

fischer[®]technik

Elektronika praktikum




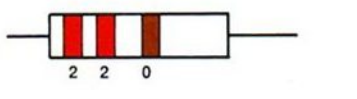
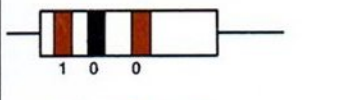
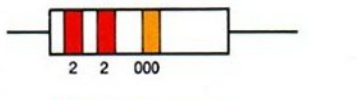
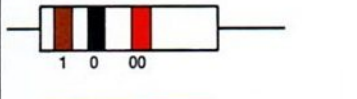
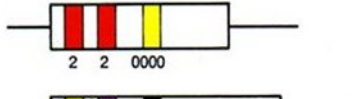
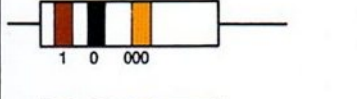

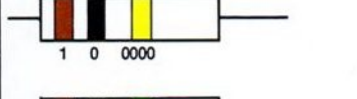
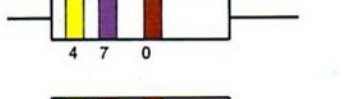
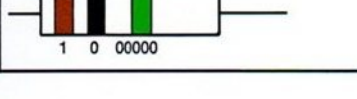
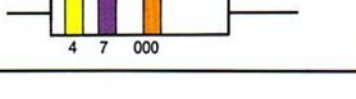


Art. Nr. 6 39629 4

Een spel met transistors
en andere elektronische onderdelen voor de
fischertechnikus.

Weerstand in dit elektronika praktikum

De 4e ring is niet aangegeven

Kleurkode	Weerstandswaarde	Kleurkode	Weerstandswaarde
	10 Ω		22 Ω
	100 Ω		220 Ω
	100 Ω		22 000 Ω = 22 kΩ
	1000 Ω = 1 kΩ		220 000 Ω = 220 kΩ
	10 000 Ω = 10 kΩ		47 Ω
	100 000 Ω = 100 kΩ		470 Ω
	1 000 000 Ω = 1000 kΩ = 1 MΩ		47 000 Ω = 47 kΩ

0 = zw (zwart)

1 = br (bruin)

2 = rd (rood)

3 = or (oranje)

4 = ge (geel)

5 = gr (groen)

6 = bl (blauw)

7 = vi (violet)

8 = gr (grijs)

9 = wt (wit)

± 10% = zi (zilver)

± 5% = go (goud)

± 2% = rd (rood)

De kleuren van de ringen vormen een code voor de weerstandswaarden in Ohms. De ringen hebben het voordeel dat ze van alle kanten – ook na veelvuldig gebruik – gemakkelijk te lezen zijn. De code leer je in de praktijk bijzonder snel.

Je leest de code van links naar rechts, altijd vanaf de ring die het dichtst aan de buitenkant ligt. De eerste en de tweede ring vormen samen een getal van twee cijfers. De derde ring geeft het aantal nullen aan dat achter het getal komt. Anders gezegd: een macht van 10. Een zwarte ring betekent 0 nullen, dus geen enkele nul achter het getal.

Deze drie ringen geven een richtwaarde aan. Het is een waarde die de fabrikant niet voor 100% kan garanderen. Kleine afwijkingen (de toleranties) zijn toegestaan.

De vierde ring geeft de grootte van de tolerantie aan. Bij voorbeeld: een weerstand met de ringen br-zw-rd-go heeft een grootte van 1000 Ω ± 5%. De waarde moet dus tussen de 950 en 1050 Ω liggen.

Elektronika praktikum

Een spel met transistors
en andere elektronische onderdelen voor de
fischertechnikus.

Voor de bouw van de modellen zijn nodig:

Basisdoos 200

Doos mot. 1: motor en transmissie

Vanaf pag. 65:

Motor en transmissiedoos	mot. 2
Statikadoos	200 S
Minidrukknoppen	em 9
Drukknoppen	em 5
Schakelschijven	06
Relais bouwsteen RB II	em 10
Fotoweerstand	servicebox
Netvoedingsschakelaar	em 11

In de oudere basisdozen ontbreken de bouwstenen 5 en de verbindingstukken 15. Deze zijn verkrijgbaar in de aanvullingsdozen 017 en 019.
De batterijhouder in de doos mot. 1 is ook los te koop onder mot. 5.

Voeding:

4 babycellen
en een trafo mot. 4

Ten geleide

Je zult je vast en zeker wel eens verbaasd hebben over de trucs van een goochelaar en geprobeerd om achter de kneepjes van het vak te komen, maar de goochelaars laten niets los. De kunststukjes van de elektronikus zijn niet minder verbazingwekkend – denk maar eens aan de radio, de televisie, het licht- en het Hammondorgel, de ruimtevaart, enz. De trucjes van de elektronikus hebben ook nog het voordeel dat je er in de praktijk iets mee kunt doen.

Deze nieuwe doos – met vele experimenten – is een ware elektronische goocheldoos. Wat je allemaal kunt doen met de 12 nieuwe kontaktstenen in combinatie met je andere fischertechnikkozen, zul je zo dadelijk wel merken. En zoals de technikus zegt: »Zelf doen is de beste leermeester.«

Daarmee heben we dan tevens de naam »Elektronika praktikum« verklaard. Het is een praktische inleiding tot de elektronika voor de fischertechnikus. Voor iemand zoals jij, die gewend is aan de combinatie theorie en praktijk.

Hoe je met diodes, transistoren en andere onderdelen goed funktionerende schakelingen moet bouwen, waar je ook iets mee kunt doen, dat vind je in dit boek. In tegenstelling tot goochelaars zijn elektronici graag bereid hun geheimen te verklappen.

Het beste kun je vooraan beginnen, met de pagina's zonder kleurrand. Houd daarbij nauwkeurig de volgorde aan van de vele interessante proeven. Dan boek je het meeste resultaat met de experimenten en kan er niets verkeerd gaan. Waar nodig geven z.g. »steek«-schema's aan hoe je de kontaktstenen en componenten het best op het schakelpaneel kunt plaatsen. Het aantal steekschema's is echter beperkt, daar ze maar al te gauw leiden tot het gedachteloos opzetten van de onderdelen, zonder de schakeling ook te begrijpen. Het wordt dan een soort puzzle-spelletje. En dat is de bedoeling niet. Je kunt er nu van verzekerd zijn –

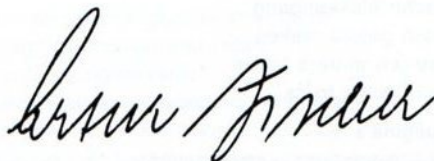
je ouders willen dat graag horen – dat je in korte tijd elektronische schakelschema's kunt lezen en begrijpen. Dat geldt ook voor de schakelingen aan het eind van de bladzijden zonder kleurrand, waar je zelf je hersens kunt breken over flikkerlichtschakelingen en toon-generators.

Nogmaals, begin bij het begin. Alleen dan kun je alle volgende schakelprincipes begrijpen. En daar gaat het je toch om, of niet soms? Daarna werk je de bladzijden met de gele kleurrand door, waarvan je de experimenten en schakelingen alleen kunt begrijpen als je genoeg kennis en ervaring hebt opgedaan met het eerste deel.

Bijzonder interessant is het elektronisch sturen en regelen van een motor. Om je niet tegelijk met konstruktieproblemen te vermoeien, zijn eerst alle schakelingen apart behandeld. Gemakkelijk te bouwen modellen laten de toepassing zien. Wanneer je daar zin in hebt en beschikt over de nodige fischertechniek onderdelen, dan kun je de modellen natuurlijk uitbreiden en zelf de nodige variaties op de schakelingen bedenken.

Tot slot komen de blauw gemerkte pagina's – zogezegd een elektronisch toetje. Het is vooral interessant als je al drukknoppen, relais of een fotowerstand hebt of kunt aanschaffen.

En nu, veel plezier met je Elektronika Praktikum en fischertechniek. Veel sukses!



Inhoud

Hoofdstuk	Onderwerpen	
fischertechnik onderdelen voor elektrische en elektronische schakelingen		6
Goede verbindingen en kontakten		7
Batterijhouder, lampjes, leidingen		8
Elektrische stroombronnen	Bronspanning. Eenheid. Serieschakeling van cellen	9
Symbolen en schema		11
Eerst is er spanning – dan komt de stroom	Verband tussen spanning en stroom	11
De 6 V-bron levert tevens 3,0 en 4,5 V	Spanning aftakken	12
Geven meer lampen ook meer licht?	Serie- en parallelschakeling, spanningsdeler	13
Optisch bedrog	De lichtcirkel	14
De truc met de voorschakelweerstand	Toepassing van de spanningsdeler	15
We bouwen twee verschillende drukknoppen	Maakkontakt en verbreekkontakt	16
Weerstand is een eigenschap	Weerstandswaarde en eenheid	17
De polariteit is belangrijk	Motor met voorschakelweerstand die wordt overbrugd	18
Een elektrische tweetrapsschakeling	Polariteit en draairichting, poolomkeer	18
Een blik op de luidspreker	Bewijs voor een zuivere gelijkspanning	19
Tussen klik en klak	Bewijs voor een pulserende gelijkspanning	19
De derde bron	Bewijs voor een wisselspanning	20
De diode	Symbool en proefschakeling	21
Testschakeling voor polariteit		22
Als een draaideur in een warenhuis	Ventielfunctie en toepassing	22
Twee motoren, één trafo.	Diode als gelijkrichter	23
De lichtdiode	Proefschakeling – stroomverbruik	24
Overloopindicator	Toepassing van een LED	25
De transistor		26
Hallo – de tank is vol	Toepassing als versterker	26
Beveiliging tegen foute polariteit	Emitterpijl en stroomrichting – veiligheidsdiode	27
Eén transistor, twee stroomkringen	Basis- en collectorkring. Transistoreffekt	27
Indicator met signaal	2 gescheiden transistortrappen	28
Zien en horen	Luidspreker, resp. motor in belastingskring	29
Een supertransistor	Darlingtonschakeling	29
Let op, de tank is leeg	Signaalomkeer door 2e transistortrap	30
Het onderzoek van de grote K	Laden en ontladen via een lampje	31
Een bewaarplaats voor elektrische stroom	Kapaciteit en eenheid	31
Met een wissel gaat het beter		32
Het afvlakken van een pulserende gelijkstroom	W-uitgang als bron voor de voedingsspanning	33
Een zorg minder!	Elko beveiligt luidspreker	33
We slaan de ingang van de transistortrap over	Basis aan emitterpotentialaal	34
Ze flippen om de beurt	Flipflop door terugkoppeling. Vasthouden van een signaal	34
Wat is een pulsgenerator?	Koppeling van capaciteit en terugkoppeling	36
Flikkerlichten voor vele doeleinden	Optische toepassingen	37
De motor neemt stapjes	Pulsgenerator voor transportband	37
Elektronische slakkengang	Principe van sturen met pulsen	38
Elektronisch geluid maken	Toongenerator	38
Fluit-, piep- en andere tonen	Toongenerator met schijfkondensators	39
Nog meer nieuwe trucs	Frekwentie wijzigen met water	40
De gele pagina's		
Spanning – weerstand – stroomsterkte	Kort overzicht. Eenheid van stroomsterkte	42
De hulpvaardige formule van Ohm		42
De stroomsterkte in een serie- en in een parallelschakeling		43

Hoofdstuk	Onderwerpen	
De dikke en de dunne	Elektrisch vermogen. Eenheid Verbruik van enkele fischertechniek apparaten	43
Een veelheid van weerstandswaarden	Serie- en parallelkombinaties. Stroomverbruik van lampjes en LED	44
Een elektrische viersprong	Serie- en parallelschakeling van voorschakelweerstand	45
De poolomkeerschakelaar	Principe. Snelstop van de motor	46
De zelfklimmende motor	Poolafhankelijke overbrugging van de voorschakelweerstand met de diode	47
Eénmaal »heen en weer«	Periode en frekwentie. Eenheid	48
Het stroomloze gat	Eénfase-gelijkriching	48
Een condensator vult het gat	Afvlakking afhankelijk van de belasting	49
De netbrom	100 Hz en 50 Hz netbrom	50
Stuurstroom en stuurweerstand	Het verboden gebied voor de stuurweerstand	50
Voorzichtig – de transistor wordt heet	Te hoog verbruik in het kritische gebied. Spelregels voor motorschakelingen	51
De transistor versterkt	Stroomversterkingsfaktor voor transistor en Darlington	52
Een eigen bron voor de stuurkring	Nogmaals de stuur- en de belastingskring	52
Een spanningsdeler als bron	Verkrijgen van lagere stuurspanningen	53
Sperspanning en kritisch gebied	Sperspanning als eigenschap van het materiaal. Kritisch gebied en belasting	53
Hallo – de tank is lek!	Signaalomkeer door sensor als onderste weerstand in spanningsdeler	54
Een condensator heeft tijd nodig	Laad- en ontlaadtijd van een RC-schakeling. Serie- en parallelschakeling van C	55
De condensator als stuurbron	Doorlopen van het kritische gebied	56
Het soepel uitlopen van de motor	Benutten van het kritische gebied	57
Rustige start met vertraging	Besturing van een karoussel	57
De stuurspanning	Spanningsdeler voor de basis. RC-spanningsdeler	59
Een druk – een ruk	Signaalomkeer	60
Een trappenhuisautomaat	Tweetraps vertragingsschakeling	61
De grote kracht van een kleine weerstand	Triggerschakeling met gemeenschappelijke emitterweerstand, een monoflop	61
Start op bevel – stopt uit zichzelf	RC-sturing van de triggerschakeling	63
Stopt op bevel – start vanzelf		64
De blauwe pagina's		
Toerentalbeveiliging van een mixer	Natriggen van monoflop	66
De besturing van een reuzerad	Halfautomatische elektronisch-elektromechanische motorbesturing	68
Het lampje ergens anders	Collectorschakeling in Darlington	71
Langzaam starten en stoppen	RC voor sturen van Darlington-collector schakeling	72
Overloopindicator met relais	Relais als versterker	73
Korte flitsen – lange pauzes	Relais als versterker met Darlington en terugkoppeling	73
Een elektronisch oog	Fotoweerstand in de spanningsdeler voor basis	74
Schakelen met licht	1-traps schakeling licht/donker met relais	74
Ohmsi, het wonderdier	Met licht gestuurde toongenerator	75
Met muziek gaat het beter	Met licht gestuurd relais en netvoedingsschakelaar	76
Een universele schakelklok	Monoflop en transmissie voor tijd-wegschakeling	76
Licht uit, als door tovenaarij	Tweetrapschakeling met V-sensor en vasthouden signaal via diode en terugkoppeling	78
Testschakelingen en stuklijst		79

fischertechnik onderdelen voor elektrische en elektronische schakelingen

Deze nieuwe doos bevat naast elektrische en elektronische componenten, ook de nodige onderdelen voor de opbouw van proeven en schakelingen.

Het schakelpaneel

Ook het deksel van de doos heeft een praktische functie bij het opbouwen van onze experimenten. Als rechtgeaarde fischertechnicus heb je natuurlijk al begrepen dat het als schakelpaneel dient, waarop je alle onderdelen en componenten overzichtelijk kunt vastzetten.

De kontaktsteen

Twee kabeltjes met stekkers zijn voldoende om een fischertechnik motor van stroom te voorzien. Voor de opbouw van proeven en schakelingen met elektronische componenten heb je aparte verbindingselementen nodig; fischertechnik heeft daarvoor een speciale kontaktsteen ontwikkeld. Deze doos bevat 10 stuks van wat we voortaan kortweg de K-stenen noemen.

- Elke K-steen (fig. 1) bestaat uit een omhulsel of huis, kontaktveren en een deksel. De cirkel geeft aan dat de vier gaten elektrisch met elkaar zijn verbonden. Zoek de onderdelen voor de 10 K-stenen op en voeg ze samen zoals in fig. 2 is aangegeven.

