordt trilt de IC niet meer. Naar gelang van de schakeltoestand van de collector van T2 brandt de LED of hij is donker. Van te voren kan niet berekend worden welke toestand op zal treden.