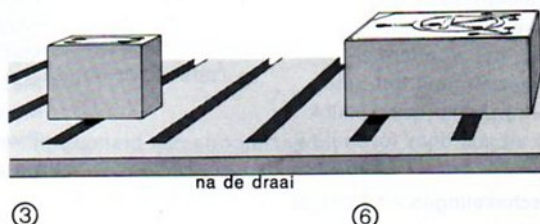
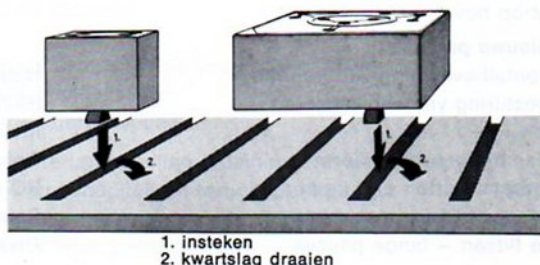
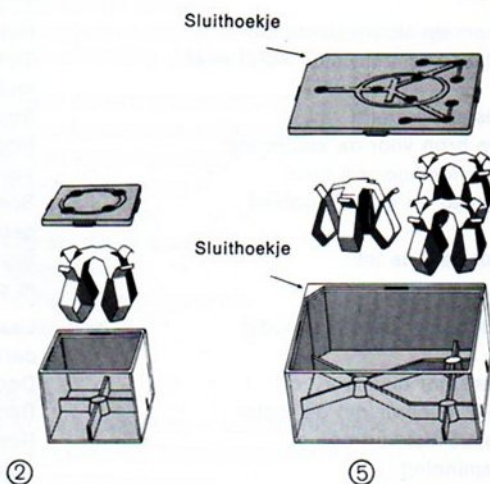
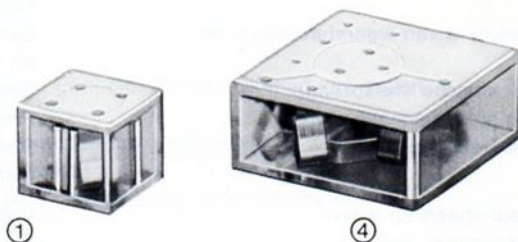
- De kontaktveer past met zijn 4 klemmen precies op de vierzijdige nok op de bodem, de geleidestripjes naar de zijkanten verhinderen dat de kontaktveer kan draaien in het huis.

- Daarna druk je het deksel, met de cirkel naar boven, op het huis. Dat moet met een klik gaan, dan weet je zeker dat het deksel goed vast zit.

- Stel dat je een K-steen uit een schakeling wilt halen of verplaatsen. Dat kan heel gemakkelijk. De nok aan de onderkant is daartoe rechthoekig, zie pag. 3. Probeer zelf hoe je een K-steen van bovenaf in de groef moet plaatsen en dan een kwartslag draaien om hem vast te zetten. Handig, nietwaar?

- Als je toch bezig bent kun je meteen de beide grote transistor bouwstenen van fig. 4 in elkaar zetten. Dat doe je op dezelfde wijze als voor de K-steen.

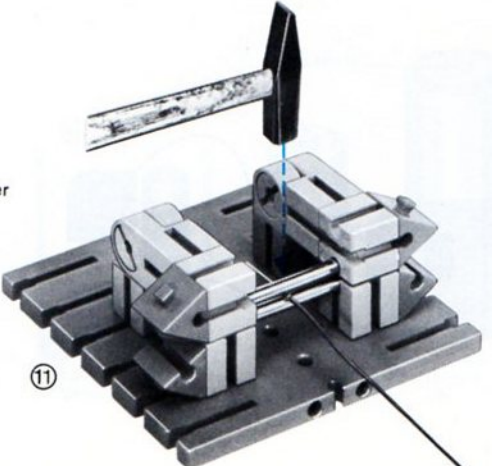
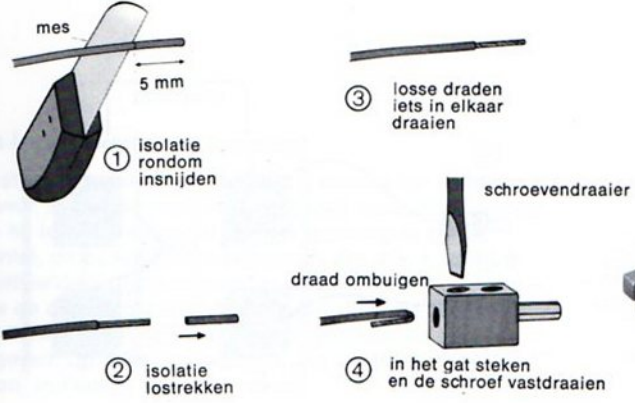
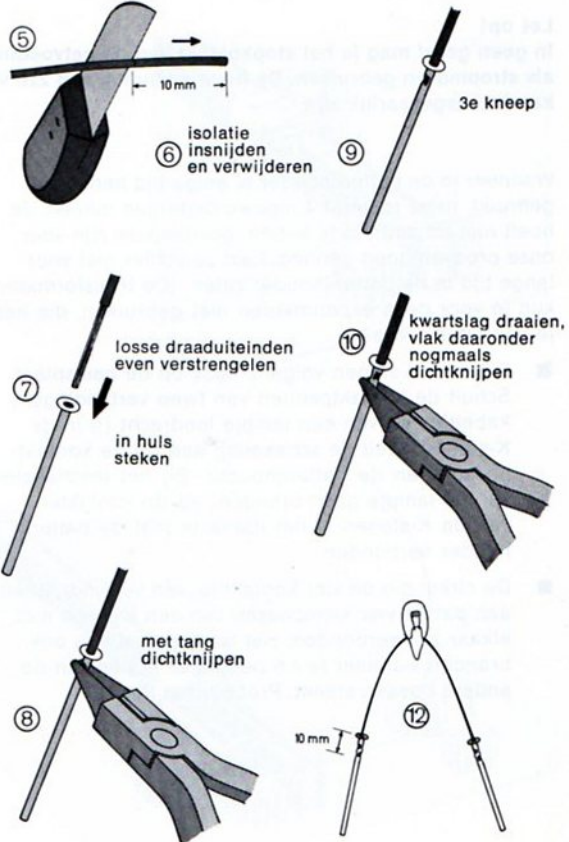
- Zorg dat bij het plaatsen van het deksel de gaatjes boven de juiste kontaktveren komen. De betekenis van het symbool op het deksel wordt later verklaard.



Goede verbindingen en contacten

...zijn bijzonder belangrijk, zowel voor elektrische elementen b.v. lampjes, als voor elektronische componenten, b.v. diodes en transistors. Normaal gebruik je het blanke draad van de rol uit de doos. Slap en dun draad voorzie je aan de uiteinden van kontaktpennen. Dat gaat zo:

- Allereerst heb je 4 verbindingsdraden nodig voor de verbindingen tussen een schakeling en de batterijhouder (of trafo), resp. de motor. Van een 1-aderige draad snijd je 4 ongeveer 50 cm lange stukken af. Aan alle uiteinden verwijder je ongeveer 5 mm isolatie. Met een beetje gevoel kun je dat in plaats van met een mesje zoals in fig. 1 aangegeven, ook met de snijbek van een tangetje doen. Je moet de tang dan iets openhouden, dus niet helemaal dichtknippen.
- Het ene eind van elke kabel wordt, zie fig. 4, van een rode of een groene fischertechnik stekker voorzien.
- De andere uiteinden moet je versterken met een kontaktpen. Eerst de losse draadjes aan het uiteinde even met elkaar verstrengelen en daarna in de huls steken, zie fig. 7. Daarna de huls met een rondtangetje, zie fig. 8, dichtknippen. (Wie met alle geweld de nijptang wil gebruiken, moet dat wel heel voorzichtig doen). Daarna de huls een kwartslag draaien en vlak onder de eerste kneep, nogmaals dichtknippen.
- In fig. 11 zie je een klein »knip«-instrumentje dat je gemakkelijk zelf kunt bouwen. De huls schuif je tussen de twee fischertechnik assen, steek het uiteinde van de draad er in en met een hamer geef je een tik op de bovenste as. Huls een kwartslag draaien en iets opschuiven voor de tweede kneep.
- Voorzie nu ook de uiteinden van de luidsprekerdraden van kontaktpennen.



Batterijhouder – lampjes – leidingen

We gaan nu een lampje laten branden door het aan te sluiten op de batterijhouder. Natuurlijk weet je allang dat zonder stroombron een lamp niet brandt en een motor niet loopt. Je moet ze altijd op een batterijhouder, een transformator of een andere geschikte stroombron aansluiten. De transformator van een elektrische spoortrein is echter **niet** geschikt voor onze experimenten.

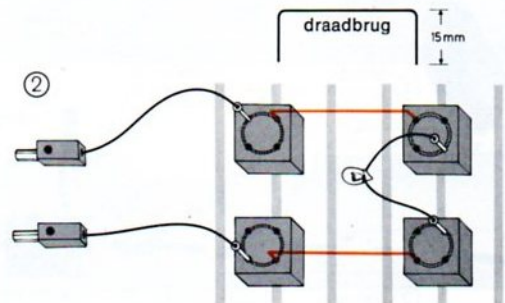
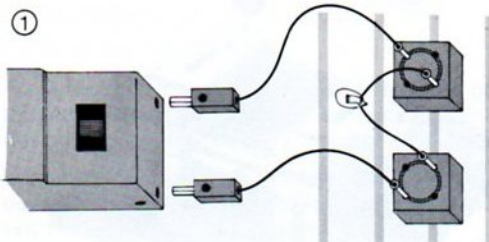
Let op!

In geen geval mag je het stopcontact van de voeding als stroombron gebruiken. De hoge spanning van 220 V kan levensgevaarlijk zijn.

Wanneer je de batterijhouder al enige tijd hebt gebruikt, moet je eerst 4 nieuwe batterijen nemen. Je hoeft niet de duurste te kopen, goedkopere zijn voor onze proeven goed genoeg. Laat ze echter niet voor lange tijd in de batterijhouder zitten. (De transformator kun je voor deze experimenten niet gebruiken, die heb je pas later nodig.)

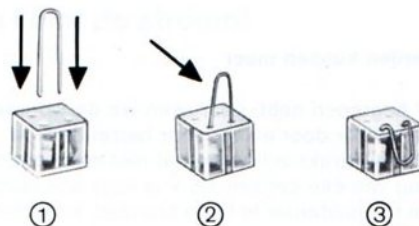
- Plaats 2 K-stenen volgens fig. 1 op de basisplaat. Schuif de kontaktpennen van twee verbindingskabeltjes en van een lampje loodrecht (!) in de K-stenen. Sluit de schakeling aan op de contactbussen van de batterijhouder. Bij het inschakelen zal het lampje gaan branden, via de contacten van de K-stenen is het namelijk met de batterijhouder verbonden.
- De cirkel die de vier contactbussen verbindt, geeft aan dat de vier klembussen van een K-steen met elkaar zijn verbonden. Het lampje gaat dus ook branden wanneer je z'n pennen in één van de andere bussen steekt. Probeer het maar.

- Fig. 2 laat zien hoe je 2 K-stenen met »draadbruggen« kunt verbinden. De omgebogen einden van de bruggen moeten steeds minstens 15 mm lang zijn zodat je ze loodrecht in de bussen kunt steken. Alleen dan weet je zeker dat ze goed contact maken. De draadbruggen zijn zogezegd verlengstukken van de beide kabels.
- Beweeg de kabelverbindingen heen en weer; tik met je vinger een paar keer tegen de kontaktpennen! Flikkert het lampje? Zo ja, dan is er ergens een slecht contact dat je moet verhelpen. Wanneer een stekker te ruim in een bus zit, dan moet je de stift met een mes iets uitbuigen. Ga ook na door aan de draaduiteinden en de pennen van het lampje te trekken, of je de kontaktpennen nog iets meer moet dichtknijpen. Deze foutcontrole moet je altijd uitvoeren wanneer een schakeling niet helemaal goed functioneert.



Elektrische stroombronnen

en de belangrijkste punten waarop het aankomt!



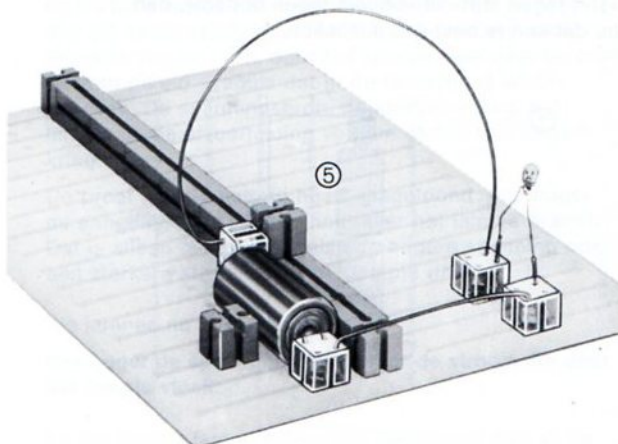
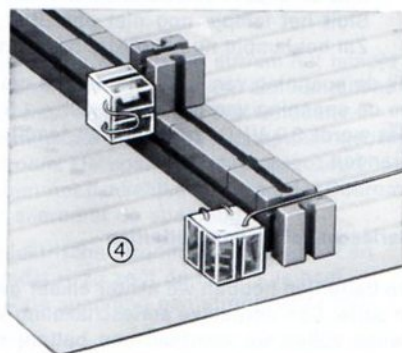
Om na te gaan waarop het bij een stroombron aankomt, zullen we een aantal eenvoudige proeven uitvoeren – en wel met de babycellen uit de fischertechnik batterijhouder.

Het lampje en de babycel

Om de babycel klem te zetten bouw je eerst een houder van fischertechnik bouwstenen. In fig. 1–5 zie je één van de mogelijkheden. Uiteraard kun je zelf een andere oplossing kiezen. De hoofdzaak is dat de contactstift en de bodem van de batterij goed contact maken met de uit ca 5 cm lange draden gebogen contactbeugels die je in de stenen plaatst.

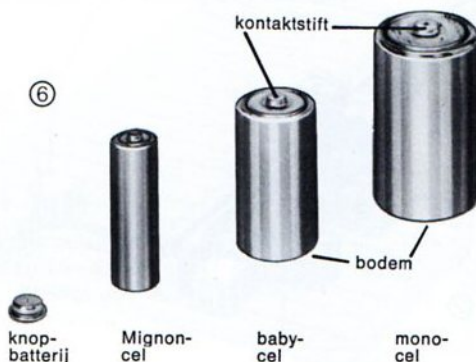
Met 2 kabels leg je de verbindingen tussen het lampje en de batterij, zoals in fig. 5 is aangegeven. Een mager resultaat: het lampje brandt slechts zwak, veel zwakker dan toen je het aansloot op de batterijhouder: »Kunst«, zul je zeggen, »in de batterijhouder zitten 3 babycellen, die zijn met elkaar groter.«

Maar, als het alleen een kwestie van grootte is, dan moet het lampje ook steeds meer of minder fel branden wanneer je het aansluit op de verschillende batterijen van fig. 6. Dat is echter geenszins het geval. Mocht je die batterijen toevallig bij de hand hebben, dan kun je dat gemakkelijk nagaan.



Het is een kwestie van spanning!

Maatgevend voor de helderheid waarmee het lampje brandt, is niet de vorm van de batterij maar de spanning die hij levert. De hoogte van die spanning is op de mantel, de buitenkant, aangegeven. Op alle 4, in fig. 6 afgebeelde batterijen staat de opdruk »1,5 V«. V is de afkorting voor de eenheid »Volt«, dat is de eenheid waarin een spanning wordt gemeten en aangegeven. Op dezelfde wijze als een lengte, b.v. van een toren, in meters wordt uitgedrukt.



Twee batterijen kunnen meer

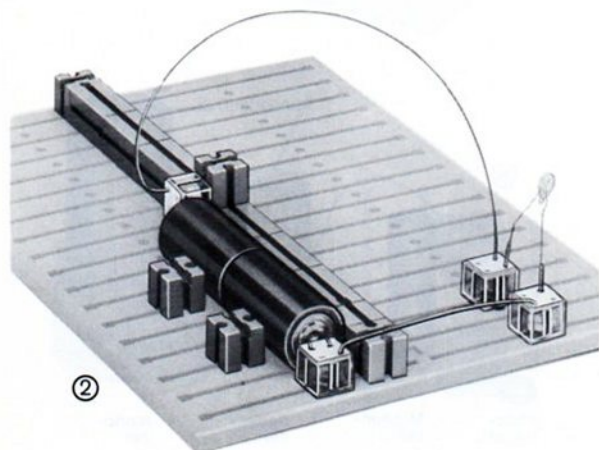
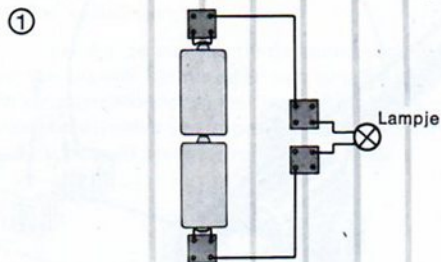
Zoals je al begrepen hebt, gebruiken we de woorden »batterij« en »cel« door elkaar voor hetzelfde type spanningsbron. Straks zullen we dat niet meer doen. De spanning van één cel van 1,5 V is voor ons lampje te laag. Om het helderder te laten branden, koppelen we 2 babycellen volgens fig. 1.

- Let er op dat de contactstift van de ene batterij met de bodem van de andere contact moet maken. Sluit het lampje nog niet aan. Wat denk je? Zal het lampje nu helderder branden?

Bij de spanning van 1,5 V die de ene cel levert, wordt nu de spanning van de tweede cel – 1,5 V – opgeteld. Dat wordt 3,0 V! Daarom zal het lampje nu feller branden.

Serieschakeling van batterijen

De batterijen hebben we achter elkaar gelegd, ze liggen in serie. Een dergelijke serieschakeling van 2 of meer cellen zullen we voortaan een batterij noemen. Deze werkt alleen als we steeds de contactstift van de ene cel tegen de bodem van de volgende leggen. Zet je »stift tegen stift« of »bodem tegen bodem«, dan ... nu dat kun je best zelf uitzoeken.



Batterijen van 4,5 V en 6,0 V

Hoe je een spanningsbron van 4,5 V kunt opbouwen zal je na de voorgaande experimenten wel duidelijk zijn.

- Bouw de batterijhouder daartoe zo om dat je er ... cellen (vul het juiste aantal in) in kunt opnemen. Deze opstelling komt precies overeen met de serieschakeling in de fischertechnik batterijhouder.
- Sluit nu een lampje op deze 4,5 V batterij aan. Het zal nu weer feller branden dan toen het was aangesloten op een spanning van 3,0 V.
- Tot slot voeg je nog een vierde cel aan je batterij toe. De bronspanning moet dan een hoogte van ... V hebben.

Let goed op de helderheid van het lampje bij 6 V. Dit is namelijk de juiste spanning voor het lampje uit je Elektronika Praktikumdoos.

»Te fel« verkort de levensduur

- Sluit nu ter vergelijking het lampje aan op de bussen aan de korte zijde van je ft-trafo en draai die helemaal open. Het lampje brandt nu nog feller dan bij de vorige proef. Daaruit kun je conkluderen dat de geheel opengedraaide trafo een ... spanning dan 6 V levert (vul in: hogere of kleinere).
- Ga na hoe fel het lampje brandt als je het op de bussen aan de lange zijde van de trafo aansluit. Ook nu zul je zien dat de spanning hoger moet zijn dan 6 V.

Het lampje kan een spanning van meer dan 6 V op den duur niet verdragen. Draai de trafo daarom maar tot ongeveer 3/4 open wanneer je een schakeling met lampjes daarop aansluit.

Een belangrijke konklusie

Met de proeven heb je vastgesteld: de helderheid waarmee een lampje brandt, hangt af van de hoogte die de aangelegde spanning heeft.







Onze konklusie luidt: »Hoe hoger de spanning, hoe feller het lampje brandt.«

Symbolen en schema

Het zou natuurlijk veel te veel tijd en ruimte kosten als we voor elk experiment een complete handleiding met foto's of natuurgetrouwe tekeningen van alle onderdelen zouden maken. De technici over de gehele wereld hebben daarom een afspraak gemaakt: ze gebruiken voor elk onderdeel een bepaalde schematische tekening, een schakelsymbool. Precies als bij verkeersborden snapt iedereen onmiddellijk wat er wordt bedoeld.

Ook in dit boek (en volgende) zullen we voortaan die symbolen gebruiken.

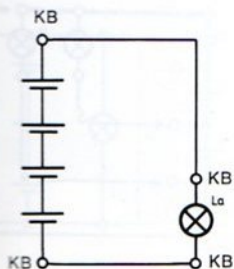
Symbolen voor de tot nu toe besproken onderdelen

 cel	 leiding	 kontakt- bouwsteen
 lampje	 aftakking	 motor

De lange dwarsstreep geeft de pluspool (de kontaktstift) van de cel aan.

Het schema

Op het schema zie je hoe je de onderdelen (weergegeven met schakelsymbolen) met behulp van de K-stenen met elkaar moet verbinden. De onderstaande tekening bij voorbeeld geeft het schema voor de aansluiting van een lampje op een 6 V batterij. De meeste schema's in dit boek zijn zo getekend dat ze tevens de ruimtelijke opbouw van de onderdelen op het schakelpaneel (de basisplaat) weergeven. Welke groeven je gebruikt en de afstand tussen de K-stenen laten we graag aan je over, een beetje fischertechnicus heeft op dat gebied echt geen handleiding nodig.



schema

Eerst is er spanning — dan komt de stroom!

Natuurlijk weet je dat de elektrische stroom het lampje laat branden of een motor doet draaien. Dat kan alleen de stroom! Maar waar komt de stroom vandaan? Zonder stroombron, exact gezegd zonder spanningsbron, vloeit er geen stroom. De spanning staat zogezegd nummer één, is een noodzakelijke voorwaarde. Daarom behandelden we allereerst de spanning.

Thans komt de elektrische stroom aan de beurt. Een lampje brandt omdat — zo zegt de technicus heel aanschouwelijk — de spanning een stroom door het lampje drijft.

Eigenlijk heeft de vakman iets vergeten te zeggen: het lampje moet met daartoe geëigende verbindingen op de bron worden aangesloten. Anders heb je ook aan de beste spanningsbron niets. De stroom moet namelijk van de bron, door het lampje weer naar de bron worden geleid — zoals dat in de tekening is weergegeven. De spanningsbron, de toevoerleiding, het lampje en de afvoerleiding vormen samen een stroomkring.

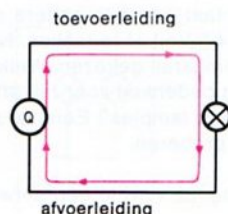
De proef met de batterij heeft aangetoond: hoe hoger de aangelegde spanning, hoe feller het lampje brandt. Dat is alleen te verklaren als een hogere spanning ook een sterkere stroom door het lampje drijft.

We kunnen nu dus vaststellen:

hoe hoger de spanning, hoe sterker de stroom die door het lampje vloeit.

En het lampje laat ons door zijn helderheid zien of de sterkte van de stroom groot of klein is. We zullen van deze simpele aanwijzing nog vaak gebruik maken.

De rode pijlen geven de weg aan die de stroom volgt door de stroomkring



De 6-Volts bron levert tevens 3 en 4,5 Volt

Stel dat je voor een model 2 lampjes en 1 motor nodig hebt; de lampjes moeten met verschillende helderheid en niet al te fel branden, de motor daarentegen moet snel draaien. Hiervoor heb je geen 2 of 3 batterijen nodig met elk een andere spanning — onze zelfgebouwde 6 V bron levert al die verschillende spanningen.

Fig. 1 toont hoe je daartoe de lampjes en de motor op de bron moet aansluiten. Het lampje A is op de cellen 1+2, het lampje B op de cellen 1+2+3 en de motor op de cellen 1+2+3+4 aangesloten. Je takt, zoals dat heet, de spanningen voor de lampjes A en B van de bron af. Een mogelijkheid laat fig. 2 zien. Fig. 3 toont de aansluiting van lampje B.

- Let bij het maken van aftakkingen er op dat de draden stevig tussen de cellen worden geklemd. Goede contacten vormen het halve werk.
- Wanneer je de schakeling precies volgens fig. 1 probeert op te bouwen, kom je in moeilijkheden. Want 5 draden passen niet in 4 gaten. (Vermijd steeds 2 draden in 1 gat steken, dat leidt tot slechte contacten.) Gebruik in dergelijke gevallen 2 K-stenen.
- Misschien ben je er zelf al op gekomen, anders zie je in het schema van fig. 4 hoe je de 2 onderste leidingen kunt uitsparen met wat we een spanningsrail zullen noemen.
- Ga zelf na of de schakeling ook echt functioneert.

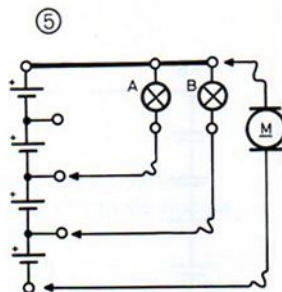
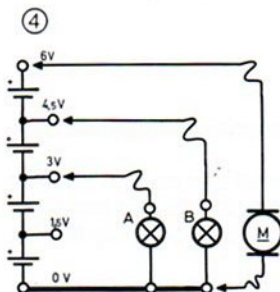
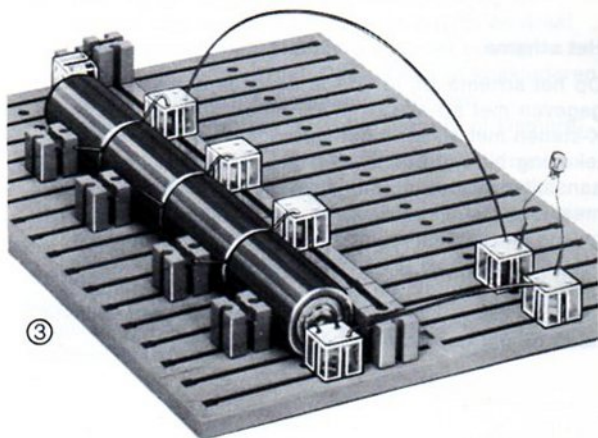
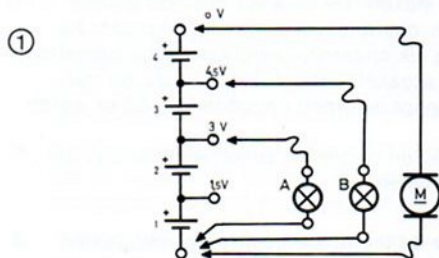
Met behulp van de »spanningsaftakkingen« beschikken we over een spanningsbron in trappen van 1,5 V. Op dezelfde wijze, maar dan veel fijner — in kleinere stapjes — werkt de trafo wanneer je met de instelknop een bepaalde spanning instelt.

Vraag: welke spanning komt er op een lampje te staan als je de beide aansluitingen daarvan met de spanningsrail verbindt? Je zult het met ons eens zijn, dat in dat geval de spanning niet 6; 4,5; 3; 1,5 maar 0 Volt zal zijn.

Daarom noemen we deze spanningsrail ook wel de nul-leiding en in het schema wordt er een 0 bij gezet. Iets om voor later te onthouden.

Fig. 5 laat nog een andere mogelijkheid zien om 3, resp. 4,5 Volt af te takken. Nu is de bovenste leiding als spanningsrail gekozen. Welke andere oplossingen kun je nog bedenken voor het aftakken van 3 en 4,5 V voor de beide lampjes? Eerst over nadenken en dan pas gaan proberen.

Op pag. 32 vind je een antwoord.



Geven meer lampen ook meer licht?

»Domme vraag« zul je zeggen, »natuurlijk, het wordt toch lichter in de kamer als je meer lampen aansteekt!« Dat klopt inderdaad. Maar voor de lampjes in de volgende proef is het niet het geval. Laten we maar eens kijken.

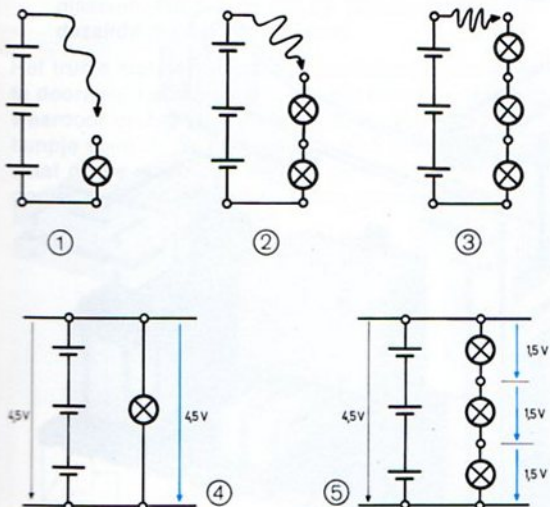
- Sluit volgens fig. 1–3 eerst 1, dan 2 en tenslotte 3 lampjes op je batterij aan. Duidelijk zie je nu het omgekeerde gebeuren, hoe meer lampen je aansluit, hoe donkerder het wordt; hoe zwakker de lampjes gaan branden.

De oorzaak van dit merkwaardige effect hebben we in fig. 4 en 5 getekend. De schema's 1 en 3 hebben we nu op een iets andere wijze en vereenvoudigd weer-gegeven. Het gaat daarbij niet om de plaats van de K-stenen, maar om de blauwe en zwarte pijlen naast de schema's. De lengte van deze spanningspijlen, zoals ze heten, komt in deze tekeningen overeen met de hoogte van de betreffende spanning. Als er 1 lampje op de bron is aangesloten, dan krijgt dat de volle spanning van 4,5 V. De spanningspijl van de bron (zwart) en die van het lampje (blauw) zijn dan even lang (fig. 4).

In fig. 5 daarentegen is een **serieschakeling** van 3 lampjes op de bronspanning van 4,5 V aangesloten. Elk lampje krijgt nu slechts 1/3 van die spanning, namelijk 1,5 V. Hetgeen ook blijkt uit de korte blauwe pijlen van 1,5 V. Daarom branden de lampjes nu nog maar zwak.

Een serieschakeling noemt de technicus een spanningsdeler omdat de bronspanning wordt opgedeeld.

Later gaan we daar dieper op in.



Meer lampen geven alleen meer licht . . .

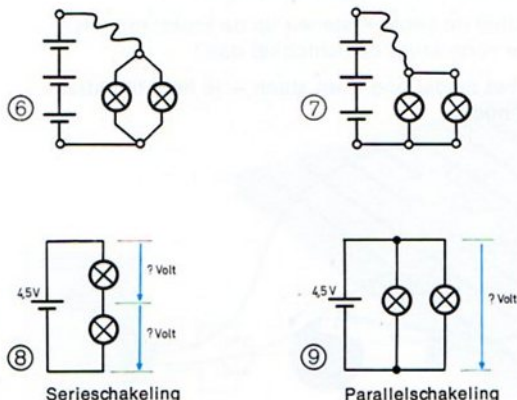
als je ze niet, zoals in de voorgaande proef, in serie schakelt met de bron, maar volgens fig. 6 en 7.

- Bij de opbouw van de schakeling speelt het geen rol of je volgens fig 6, steeds 1 K-steen voor de aansluitingen van beide lampen neemt of dat je 2 spanningsrails maakt zoals in fig. 7 is getekend. Beide schakelingen zijn elektrisch gezien gelijkwaardig.
- Sluit de schakeling aan op de batterij. Nu lichten de lampen op – en hoel!

In dit type schakeling geven 2 lampen inderdaad meer licht. Het zal duidelijk zijn dat de lampen (en ook de stopkontakten) in een huis op dezelfde wijze moeten zijn aangesloten op de spanningsbron als de lampjes in onze proef op de batterij.

In de fig. 8 en 9 hebben we de serieschakeling en de nieuwe schakeling van twee lampen nog eens naast elkaar gezet. Om het overzicht niet te verliezen hebben we de batterij (3 cellen) slechts met 1 symbool en de spanning aangegeven. Het verschil tussen de beide basisschakelingen is nu duidelijk te zien: in de serieschakeling (fig. 8) staan de lampjes achter elkaar; in de schakeling van fig. 9 staan ze naast elkaar. De aansluitingen van beide lampjes zijn direct met de spanningsbron verbonden. **In een dergelijke parallelschakeling – dat is de officiële naam – staat op beide lampjes de volle spanning; dat blijkt ook uit de spanningspijlen. Daarom branden de lampjes nu beide ook op volle helderheid.**

Vraag: hoe hoog is de spanning die op elk lampje in fig. 8 staat? (Ter controle: het antwoord vind je op pag. 32.)



Optisch bedrog

Het hiernaast afgebeelde model wordt vaak voor reclamedoeleinden gebruikt. Een lampje maakt een cirkelvormige beweging zonder dat je een sleepring nodig hebt voor de stroomtoevoer. Het lampje is met behulp van 2 K-stenen op de krukstang van een krukstangmechanisme bevestigd. De kruk van de aandrijving bestaat uit een draaischijf die met een tandwiel Z 30 is verbonden. Op de draaischijf is een T-stuk van bouwstenen gemonteerd. Het ene uiteinde bevat een as 30 als krukpen. De T-balk dient als tegenwicht.

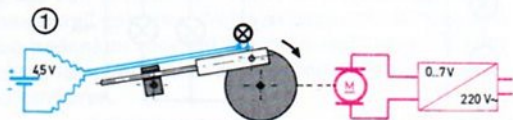
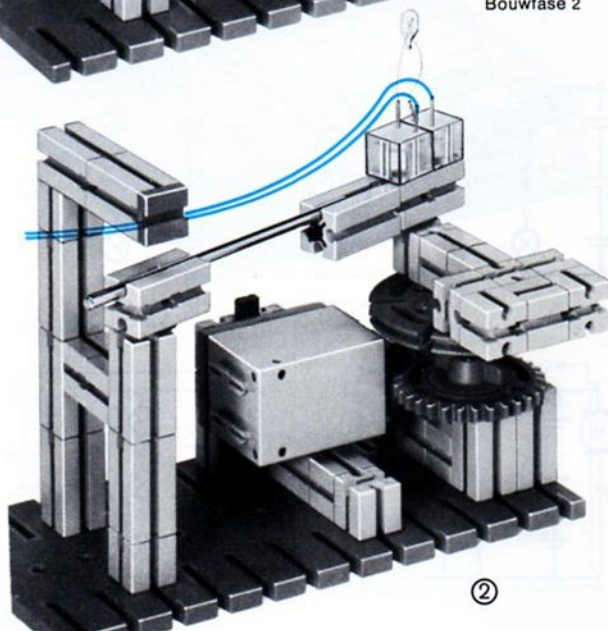
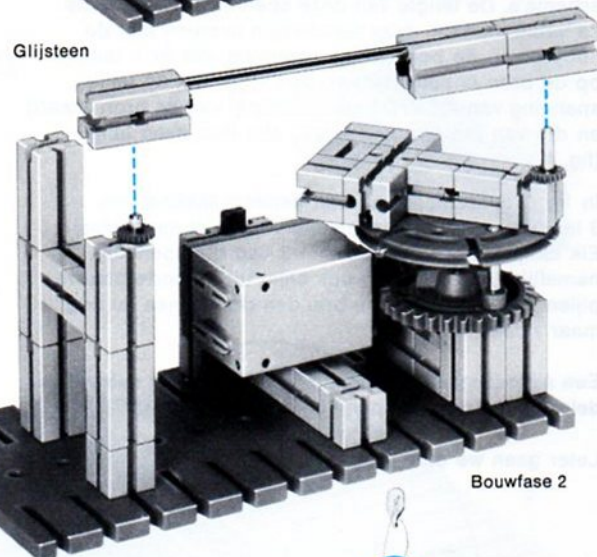
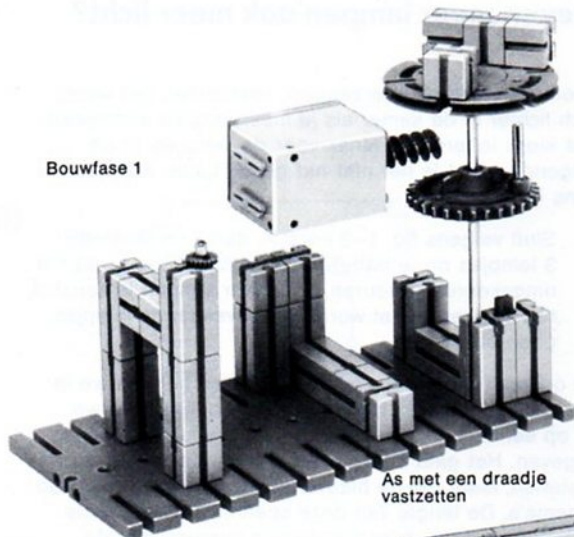
Belangrijk is dat de glijsteen licht om zijn as kan draaien. De as die in de glijsteen heen en weer beweegt, smeer je met een beetje zeep in, dat is in dit geval beter dan olie.

Nu komt het elektrische deel. Het is vooral interessant omdat er twee bronnen worden gebruikt: een 6 V batterij (of de batterijhouder) voor het lampje en de contactbussen aan de korte kant van de trafo voor de motor.

Lampje en motor tezamen op de trafo aansluiten, zou weinig zinvol zijn, zoals je zelf gemakkelijk kunt nagaan. Hoe het schema voor het model wordt getekend, zie je in fig. 1. Het symbool voor de trafo (TA) is aangepast voor je fischertechnik-trafo. In plaats van de in serie liggende symbolen voor de cellen, tekent de technicus in de praktijk één symbool en schrijft de hoogte van de spanning er naast.

De gestreepte lijn tussen motor en draaischijf betekent dat deze (tezamen met het lampje) door de motor wordt aangedreven, anders gezegd: ze zijn mechanisch gekoppeld.

- Laat de motor langzaam draaien; het brandende lampje, van boven gezien, neem je dan waar als een lichtpunt dat in een cirkel draait.
- Draai de trafo verder open. Wanneer de schijf snel genoeg gaat, kan het oog het lichtpunt niet meer volgen en dan zie je een lichtcirkel. Het bedrog is perfect!
De lichtcirkel slingert enigszins daar het lampje niet al te vast op zijn »benen« staat en ook de aandrijving een weinig speling heeft.
- Verschuif de beide K-stenen op de krukstang iets. Welke vorm krijgt de lichtcirkel dan?
- Laat het model nog even staan – je hebt het straks weer nodig.



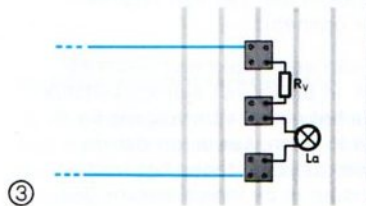
De truc met de voorschakelweerstand



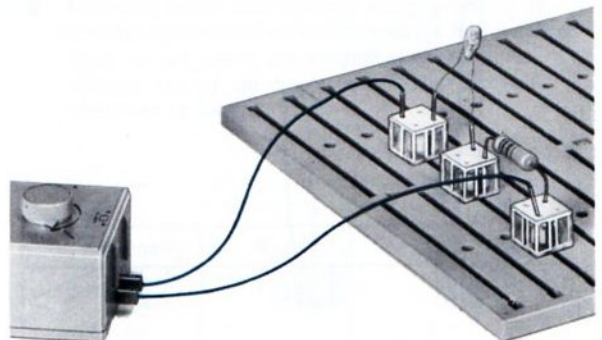
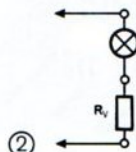
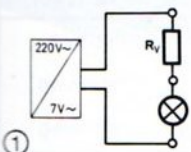
R is de afkorting van het Engelse woord »resistor« = de fysieke weerstand, de komponent.

De voeding van het model op pag. 14 met 2 bronnen is wel interessant maar niet zo praktisch. Eenvoudiger is het wanneer je het lampje op de contactbussen aan de zijkant van de trafo aansluit. »Wacht even«, zul je zeggen, »Op pag. 10 stond dat die spanning te hoog is voor het lampje.« Klopt, en daarom passen we de truc met de voorschakelweerstand toe. In de doos vind je een groot aantal weerstanden, langwerpige componenten voorzien van 4 kleurringen.

- Zoek de dikke weerstand op met de kleurringen: geel (ge), violet (vi), zwart (zw) en als laatste goud (go) resp. zilver (zi). In deze volgorde worden de ringen gelezen.
- Buig de aansluitingen om; ongeveer 10 mm van de weerstand, zodat je de draden goed in de twee K-stenen kunt steken.
- Sluit nu het lampje in serie met de weerstand op de trafo aan. Dat is alles! Je zult zien dat het lampje nu minder fel brandt dan zonder het gebruik van de voorschakelweerstand.
- Het begrip »voor«schakelweerstand moet je niet in ruimtelijke zin opvatten. Je kan de voorschakelweerstand R_v ook, zoals in fig. 2, achter het lampje plaatsen. Ga zelf na dat de schakeling dan op dezelfde manier funktioneert.



Het trucje met de voorschakelweerstand is gemakkelijk te doorzien; het lampje ligt in serie met de weerstand, waardoor de bronspanning wordt verdeeld. Op het lampje staat nu de juiste, iets lagere spanning. De rest staat op de weerstand met de ge-vi-zw ringen (de go- en zi-ringen hebben voor ons geen betekenis).



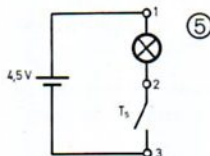
We bouwen twee verschillende drukknoppen

Batterijhouder en trafo zijn voorzien van een schakelaar, waarmee je een stroomkring kunt openen en sluiten. Een schakelaar blijft in de stand staan waarin je hem zet, ook na het loslaten. Een drukknop springt na het loslaten terug in zijn oorspronkelijke stand, de ruststand. Daarvoor heb je een verende contacttong en een vast contactstuk nodig.

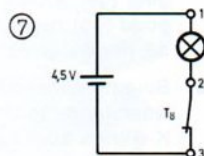
- Fig. 1 laat zien hoe je de contacttongen (liggen in de doos) in de vorm van een haarspeld moet gebruiken en ombuigen.
- In fig. 2 en 3 zie je welke vorm je de contactstukken, met of zonder kragen, moet geven. Snij daarvoor 48 resp. 45 mm draad af.
- Bouw nu volgens fig. 4 een drukknop voorzien van een contactstuk met kragen.
- Zet nu de schakeling van fig. 6 in elkaar en sluit de batterijhouder aan. Het lampje gaat nu pas branden als je de contacttong indrukt en daarmee de stroomkring sluit. Vandaar dat we spreken van een maakcontact (T_s , de s staat voor sluiten).

Als je een stroomkring voor korte tijd wilt onderbreken, dan moet je de drukknop volgens fig. 7 en 8 opbouwen. Je drukt de contacttong naar beneden om de stroomkring te openen. We spreken dan van een verbreekcontact T_o (o staat voor openen).

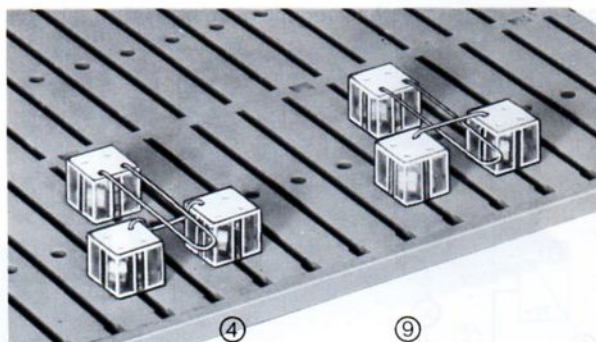
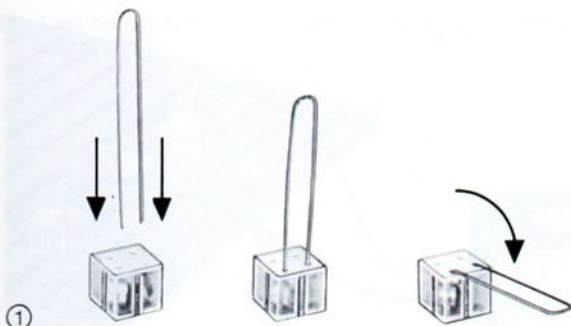
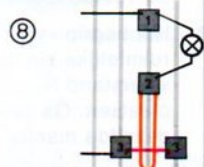
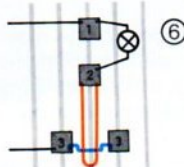
- In fig. 9 zie je hoe van een maak- een verbreekcontact vervaardigt. In plaats van een contactstuk met kragen neem je het rechte stuk volgens fig. 3 en steekt dat in de K-steen. Let er op dat de contacttong nu in de ruststand tegen het contactstuk drukt – soms moet je de tong daarvoor iets verbuigen. Het lampje gaat nu uit als je de drukknop bedient door de tong naar beneden te drukken.



maakcontact



verbreekcontact



Weerstand is een eigenschap

Misschien heb je je wel eens afgevraagd waarom de contacttongen, de draden enz. van metaal zijn gemaakt. Messing en koper zijn toch vrij duur! De reden is dat deze metalen de elektrische stroom zonder veel moeite geleiden. Anders gezegd: ze bieden bijna geen weerstand aan de stroom – ook niet in het geval dat ze niet één geheel vormen, maar alleen contact met elkaar maken. Een geheel ander gedrag vertoont daarentegen de kunststof waarvan de fischertechniek bouwstenen zijn gemaakt. De kunststof laat geen stroom door. Ook de lucht heeft voor de stroom een bijna niet te overwinnen weerstand, anders zou een geopende drukknop of schakelaar de stroomkring niet onderbreken.

Maar in bijna alle schakelingen hebben we ook componenten nodig die een weerstand bieden die tussen »alles of niets« ligt. Een voorbeeld daarvan was ons trucje met de voorschakelweerstand.

Laten we nu eens gaan kijken wat een lampje doet als we een andere weerstand uit de doos gebruiken en welke conclusies we kunnen trekken wat betreft de stroomsterkte. In het schema is de voorschakelweerstand met R_v aangegeven.



①

- Zoek 3 weerstanden op met de kleurringen als in de tabel aangegeven. De laatste ring (goud resp. zilver) hebben we weggelaten. Die ring, evenals de dikte, speelt geen rol in onze proeven.
- Bouw de schakeling op en draai de trafo geheel open (fig. 1). Plaats nu achtereenvolgens de weerstanden als voorschakelweerstand R_v in de stroomkring. In dezelfde volgorde als in de tabel. Eerst de weerstand »rd-rd-br«, enz.
- Noteer in de tabel de resultaten: fel – flauw – nauwelijks, voor de helderheid waarmee het lampje brand ofwel de stroomsterkte.

Kleurringen (R_v)	lampje brandt	waarde in Ω
rd-rd-br		
br-zw-br		
ge-vi-zw		

ge = geel; rd = rood; br = bruin; vi = violet; zw = zwart

De weerstandswaarde

Als je de weerstanden in de genoemde volgorde hebt gebruikt, dan is het lampje elke keer feller gaan branden. Dat komt natuurlijk omdat elke keer de weerstand voor de stroom kleiner werd. Met de notitie »groot« of »klein« doe je niet veel. Exact meten, tellen, daar gaat het om. Op pag. 2 van het omslag vind je de weerstanden met hun kleurringen. In de kolom »R (Ω)« staat voor elke kleurcombinatie de zogenaamde weerstandswaarde van de weerstand. Die waarde wordt in Ohms aangegeven. Als symbool gebruikt men de Griekse letter Ω (Omega), een O zou je gemakkelijk voor een nul kunnen aanzien.

Zoek nu de bijbehorende weerstandswaarden (Ω -waarden) op en noteer die in de laatste kolom van onze tabel. Vergelijk daarmee de door het lampje aangegeven stroomsterkte. Dan kunnen we de volgende verhouding vaststellen. Hoe kleiner de weerstandswaarde – hoe helderder het lampje brandt, maar dat betekent ook »meer stroom! En daaruit volgt:

»Hoe kleiner de weerstandswaarde – hoe groter de stroomsterkte.«

De juiste voorschakelweerstand

Je zou geen echte fischertechnicus zijn als je de truc met de voorschakelweerstand ook niet eens bij de motor zou willen proberen. Je kunt daarmee de motor langzaam laten lopen.

- Schakel de 47 Ω -weerstand in serie met de motor en kijk wat er gebeurt. Je hoeft de motor daarvoor niet uit het model van pag. 14 te halen.

Het resultaat is verbluffend: de 47 Ω -weerstand past niet bij de motor – die start niet eens. Je snapt het al, er loopt te weinig stroom. R_v moet een andere waarde hebben.

- Neem de beide weerstanden aangegeven in de onderstaande tabel en noteer tegelijk hun waarden. Zoek nu uit welke als voorschakelweerstand voldoet. Let op: de motor moet weluit zichzelf beginnen te lopen.

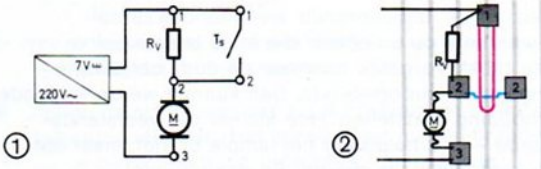
Kleurringen	R_v (Ω)	De motor loopt
rd-rd-zw		
br-zw-zw		

Een elektrische tweetrapsschakeling

Met de juiste voorschakelweerstand, zoals we die hiervoor hebben uitgezocht, kun je heel eenvoudig een elektrische tweetrapsschakeling bouwen. Daarmee kun je het toerental van je fischertechnik motor veranderen zonder dat je de trafo in een andere stand hoeft te zetten (1).

Vraag: loopt de motor snel of langzaam wanneer je de drukknop niet indrukt!

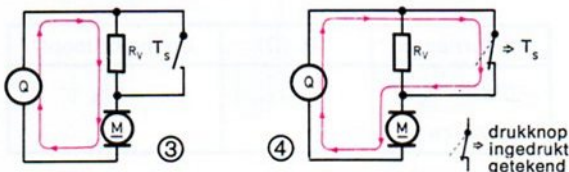
- Het simpelst kun je schakeling (1) volgens het schema (2) opbouwen. Je kunt deze tweetrapsschakeling ook in een voertuig inbouwen.



Inderdaad, zoals je zelf wel zult hebben bedacht, de motor draait langzaam bij een niet-ingedrukte drukknop en snel wanneer hij wel wordt ingedrukt. Het kan niet anders, een en ander blijkt ook duidelijk uit schema (3) en (4) waarin de stroomkringen met rode pijlen zijn aangegeven. Bij een geopend contact (fig. 3) loopt er geen stroom via de drukknop. De voorschakelweerstand houdt een deel van de stroom tegen, waardoor de motor langzaam loopt.

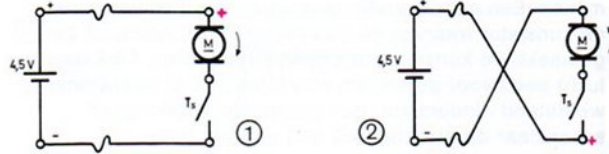
Druk je de knop in, (fig. 4), dan loopt de stroom via T_s langs de voorschakelweerstand. De stroom zoekt – net als water – de weg van de minste weerstand. Van het gesloten contact is die praktisch nul Ohm. De vakman zegt: »de voorschakelweerstand wordt overbrugd«. Daardoor komt op de motor de volle bronspanning te staan en zal hij sneller lopen.

- Start de motor niet, dan neem je een kleinere voorschakelweerstand.
- Loopt de motor in de ruststand van de drukknop zeer snel, dan neem je in plaats van een maakcontact een verbreekkontakt. Je kunt dan een voorschakelweerstand met een hogere Ohmwaarde gebruiken en de motor heel langzaam laten draaien.



De polariteit is belangrijk

Bij een batterij is de stift steeds de plus- en de bodemplaat de minpool. Ook als je de batterij op z'n knop houdt. De »polariteit« blijft hetzelfde, ongeacht de stand. De cel of batterij levert een zogenaamde »gelijkspanning«. De betekenis van de polariteit van een gelijkspanning blijkt wel uit de volgende proef.



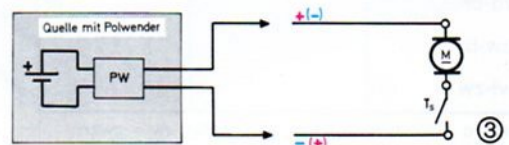
- Als bron gebruiken we de batterij die we zelf hebben gebouwd van 3 losse cellen. Deze heb je ook voor de volgende proeven nodig.
- Sluit nu de motor, volgens fig. 1, via de drukknop T_s op de batterij aan. Wanneer je op de knop drukt, gaat de motor draaien. Bepaal de draairichting.
- Verwissel nu de aansluitingen zoals in fig. 2 is getekend. De plus en min zijn verwisseld. Het resultaat? De motor draait in de tegenovergestelde richting als je de knop indrukt.

Konklusie: de draairichting wordt omgekeerd als we de plus- en min-polen verwisselen. Dat heet kortweg: »ompolen«.

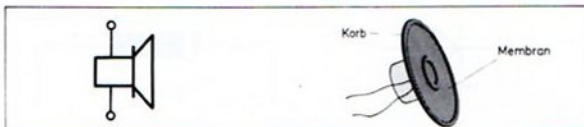
Poolomkeerschakelaar

Om niet elke keer de aansluitingen te moeten verwisselen, is in de batterijhouder een schuifschakelaar ingebouwd, waarmee je de polen kunt omkeren. Zo'n schakelaar heet een poolomkeerschakelaar. Ook met de regelknop op de trafo kun je de stroom ompolen.

In fig. 3 is in het schema een gelijkspanningsbron met poolomkeerschakelaar (PW) getekend. Het plusteken en het tussen haakjes geplaatste minteken geven aan dat je met de poolomkeerschakelaar de polariteit van de stroomtoevoerrails naar keuze kunt bepalen en daarmee de stroomrichting in de schakeling.



Een blik op de luidspreker

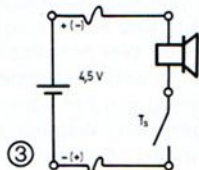


Niet alleen de motor reageert op het ompolen van de aangelegde spanning – ook de luidspreker doet dat. Met een simpel experiment kun je dat horen en zien.

■ De kontaktpennen heb je al aan de draden bevestigd. In fig. 1 zie je het raam waarin je de luidspreker klemt. De aansluitkabel voer je door het gat in de bouwsteen 30 en zet je vast met 2 hoekstenen (fig. 2).

■ Fig. 3 toont het bedradingsschema. Als spanningsbron gebruiken we weer de batterij van 3 cellen. De dubbele aanduiding van de polariteit houdt in dat we bij deze proef de polariteit moeten omkeren.

Let op: de luidspreker kan bij deze proef zeer warm worden en daardoor op den duur defekt raken. Houd de knop T_1 elke keer slechts enkele seconden ingedrukt.

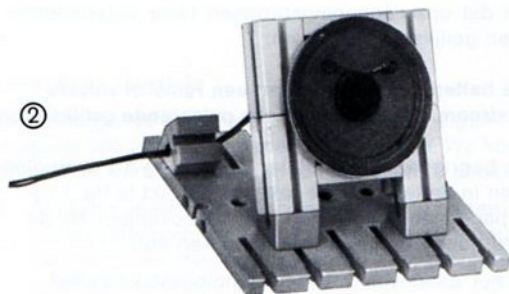
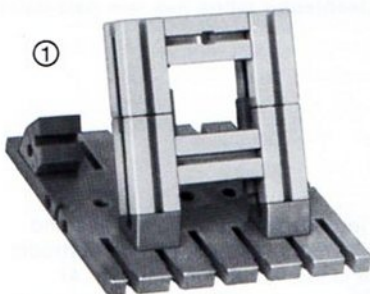
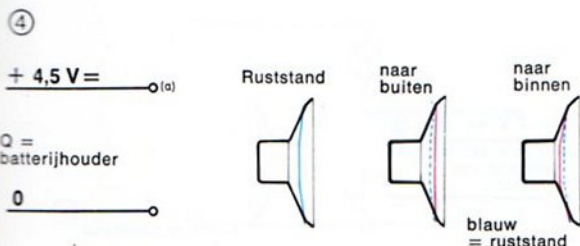


■ Sluit nu de schakeling aan op de batterij. Druk de knop een aantal keren in. Let op de beweging van het membraan. En wat hoor je?

■ Pool de spanning om en herhaal de proef. Wat is er door het ompolen veranderd?

Uiteraard heb je gezien dat de richting waarin het membraan »springt« bij het sluiten van het contact, afhangt van de polariteit die de spanning heeft. Al naar de polariteit gaat het membraan, zoals in fig. 4 getekend, vanuit de ruststand naar binnen of naar buiten staan.

Dit gedrag van het membraan is kenmerkend voor de luidspreker als we er een gelijkspanning op aansluiten. De duidelijke »klik« en »klak« bij het sluiten en openen van het contact klinkt daarentegen bij elke ompoling hetzelfde.



Tussen klik en klak

Wanneer je de schakeling aansluit op een gelijkspanningsbron, de bussen op de korte kant van de trafo, dan zul je een verrassing beleven: tussen de klik en klak van het membraan bij het sluiten en openen van het contact...

Neem de proef zelf maar.

■ Draai de trafo maar voor de helft open. Let weer op het membraan en houd er voorzichtig je vinger tegenaan.

De derde bron

We beschikken nog over een derde spanningsbron: de bussen aan de lange zijde van de trafo. We noemen die kortweg de wissel- ofwel de W-uitgang, omdat deze een wisselspanning levert. Waarom is dit een wisselspanning? Die vraag kan de luidspreker onmiddellijk beantwoorden.

- Sluit de luidspreker op de W-uitgang van de trafo aan volgens fig. 3, pag. 19. Druk de knop slechts kort in en kijk naar de beweging van het membraan; raak het tevens voorzichtig aan met je vinger.
- Verwissel de aansluitingen en herhaal de proef. Is er door het ompolen iets veranderd?

Om te beginnen heb je natuurlijk gezien dat het membraan nu veel sterker trilt dan in de voorgaande proef. Dat is duidelijk te zien en te voelen. Het membraan neemt nu ook geen duidelijke stand – naar binnen of naar buiten – meer in. Het trilt nu regelmatig tussen beide standen heen en weer (fig. 2) – ongeacht de poling.

Het membraan gedraagt zich thans alsof de spanning voortdurend wordt omgepoold – en wel met zeer grote snelheid. Wie het precies wil weten: 100 keer per seconde wisselt de spanning van polariteit (evenals de spanning van het lichtnet waarop je je trafo hebt aangesloten). Wegens die voortdurende, snelle polariteitswisseling spreekt men van een wisselspanning. Het is natuurlijk zinloos een spanning die steeds van polariteit wisselt met een poolomkeerschakelaar te gaan ompolen, zoals we dat met de gelijkspanning hebben gedaan.

Daarom tekenen we in onze schema's ook geen plus- en mintekens, maar noteren we alleen de spanningshoogte met het symbool voor de wisselspanning, zoals dat ook op de trafo is getekend boven de betreffende bussen.

- Vervang nu voor de grap de luidspreker door de fischertechnik motor. Zal die gaan draaien?

Natuurlijk niet. De motor is veel te traag om 100 keer per seconde zijn draairichting om te keren. Hij blijft gewoon staan en produceert alleen een bromtoon, die lijkt op die van de luidspreker. (Hoe dat komt is iets van later zorg.)

Eerlijk zeggen, had je gedacht dat er zoiets bestond als een trillende gelijkstroom? Dat het een gelijkstroom is kun je zien aan de stand van het membraan. Al naar gelang de poling staat het hol of bol wanneer het kontakt gesloten is (fig. 1). Maar het trilt bovendien; je kunt het horen, zien en voelen. De vakman zegt: het membraan vibreert. De luidspreker laat duidelijk horen dat onze spanningsbronnen twee verschillende soorten gelijkstroom leveren.

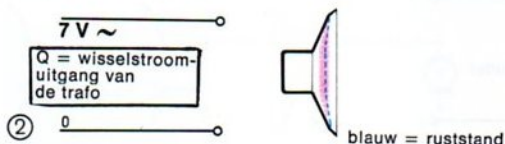
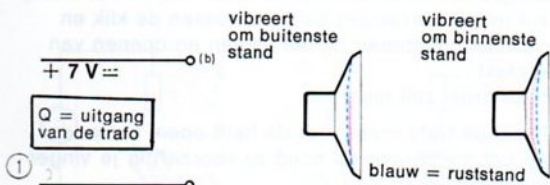
Bij de batterij spreken we van een reine of zuivere gelijkstroom. De trafo levert een pulserende gelijkstroom.

(Deze begrippen worden later verklaard.) Als symbolen worden in de techniek de tekens gebruikt in fig. 1 op deze pagina en in fig. 4 van pag. 19, bovenaan. Bij de andere pool (de min) schrijft men een nul.

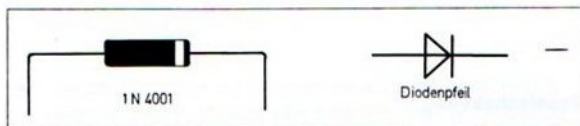
Door het aangeven van de spanningssoort is het weergeven van de bron met één of ander symbool in feite overbodig. Zo kan b.v. de in fig. 1 bij (b) aangegeven pulserende gelijkstroom van 7 V alleen verkregen worden van de trafo (bussen aan de korte kant) met de knop in de uiterste stand.

Omdat de spanning zogezegd uit de bussen komt, spreken we voortaan kortweg van de gelijkstroomuitgang of nog korter G-uitgang.

Duidelijk zal ook zijn dat als bron voor de zuivere gelijkspanning van 4,5 V (spanningsstrip a in fig. 4, pag. 19) alleen de driedelige batterij in aanmerking komt.



De diode



Let op!

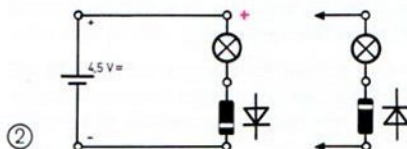
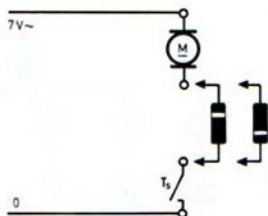
Een diode mag je nooit alleen op een bron aansluiten, want dan brandt hij door! Diodes moet je altijd in serie schakelen met een ander onderdeel.

Als eerste elektronische component komt de diode aan de orde. De doos bevat er twee. Het zijn de zwarte, cilindervormige staafjes met een witte ring er op, die vlak bij een van de draadaansluitingen ligt. Verder is het type van de diode aangegeven: 1N 4001. Een en ander is in de tekening bovenaan afgebeeld. Over de betekenis van het symbool zullen we het ook hebben.

- Buig haakse pootjes aan de draden, afstand tussen bocht en diode moet minstens 10 mm zijn.

Sluit je de motor via de diode aan op de wisselstroom van de trafo dan gaat de motor draaien!

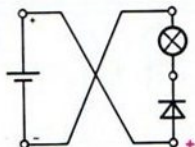
- De hele truc is dat je de motor volgens fig. 1 in serie schakelt met de diode en de hele schakeling aansluit op de wisseluitgang van de trafo. Druk T_1 in – en de motor loopt.
- Maar dat is nog niet alles! Trek de diode uit de K-steen en zet hem er omgekeerd weer in (zie fig. 1). Nu draait de motor andersom.
- Herhaal deze proef met de luidspreker in plaats van de motor. Ook uit het gedrag van de luidspreker blijkt dat de diode van een wisselstroom een pulserende gelijkstroom heeft gemaakt.



Diodepijl en ringzijde

Met de volgende experimenten gaan we de eigenschappen van een diode nader onderzoeken. We komen voor enkele verbazingwekkende resultaten te staan.

- Als bron nemen we weer de driebcellige batterij, zoals je die op het schakelpaneel hebt opgebouwd. De symbolen voor de plus en de min, resp. de stroomrails zijn in het schema aangegeven om duidelijk te laten zien waar het nu op aankomt.
- Bouw de schakeling volgens fig. 2. De ringzijde van de diode (ook kathode-aansluiting genoemd) wordt met de minpool van de bron verbonden. De ring op de diode komt overeen met de dwarsstreep in het daarnaast getekende symbool; de diodepijl wijst dus in de richting van de minpool. Sluit de batterij aan. Het lampje moet nu gaan branden.
- Haal de diode uit de schakeling en zet die omgekeerd, zie fig. 2, weer in de K-steen. De pijl en de ring wijzen nu naar de pluspool van de bron. Het maakt hierbij niets uit dat tussen de diode en de pluspool het lampje ligt; het gaat ons alleen om de richting.
- Verwissel nu de aansluitingen volgens fig. 3. Wat doet het lampje nu? Naar welke pool wijzen de pijl en de witte ring?



Proefschakeling

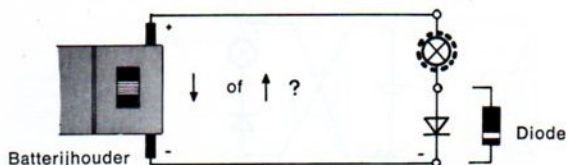
Aan de hand van je waarnemingen zal het niet moeilijk zijn het juiste antwoord tussen de haakjes in te vullen:

- Het lampje brandt alleen wanneer de ring, resp. de pijl in de richting van de () pool van de bron wijst. Alleen dan werkt je diode goed. Dat kun je dus zelf steeds nagaan.
- Wanneer het lampje brandt moet de pijl, resp. de ring, naar die stroomrail wijzen die op dat moment met de () pool van de bron is verbonden. Wel, die eigenschap van de diode kun je meteen in de praktijk toepassen.

Testschakeling voor de polariteit

Voor zelfgebouwde elektronika-schakelingen is het steeds nodig te weten welke aansluitbussen van de trafo of de batterij de plus- en de minpool vormen. Daarom gaan we nu voor eens en altijd de polariteit vaststellen en met een merkteken vastleggen. Eerst de batterij:

- Plaats de drie staafbatterijen (cellen) in de batterijhouder zoals op de bodem is aangegeven. Sluit de »lamp-diode«schakeling aan.
- Ga na in welke stand van de schakelaar het lampje brandt. Dan is de stroomrail waarnaar de ring wijst met de minpool verbonden. Merk in die stand, de pluspool van de schakelaar, met b.v. een zelfklevend etiketje.
- Doe hetzelfde voor de G-uitgang van de trafo. Je moet dit beslist doen, want in de volgende experimenten komt het er op aan dat je weet wat de pluspool is.



Als een draaideur in een warehouse

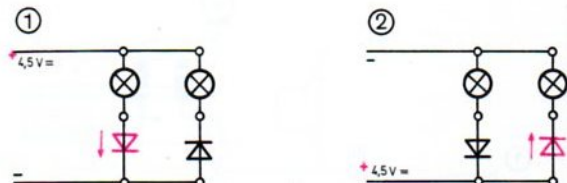
Veel warehouses hebben draaideuren die maar in één richting draaien. De mensen kunnen maar in één richting naar binnen en naar buiten. Hetzelfde doet een diode met een elektrische stroom, zoals uit het voorgaande is gebleken en wat ook uit de volgende proef blijkt.

- Sluit parallel met de schakeling voor de pooltest een tweede »lamp-diode«tak aan op de batterijhouder. Zie fig. 1. Let er op dat de ringen in tegenovergestelde richting staan – zoals getekend in het schema. We zeggen: »de dioden zijn tegengesteld gepoold.«
- Zet de schakelaar in de stand dat de bovenste stroomrail met de pluspool van de batterij is verbonden. Het lampje links in het schema moet nu gaan branden.
- Nu polen we de spanning om, de schakelaar in de andere stand (fig. 2). Het rechter lampje gaat branden.

Je weet dat een brandend lampje betekent dat er een stroom doorheen vloeit. In onze schakeling is dat duidelijk alleen het geval wanneer de diodepijl naar de minpool van de bron wijst. Je kunt ook zeggen wanneer de pijl van plus naar min wijst. Of het dwarsstreepje »-« moet tegen het minteken, eveneens een streepje »min« liggen.

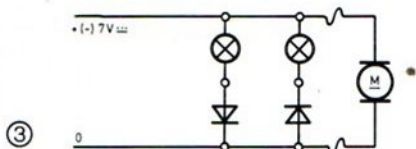
De pijl geeft precies de richting aan waarin de stroom door de kring loopt: van »+« naar »-«.

We weten nu wat de vakman bedoelt als hij zegt dat wanneer de pijl in de stroomrichting wijst, de diode geleidt (de stroom doorlaat); in het andere geval spert de diode (de stroom).



Optische signalering van een beweging

De proefschakeling kun je heel goed in modellen gebruiken. Bij voorbeeld voor het optisch signaleren van het omhoog en omlaag gaan van een lift. Daarvoor hoef je alleen de motor en de proefschakeling op de stroombron, b.v. de G-uitgang van de trafo, aan te sluiten volgens fig. 3. De »+ (-)« aanduiding betekent dat de polariteit (met de regelknop van de trafo) moet worden veranderd.

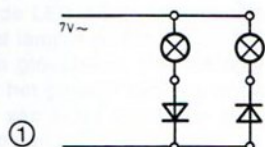


Opmerking: misschien weet je uit de natuurkundelessen of uit boeken dat de elektronen (niet de stroom) van min naar plus gaan. In dat geval wordt de natuurkundige stroomrichting bedoeld. Technici geven de voorkeur aan de zogenaamde technische stroomrichting, die al werd gebruikt voordat de elektronen waren ontdekt. Bij de technische stroomrichting gaat men er van uit dat de stroom (niet de elektronen) van plus naar min vloeit. In dit boek praten we steeds over de technische stroomrichting.

Twee motoren en één trafo

Van een wisselstroom kun je een gelijkstroom maken door een diode in de stroomkring op te nemen die wordt aangesloten op de W-uitgang van de trafo. Dat had je overigens al bij de eerste proef met de diode vastgesteld. Maar wat gebeurt er als je de beide »lampdioden«-takken van fig. 1 op de W-uitgang aansluit? Eerst invullen wat er volgens jou gebeurt:

- er gaat 1 lampje branden
- beide lampjes gaan branden
- de lampjes branden afwisselend



- Neem de proef op de som en sluit de combinatie aan op de W-uitgang van de trafo. Had je het juiste antwoord?

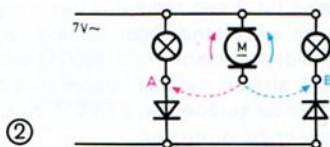
Opschijnlijk is het tweede antwoord goed! Maar schijn bedriegt, waarvan je in het model van de lichtcirkel al gebruik had gemaakt. In werkelijkheid gaat de stroom afwisselend door het ene en het andere lampje. De wisselspanning verandert voortdurend van polariteit zoals we met de luidsprekerproef op pag. 20 hebben gezien. Daarom kan ook steeds één van de tegengesteld gepoolde dioden stroom doorlaten, terwijl de andere spert.

Het hele proces van stroom doorlaten – stroom sperren gaat echter zo snel dat de lampjes het maar moeizaam kunnen volgen en onze ogen in het geheel niet. Niet alles wat je ziet, geeft weer wat er werkelijk gebeurt!

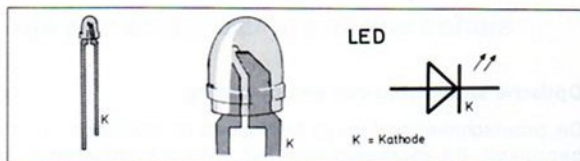
De luidspreker registreert wel op een wijze die we kunnen horen of voelen dat de stroom door de beide lampjes in werkelijkheid pulseert. Zet de luidspreker maar eens tussen een lampje en de bijbehorende diode.

Voor toepassing in modellen kunnen we het resultaat van onze proeven zeer goed gebruiken. We kunnen er namelijk een motor mee aansluiten op de W-uitgang van de trafo, terwijl een andere motor zijn stroom krijgt van de G-uitgang.

- Verbind een bus van de motor volgens fig. 2 met de bovenste stroomrail. Sluit de andere bus afwisselend aan op de K-stenen A en B. De motor zal telkens van draairichting veranderen.
- Dat met de hand verwisselen van de aansluiting is vervelend. Neem daarom een drukknop in de schakeling op. Natuurlijk werkt de schakeling ook zonder lampjes.



De lichtdiode



Let op!

De LED is zeer gevoelig en moet in elk geval in serie met een weerstand worden geschakeld (tenminste 220Ω)!

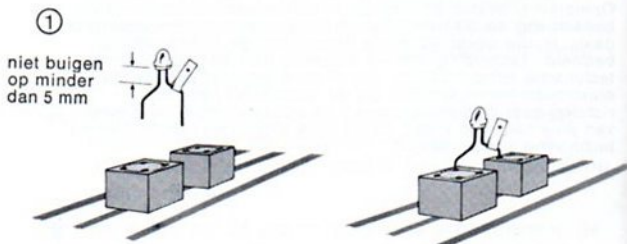
De hierboven afgebeelde diode uit onze praktikumdoos heeft een kenmerkende eigenschap. Als er een stroom doorheen vloeit, dan gaat de diode licht uitstralen. Hetgeen wordt gesymboliseerd met de 2 schuine pijltjes. De aanduiding LED is de afkorting van de Engelse benaming: Light Emitting Diode = licht emitterende (uitzendinge) diode.

De korte draad voert naar de kathode (de dwarsstreep in het symbool), de lange draad is met de anode (de pijl in het symbool = plus) verbonden.

- In fig. 1 zie je hoe je de beide draden moet buigen om de diode in 2 naast elkaar gelegen K-stenen te steken. Voor het gemak merk je de lange draad met een etiket en het plusteken » + «.
- Je kunt nu vaststellen onder welke voorwaarden de LED licht uitzendt. Fig. 2 toont de proefschakeling. Aan de notatie van de spanningen kun je zien dat je zowel de batterijhouder als de G-uitgang van de volledig opengedraaide trafo kunt gebruiken.
- Ga door het ompolen van de spanning na dat de LED alleen gaat branden als de diodepijl in de stroomrichting – naar de minpool – wijst. Op je stroombron heb je de polen gemerkt, zodat je gemakkelijk kunt nagaan met welke pool de bovenste stroomrail is verbonden.

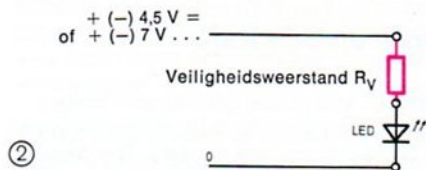
Een lichtdiode is veel gevoeliger dan een lampje en brandt zelfs wanneer er een zeer zwakke stroom doorheen vloeit. Anders gezegd, de stroomsterkte kan veel kleiner zijn. We zullen dat met de volgende proef bewijzen.

- Schakel volgens fig. 3 een lampje in serie met de lichtdiode en de weerstand. Door de hoge waarde van de veiligheidsweerstand $R_v = 1000 \Omega$ loopt er maar zo weinig stroom dat het lampje niet brandt. Voor de LED echter voldoende. Zoals je zult zien heeft dat ongekende voordelen.



Proefschakeling

Brandt de LED in geen enkele stroomrichting, dan is ze defekt en moet ze worden vervangen.



Als veiligheidsweerstand R_v neem je (wanneer niet anders aangegeven) een $1 \text{ k}\Omega$ -weerstand (br-zw-rd); ($1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega$).



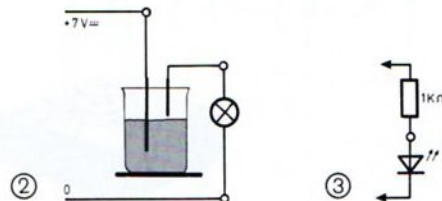
De overloopindicator

Bij het vullen van watertanks, b.v. van een groot schip, is het meestal niet mogelijk de waterstand direct vast te stellen. Om nu het overlopen te verhinderen wordt een zgn. overloopindicator (aanwijzer) ingebouwd. In ons model simuleren we de watertank met een glas water. Twee blanke draden dienen als elektroden, zie fig. 1. Ze voelen als het ware het water als ze beide in het water komen te hangen. In plaats van water toe te voegen, dompelen we de elektroden er gewoon in.



- Bouw eerst de elektrodenhouder volgens fig. 1. Deze zorgt er voor dat de draden niet kunnen verschuiven of contact met elkaar maken.
- Door de elektroden in het water te dompelen wordt de stroomkring met de lamp gesloten. Het lampje zal echter nauwelijks of in het geheel niet oplichten (fig. 2).
- We vervangen het lampje in schakeling 2 door de in fig. 3 getekende serieschakeling R_v met de LED. Wanneer je, zoals afgesproken, van tevoren de G-uitgang van de trafo met + hebt gemerkt, weet je precies hoe je de aansluitingen moet polen om de LED te laten branden, wanneer het water de stroomkring sluit.

Klaarblijkelijk is de elektrische weerstand van het water te groot voor het lampje, maar de stroomsterkte is groot genoeg voor de lichtdiode. We zullen de overloopindicator nu zo konstrueren dat hij ook met het lampje onberispelijk werkt.



Wat doet de LED bij een wisselspanning

Precies gezegd: wanneer we de LED in serie met de weerstand R_v op de wisselstroomuitgang van de trafo aansluiten. De LED is, zoals je weet, een diode. Er zal dus in snelle opeenvolging wel en geen stroom vloeien.

- Ons oog is te traag om zonder meer te kunnen waarnemen of de LED afwisselend wel en geen licht uitzendt. We passen daarom een trukje toe. We gaan de LED snel bewegen met het lichtcirkelmodel van pag. 14. We vervangen het lampje door de LED op de schuifstang van het model. De veiligheidsweerstand kun je met behulp van een derde K-steen mee laten draaien of op de basisplaat monteren.

Een interessant resultaat. De lichtcirkel vertoont nu duidelijk donkere periodes. Daarmee is niet alleen aangetoond dat de LED zich als een diode gedraagt, slechts in één richting stroom doorlaat, maar ook dat de LED bliksemsnel op de stroom reageert. Dat blijkt uit de duidelijke licht/donker periodes.

- Of een gloeilampje precies zo reageert als het in serie met een gewone diode op de W-uitgang van de trafo wordt aangesloten? Neem de proef op de som!

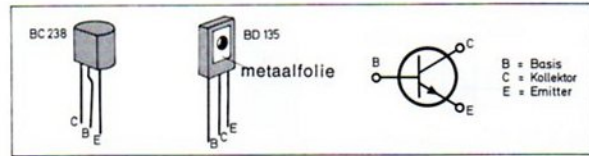
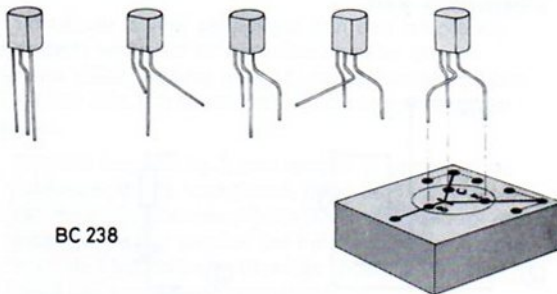
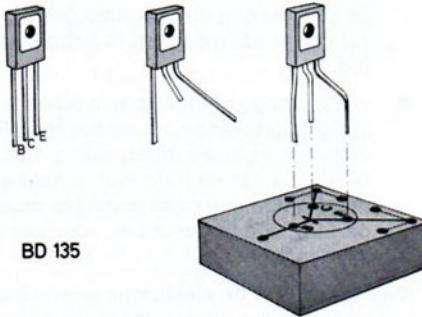
Een gloeilampje is een slak in zijn reacties vergeleken met de LED. In de stroompauzes gloeit de dunne draad in het lampje verhoudingsgewijs lang na. Vandaar de naam gloeidraad. Het licht van een LED ontstaat niet door het gloeien van een draad. Bij een LED spreekt men van koud licht. Een LED kan helemaal niet nagloeien.

De transistor

In het kader zijn de beide transistoren van de praktikumdoos getekend. De merktekens bij de aansluitingen: B = basis, C = collector en E = emitter, moet je goed onthouden. De betekenis zullen we later uitleggen. De pijlpunt in het symbool noemen we emitterpijl of kortweg E-pijl. In het schakelsymbool op het deksel (van de transistorsteen) is de pijl weggelaten, maar dat geeft geen problemen.

- Buig nu de korte poten van de transistor zoals op de tekeningen is aangegeven. Je kunt dat het beste met een smal tangetje of een stevige pincet doen.
- Steek de transistorpoten in de gaten binnen de cirkel van de bouwsteen.

Let op! Bij de kleine transistor, de BC 238, is de middelste poot de basisaansluiting. Bij de BD 135, de grote transistor, is het daarentegen de linker-poot wanneer je tegen het metaalfolie aankijkt. De basisaansluiting hoort in de bus met de dwarsbalk. Bovenaan vind je dan de collector en onderaan de emitter, elk met 3 bussen. Je kunt de transistors het beste in hun transistorstenen laten zitten. Dan kunnen de pootjes niet afbreken of per ongeluk contact met elkaar maken.



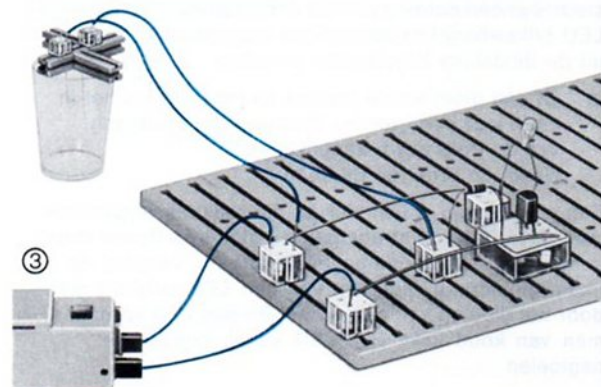
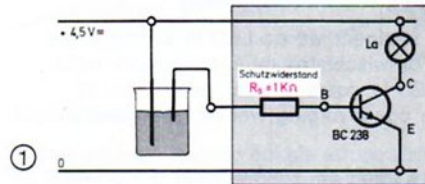
Let op!

Noch de basis (B) noch de collector (C) mogen direct met de pluspool van de spanningsbron worden verbonden. De transistor raakt dan onmiddellijk defekt. Als veiligheidsweerstand R_v voor de basis gebruiken we:
 voor de kleine BC 238: 1 k Ω (br-zw-rd)
 voor de grote BD 135: 100 Ω (br-zw-br; dun)

Hallo de tank is vol

Je zult verbaasd staan als je ziet wat de transistor doet in de primitieve overlooppindicator op pag. 25.

- Bouw de schakeling (1) volgens het schema (2). De elektroden neem je over uit de vorige proef. Fig. 3 laat de opbouw zien op het schakelpaneel.



- Als bron neem je eerst de batterijhouder. Zet de schakelaar in de stand dat de bovenste stroomrail met de plus is verbonden. De emitterpijl wijst dan naar de minpool van de bron. Dit is belangrijk!
- Wanneer je alles goed hebt gedaan, zal het signaal-lampje fel oplichten zodra de elektroden »water voelen«.

Als dat geen verbetering van de overloopindicator is... Het lampje brandt nu praktisch even fel als wanneer het direkt op de batterijhouder zou zijn aangesloten.

Het ziet er naar uit, dat de met het lampje in serie liggende transistor geen weerstand biedt aan de stroom, wanneer de elektroden contact met het water maken. Later zullen we dat nauwkeuriger onderzoeken.

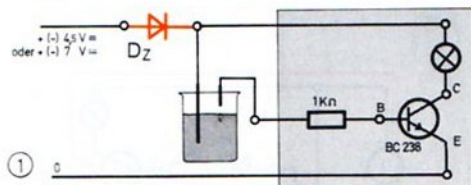
Vraag voor de ware onderzoeker: hoe hoog is de spanning op het lampje La (fig. 1 vorige pagina) en tussen de transistoraansluitingen C en E, wanneer de elektroden in het water hangen? (Het antwoord vind je op pag. 32.)

Nu gaan we met dezelfde schakeling nog een andere, heel belangrijke proef doen.

De overloopindicator werkt alleen goed als de polen van de bronspanning zo zijn aangesloten dat de emitterpijl in de technische stroomrichting wijst. Van plus naar min. Dat is in onze schakelingen alleen het geval wanneer de bovenste stroomrail met de pluspool van de bron wordt verbonden.

Ondanks het merken van de polen zou je een schakeling toch verkeerd om kunnen aansluiten. Daarom zetten we een diode als zekering, een elektronische draaideur, in de bovenste stroomrail.

- Fig. 1 laat zien hoe deze zekering-diode wordt geplaatst. Ga na dat nu bij een verkeerde polariteit geen »sluipstroompje« meer kan optreden.



Omdat de bovenste stroomrail nu steeds met de pluspool van de bron is verbonden, noemen we die voortaan kortweg de »plus«. De onderste stroomrail daarentegen voortaan de »nul«; in de schema's staat daarom een 0. Alle spanningsverschillen in volts hebben betrekking op deze »0« (zie ook pag. 12).

Beveiliging tegen verkeerd polen

Transistorschakelingen werken niet wanneer je de voedingsspanning met de verkeerde polen aansluit. Dat blijkt uit de volgende proef.

- Verbind de bovenste rail van de overloopindicator met de minpool en de onderste rail met de pluspool van de batterijhouder. Er klopt iets niet – het lampje wil niet branden.

Vraag: naar welke pool wijst in dit geval de emitterpijl van de transistor?

- Gebruik nu de G-uitgang van de geheel open-gedraaide trafo als stroombron. De schakeling werkt perfect – het lampje brandt fel – als je de bovenste rail met de pluspool hebt verbonden. De emitterpijl wijst weer naar de minpool.

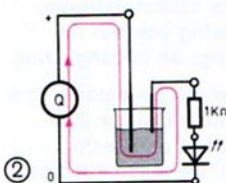
Let op. De volgende proef mag in geen geval langer dan 5 seconden duren. Anders wordt de transistor te heet en raakt defect.

- Keer de polen om door de regelknop helemaal naar de andere kant te draaien. Nu brandt het lampje slechts heel zwak en bovendien ook als de elektroden het water niet raken. Zoiets heet in de praktijk een »smerigheidje«.

Eén transistor – twee stroomkringen

Laten we nu eens kijken hoe de overloopindicator met transistor eigenlijk werkt.

De met rood aangegeven stroomkringen in de schema's (2) en (3) zien er hetzelfde uit. Het verschil is alleen dat de stroom in schema (3) ook nog door de transistor moet: naar binnen via de basis (B) – naar buiten via de emitter (E.). Je kunt deze stroom gemakkelijk volgen. (De Dz is weggelaten, want die is verder niet belangrijk.)



③ zie volgende pagina

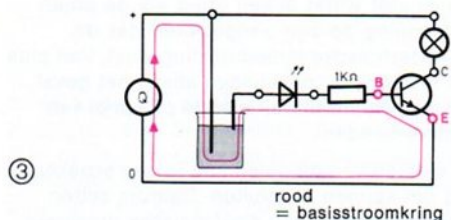
Overloopindicator met waarschuwingssignaal

Veiligheidshalve moet de man aan de pomp even van te voren worden gewaarschuwd met het signaal: let op – de tank is bijna vol.

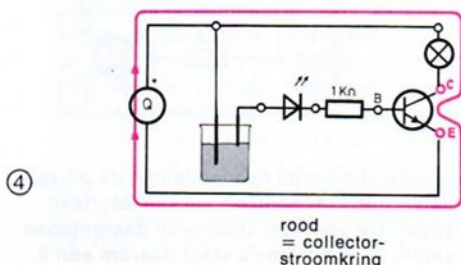
Niets gemakkelijker dan dat. Daartoe zet je de transistorschakeling van pag. 26 in. Je gebruikt daarvoor de grote transistor, de BD 135, met een veiligheidsweerstand van $100\ \Omega$ (dun). Zie fig. 1.

De in het grijs getekende schakeleenheden worden **transistortrappen** genoemd.

- De schakeling (1) kun je het beste volgens tekening (2) opbouwen.
- De foto toont de elektrodenhouder met de bij trap 2 behorende elektroden. Met de lengte van de draden bepaal je bij welke waterhoogte het waarschuwingssignaal moet worden gegeven en de waterpomp afgezet.
- Stel de installatie in gebruik. Het lampje geeft aan of het water de gewenste hoogte heeft bereikt.



- Het bewijs levert een LED (juiste polariteit!) tussen de ene elektrode en de $1\text{ k}\Omega$ veiligheidsweerstand. De LED wordt beveiligd door dezelfde weerstand als de transistor! Zie fig. 3 en 4. Vergeet echter de zekering-diode D_z niet, ook al is die niet getekend.



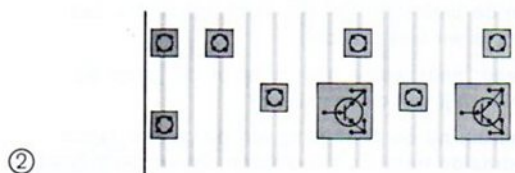
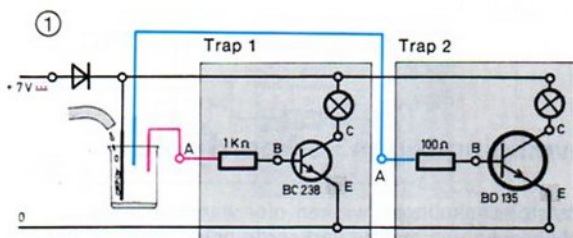
- Dompel je de elektroden in het water dan brandt de LED. Er loopt dus een stroom via de basis. Kortweg de »basisstroom«. (Deze basisstroom loopt ook wanneer je het lampje uit de schakeling haalt!) In fig. 3 is de basisstroomkring getekend.

De andere stroomkring waarin de transistor en het lampje liggen (zie fig. 4) noemen we de **collectorstroomkring**. Deze is met een dikke lijn getekend, omdat de stroom door het lampje veel sterker is dan de basisstroom door de LED.

En nu iets heel merkwaardigs: in de collectorkring loopt alleen dan een stroom als de elektroden in het water hangen, zodat er een stroom door de basiskring loopt.

Haal je de elektroden uit het water dan loopt er geen stroom via de basis. Gevolg? Er loopt ook geen stroom via de collector; het lampje brandt niet. De vakman zegt het zo: **de basisstroom stuurt de collectorstroom**. Daarom noemen we de **basisstroomkring** ook wel de **stuurkring** en de **collectorstroomkring**: de **uitgangskring**.

Deze kenmerkende beïnvloeding van de collectorstroom door de basisstroom vindt plaats in de transistor. Een en ander staat in verband met het feit dat beide stromen door de emitter (E) vloeien. De natuurkundige verklaring van dit feit zullen we niet behandelen.



Zien en horen

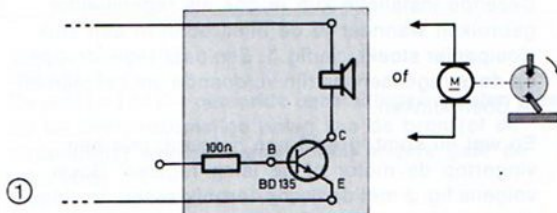
De wachtsman heeft waarschijnlijk nog meer te doen dan alleen op lampjes te letten. Daarom heeft het zin de overloopindicator ook met een hoorbaar (akoestisch) signaal uit te rusten.

- Vervang daartoe het lampje in trap II door een luidspreker (fig. 1). Let op het vetgedrukte voorschrift onder de tekening.
- Probeer met de in fig. 2 afgebeelde motorratel een harder signaal op te wekken. Echter niet al te lang want bij deze proef wordt de transistor BD 135 overbelast.

Je zult wel hebben opgemerkt dat de luidspreker, resp. de motor, slechts zwak of helemaal niet reageert wanneer de elektroden van trap 2 maar net contact met het water maken. Het signaal »komt pas goed door« als de elektroden dieper in het water steken.

Aan half werk hebben we niets. Zodra het water de elektroden raakt, moet er een duidelijk alarmsignaal komen.

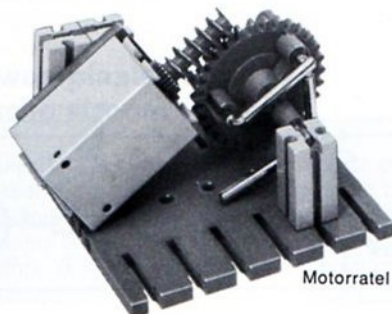
Aan deze eis kun je voldoen met de nu te behandelen transistorschakeling.



Let op!
Luidspreker en motor alleen sturen met de BD 135.
De BC 238 zou defekt raken.



③ Bouwfase

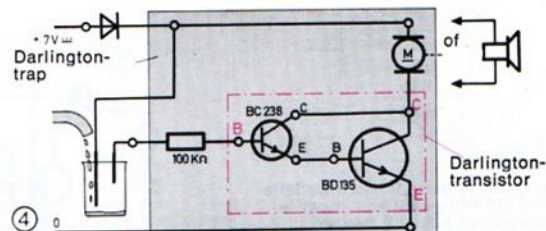


②

Een supertransistor

De beide transistors kun je samenvoegen tot een ware supertransistor. Hoe? Dat zie je in fig. 4 getekend.

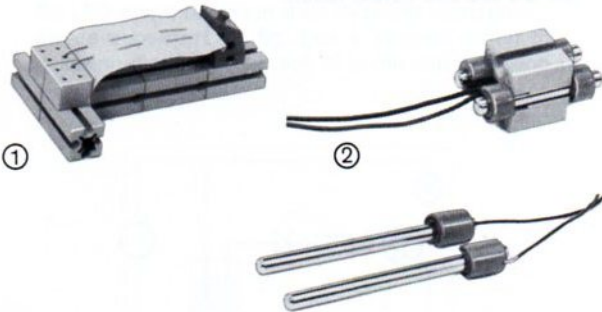
- Aan de opbouw van de schakeling verander je niets. Verbind de collectors van de transistors met elkaar; sluit de emitter van de BC 238 direct op de basis van de BD 135. Je hebt daarmee de naar zijn uitvinder genoemde **Darlington-schakeling** gekregen.
- Plaats nu nog de 100 kΩ-weerstand (br-zw-ge) en de motorratel in de schakeling. De Darlington-trap (grijs getekend) is klaar. De motorratel klappert op volle kracht zodra de elektroden aan het water tippen. Ook de luidspreker reageert onmiddellijk als je die op de plaats van de motor zet.



④

Let op, de tank is leeg!

- Dezelfde installatie kun je ook als regenmelder gebruiken wanneer je de elektroden in een stuk vloeipapier steekt, zie fig. 1. Een paar regendruppels op deze regensensor zijn voldoende om het signaal te doen klinken.
- En wat nu komt, grenst aan hekserij: met een vingertop de motor of de lamp regelen. Bouw volgens fig. 2 met de fischertechnik assen de vingerdruksensor die je in plaats van de elektroden op de schakeling aansluit.



- Tip nu met een vingertop beide assen aan. Wanneer je handen erg droog zijn, dan moet je je vinger ietsje nat maken. Experimenteer hoe je door de druk van je vinger op de elektroden te veranderen, de motor of lamp kunt sturen. Niet al te lang want dan wordt de transistor te zwaar belast. Stop in elk geval als je kunt voelen dat de BD 135 warm wordt.

Geen wonder dat deze Darlington supertransistor in de elektronica een heel eigen rol speelt.

Van de Darlingtonschakeling maken we nu weer 2 aparte transistortrappen. Bij de overloop-indicator met alarm-signaal werkten de beide trappen onafhankelijk van elkaar. Deze keer gaan we ze koppelen, zoals dat heet. Bij elke transistortrap, zie fig. 3, behoort nu een ingangsbus A en een uitgangsbus Q. We spreken kortweg van de in- en uitgang. Koppelen wil niets anders zeggen dan de uitgang van de eerste trap aansluiten op de ingang van de tweede trap.

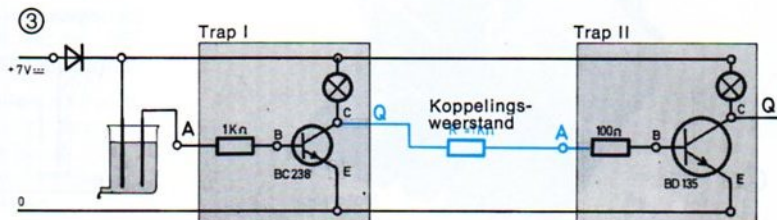
- Plaats de trappen I en II volgens fig. 3 en koppel ze. Uitgang Q van trap I verbinden we met ingang A van trap II, via een 1 k Ω -weerstand.
- En nu kan het spel met de elektroden weer beginnen.

Het resultaat is zeer interessant: transistortrap II geeft het omgekeerde signaal van trap I. We spreken van een omkering van het signaal door de tweede trap. In het vervolg zul je nog met vele toepassingen van deze tweetraps-transistor-schakeling, kennis maken.

- In ons geval kun je er een daling van het waterpeil mee signaleren: de tank is leeg. De elektroden moeten nu beide de bodem raken. In plaats van het lampje sluiten we op trap II de motorratel aan. Deze slaat alarm als de stuurkring van de eerste trap door het dalende water wordt onderbroken. In tegenstelling met onze eerste schakeling van pag. 29 werkt de motorratel nu perfect.

De verklaring is dat de tweede trap niet alleen de motor stuurt maar in combinatie – gekoppeld – met de eerste trap. »Koppeling maakt sterker« zou je kunnen zeggen.

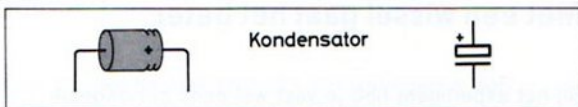
In het geval je de indicatorinstallatie langere tijd wilt gebruiken, moet je elektroden van koolstof nemen. De koolstiften van oude batterijen zijn daartoe bijzonder geschikt.



Het onderzoek van de grote K

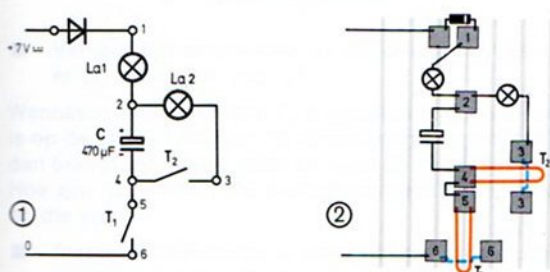
De grote K? Een mysterieuze mister X? Vergeet het maar. K staat voor een nieuw onderdeel: de condensator.

In het kader bovenaan rechts zijn naast elkaar een elektrolytkondensator – kortweg elko genoemd – met het bijbehorende symbool getekend. De open rechthoek geeft de pluspool aan. Elko's hebben namelijk een plus – en een min aansluiting waarmee je rekening moet houden in schakelingen. Vandaar de vetgedrukte aanwijzing onder de tekening. Eerst een experiment met de grote elko die het opschrift draagt: 16 V/470 μ F. De betekenis van μ F (spreek uit: mu-ef) komt direct aan de orde. De spanningsopgave is momenteel niet belangrijk.



Let op!

De met (+) of (-) gemerkte aansluitingen moeten steeds op de overeenkomstige polen van de bron (of de stroomrails) worden aangesloten, anders gaat de elko stuk.



■ Zet de schakeling (1) op volgens het bouw-schema (2).

■ Druk eerst een aantal keren het maakcontact T_1 in. Hoe reageert La_1 ? Daarna een paar keer T_2 indrukken; wat gebeurt er? Herhaal de proef enige malen.

We zien dat de lampjes alleen oplichten als we de drukknoppen afwisselend bedienen. Bij het achter elkaar indrukken van dezelfde drukknop reageert het bijbehorende lampje één keer en dan niet meer. Hoe zit dat met de andere elko's?

■ Vervang de 470 μ F-elko door die met de opdruk 220 μ F. Hoe fel is de lichtflits nu? Neem de proef ook met de kleinere elko's van 47 μ F en 10 μ F. Let op de juiste poolaansluiting van de condensators.

Zoals je zult hebben opgemerkt lichten de lampjes met de 220 μ F elko nog maar zwakjes op. Met de 47 μ F en 10 μ F valt er niets te zien.

Een bewaarplaats voor elektrische stroom

Om gemakkelijk te begrijpen wat er nu precies gebeurt is in het experiment, hebben we het schema in twee delen getekend, (3) en (4). De diode hebben we weggelaten, die is voor het begrijpen van wat er gebeurt niet belangrijk. G = generator, de stroombron (gelijkstroomuitgang).

De stroomkring in fig. 3 is gesloten met de ingedrukte T_1 . De condensator gedraagt zich nu als een opslagplaats voor de stroom die door de bron wordt geleverd.

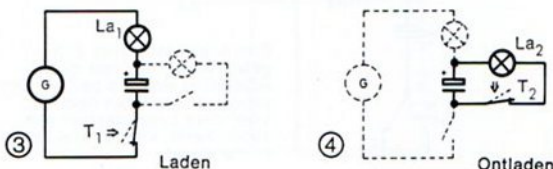
De technicus zegt: de condensator wordt geladen. Het korte lichtflitsje van La_1 is een teken dat het laden zeer snel gaat. Is de condensator vol, dan loopt er geen stroom meer door de laadkring – ook al druk je nog zo vaak of nog zo lang op T_1 .

Maar druk je nu T_2 in plaats van T_1 in, dan ontstaat een stroomkring (4). De opslaplaats wordt zogezegd geleegd. De stroom loopt nu door La_2 . In vaktaal: de condensator ontladend via L_2 . De bron die het lampje L_2 in de ontladkring doet oplichten, kan alleen de condensator zijn. Van het feit dat een geladen condensator als een stroombron kan werken, leeft de halve elektronika.

Natuurlijk kan een condensator nooit meer afgeven dan hij eerst heeft opgenomen. En dat hangt af van het laadvermogen; van de capaciteit. Als maat voor de capaciteit wordt in de praktijk de microfarad gebruikt. Met als symbool μ F. De Griekse letter μ (mu) betekent: miljoenste. Begrijpelijk dat de lampjes met de 470 μ F-elko veel feller oplichten dan bij de 220 μ F-elko. De capaciteit is veel kleiner. En een 47 μ F levert niet eens genoeg voor het oplichten.

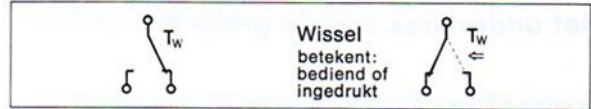
Nog iets: je kunt de stroom »in« een geladen condensator om zo te zeggen als ingeblikte stroom beschouwen. Maar dat kan niet voor onbeperkte tijd. Elektrolytkondensators ontladen heel langzaam. Elko's lekken zogezegd een beetje.

■ Als je dat interessant vindt, kun je uitzoeken na hoeveel minuten of uren de 470 μ F nog een zichtbare lichtflits produceert bij het ontladen.

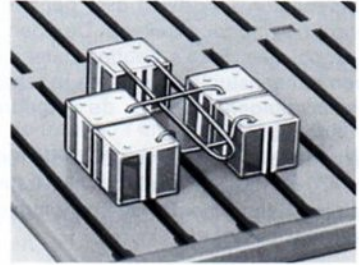


Met een wissel gaat het beter

Bij het experiment heb je vast wel eens per ongeluk beide drukknoppen tegelijk ingedrukt. Met een wissel, een wisselkontakt, kun je dat vermijden. Het symbool staat in het kader rechts bovenaan. Bovendien heb je nu aan één lampje voor het laden en ontladen genoeg.

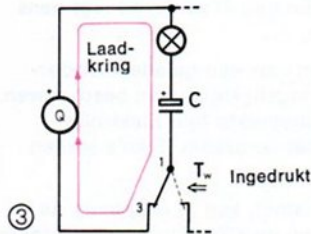
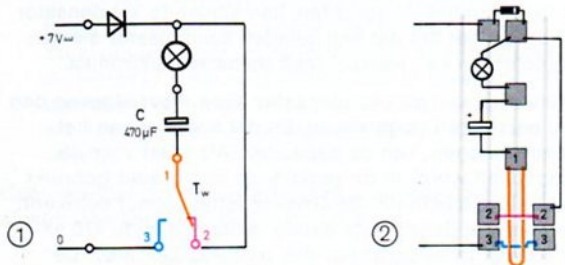


- Het schema voor de condensatorproef met het wisselkontakt zie je in fig. 1. In het bouwschema (2) zie je hoe je het wisselkontakt door een simpele ombouw van de K-stenen kunt maken. De hele truc is de beide contacten 2 (rood) en 3 (blauw) zo achter elkaar te plaatsen dat in de ruststand de kontakttong 1 (oranje) tegen het rechte kontaktstuk 2 drukt. Druk je nu de kontakttong naar beneden, dan wordt kontakt gemaakt met kontaktstuk 3.



- Met deze drukknop verwissel je de verbindingen, vandaar de naam wisselkontakt. Overtuig je er van dat het lampje nu bij elke wissel van het kontakt oplicht.

Uit fig. 3 en 4 blijkt dat ook deze schakeling een laad- en een ontladkring heeft.



Het antwoord op in de tekst gestelde vragen:

Pag. 12

Voor lampje B zijn er, behalve de reeds genoemde, geen andere aansluitingen op 4,5 V mogelijk. Maar lampje A kun je ook nog tussen de K-stenen van 1,5 V en 4,5 V plaatsen. Het lampje krijgt dan een spanning van $4,5 - 1,5 \text{ V} = 3,0 \text{ V}$.

Pag. 13

De bronspanning van 4,5 V wordt verdeeld over 2 dezelfde lampjes. Elk lampje krijgt $4,5 \text{ V} : 2 = 2,25 \text{ V}$.

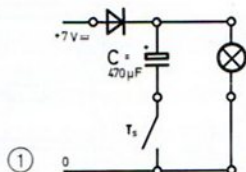
Pag. 27

Wanneer de transistor, nadat de elektroden door het water zijn kortgesloten, praktisch geen weerstand aan de stroom biedt, dan moet de spanning tussen de aansluitingen C en E praktisch gelijk aan nul zijn. Het lampje ligt in serie met de transistor en vormt daarmee een spanningsdeler. Dat betekent: praktisch de volle spanning van 4,5 V staat op het lampje.

Het afvlakken van een pulserende gelijkstroom

We komen nu aan een belangrijke toepassing van elektrolytische condensators. De kop van dit hoofdstuk zegt er al iets over. De volgende proef laat precies zien wat daarmee wordt bedoeld.

- Allereerst plaatsen we de $470\ \mu\text{F}$ -elko in de schakeling van fig. 1. Let op de polariteit. Druk T_s meermalen in. Hoe reageert het lampje?



- Vervang het lampje door de motorratel. Wat gebeurt er bij het sluiten van T_s ?

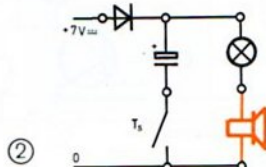
Wanneer het maakcontact T_s is gesloten (de condensator is op de plus en min van de stroomkring aangesloten), dan brandt het lampje feller en loopt de motor sneller. Hoe zou dat komen? De luidspreker geeft het antwoord op die vraag.

- Plaats de luidspreker in serie met het lampje, zie fig. 2. Als T_s open staat dan hoor je een welbekend brommen, veroorzaakt door een pulserende gelijkstroom. Neem je de condensator in de stroomkring op door T_s in te drukken, dan stopt het brommen direct. Dat betekent, zoals we weten, dat er nu een zuivere –of afgevlakte– gelijkstroom door de luidspreker vloeit.

Daarvoor zorgt de tussen (+) en (–) aangesloten elko. We noemen hem daarom kortweg afvlakcondensator. De afvlakking blijkt uit een hogere voedingsspanning van het lampje en de motor. We zullen er nu niet verder op ingaan hoe dat komt.

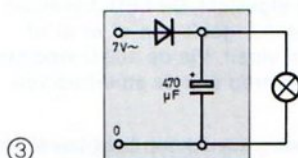
- Ga na of de elko's van $220\ \mu\text{F}$ en $57\ \mu\text{F}$ in de schakelingen (1) en (2) hun taak als afvlakcondensator even goed vervullen.

Je zult zien dat de afvlakking zwakker wordt naarmate de condensator kleiner is. Met de $47\ \mu\text{F}$ bromt de luidspreker weer. Deze elko heeft dus onvoldoende capaciteit om de pulserende gelijkstroom af te vlakken. We gebruiken daarom voorzichtigheidshalve de grote elko van $470\ \mu\text{F}$.



Voor de meeste elektronische schakelingen is een afgevlakte gelijkstroom nodig. Gebruik je daarvoor de G-uitgang van de geheel opengedraaide trafo dan is de afgevlakte spanning te hoog voor het lampje bij langer gebruik. Hetzelfde geldt voor de transistors in bepaalde motorschakelingen. Waar nodig gebruiken we derhalve de W-uitgang van de trafo, zie fig. 3. De zekeringdiode maakt tegelijk van de wisselspanning een pulserende gelijkspanning, zoals we op pag. 23 hebben gezien.

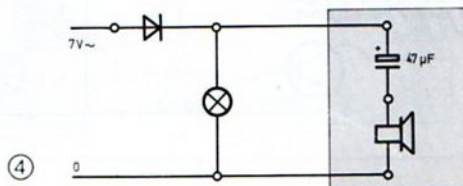
- Ga na dat een lampje zwakker brandt wanneer je de W-uitgang gebruikt van de trafo in plaats van de G-uitgang van de geheel opengedraaide trafo.



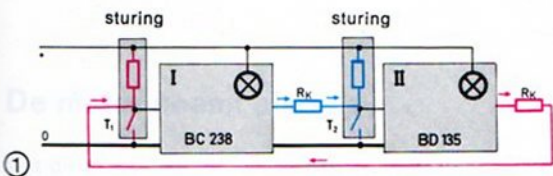
Een zorg minder!

Je herinnert je nog wel dat bij het onderzoek van onze stroombronnen de luidspreker steeds slechts korte tijd aangesloten werd om overbelasting te voorkomen (met een voorschakelweerstand zou je geen membraantrillingen kunnen constateren). Wanneer je een elko in serie met de luidspreker schakelt, behoeft je je geen zorgen meer te maken.

- Sluit de luidspreker en de $47\ \mu\text{F}$ -elko op het lampje aan volgens fig. 4. De voeding is een pulserende gelijkstroom. Je kunt ook de G-uitgang van de trafo nemen.
- De zachte »netbrom« verdwijnt natuurlijk als je de pulserende gelijkstroom met de $470\ \mu\text{F}$ -elko afvlakt. Wil je de serieschakeling »condensator–luidspreker« als audiosignaal gebruiken, dan mag de voedingspanning niet worden afgevlakt.



- Voor de oranje getekende verbindingen aan de ingangen A_1 en A_2 neem je korte kabeltjes, aan beide kanten voorzien van kontaktpennen. We noemen ze draadkontakten. Verbind ingang A_1 via het draadkontakt met de nul. Het lampje La_1 dooft, La_2 licht op. Trap I stuurt trap II. De schakeling reageert precies zo als de tweetrapsschakeling (3) op pag. 30 met het omkeren van het signaal in trap II. Til je het draadkontakt op, dan krijg je de oude signaaltoestand terug.
- Verbind je daarentegen A_2 met (0) dan verandert er niets – minder dan niet – branden kan La_2 niet. Trap II kan trap I niet beïnvloeden (sturen).
- Maar nu komt de truc: we verbinden bovendien de uitgang van trap II met de ingang van trap I. Dat is de rood getekende verbinding met de $100\ \Omega$ -weerstand R_K . De technicus noemt dit een terugkoppeling. Fig. 1 laat de principe zien.
- Nu leg je afwisselend eerst de ene, dan de andere ingang van de transistortrappen aan de nul, door de draadkontakten even tegen de nul-rail aan te tippen.



Door de truc van de terugkoppeling is een schakeling met heel nieuwe kenmerken ontstaan, zoals je waarschijnlijk wel zult hebben opgemerkt.

Een korte tip (of flip) met het juiste draadkontakt veroorzaakt een blijvende – en dat is nieuw voor ons – omkering van het lichtsignaal. Alleen door een tip (of flop) met het andere draadkontakt van de trap met het brandende lampje, floept de schakeling weer in de eerste stand.

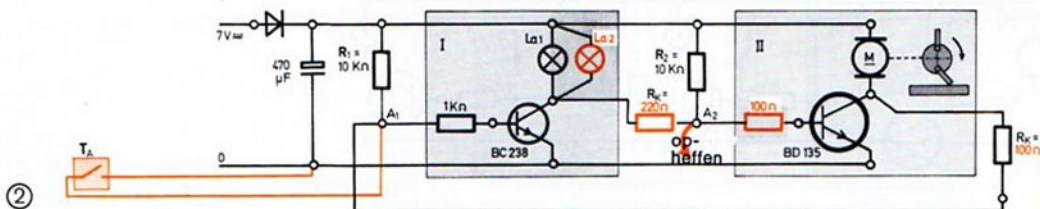
Het aantippen heet in het Engels »to flip« en het terugtippen »to flop«. Vandaar de naam flipflop voor deze bijzonder belangrijke elektronische schakeling. De technicus spreekt van een vibrator, omdat de flipflop door het juiste stuursignaal van de ene in de andere stand vibreert. Vibreren = trillen tussen twee uiterste standen.

In de techniek wordt de flipflop b.v. veel gebruikt als men een apparaat of machine vanaf verschillende plaatsen moet kunnen aan- en uitzetten. Een interessante toepassing is de nu volgende schakeling.

Een alarmsignaal wordt vastgehouden

Dat is van belang, een dief kan een opgewekt alarm-signaal niet zelf weer opheffen. Een dergelijke alarmschakeling kun je met de flipflop bouwen.

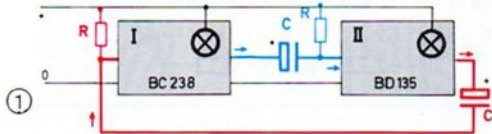
- Om schakeling (2) met de motorratel perfect te laten werken, moet je de afgevlakte spanning van de G-uitgang nemen. De oranje getekende weerstanden hebben nu een andere waarde dan voorheen. Plaats La_2 (oranje in de tekening) parallel met La_1 in trap I.
- Als alarmknop T_A kun je het beste een fischer-techniek drukknop nemen of een zelfgebouwde van assen en draad. Wordt T_A ingedrukt, b.v. door het openen van een verboden deur, dan slaat de motorratel in je kamer direkt alarm – ook nadat de vluchtende dief de deur weer snel heeft dichtgeslagen. Al is de dief nog zo snel, de flipflop achterhaalt hem wel.
- Alleen jij kunt de flipflop op de hiervoor beschreven wijze weer omzetten en het vastgehouden alarm-signaal tot zwijgen brengen.



Wat is een pulsgenerator?

Genereren betekent zoveel als opwekken. Wat een pulsgenerator doet zullen we nu gaan zien. Het verschil met de flipflop is klein, maar...

- In fig. 1 zie je het principe van de generator. Het schema lijkt qua opbouw veel op onze flipflop, alleen zijn nu de koppelweerstand van $100\ \Omega$ vervangen door de condensatoren C_1 en C_2 .



- Fig. 2 geeft het schema van de generator. Voor C_1 en C_2 nemen we elk een $220\ \mu\text{F}$ -elko; R_1 en R_2 hebben weer een waarde van $10\ \text{k}\Omega$.

Denk er om: de (+) aansluitingen van de elko's moeten naar de kollektor van de betreffende transistor wijzen!

- Loop de schakeling na of je alles juist hebt aangesloten. Sluit de schakeling aan op de G-uitgang van de trafo. Niet helemaal opendraaien! De lampjes zullen je daarvoor dankbaar zijn.

En nu weet je wat een pulsgenerator is.

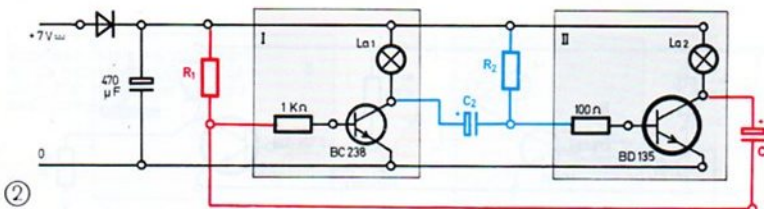
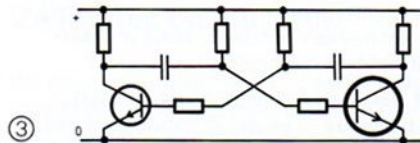
Bij de **flipflop** zijn de beide mogelijke signaalstanden stabiel, zegt de technicus, omdat ze niet uit zichzelf veranderen. Daarom wordt de flipflop een **bistabiele multivibrator** genoemd. Dat vraagt wel enige uitleg. Bi betekent twee. Dus in twee standen stabiel. Multi = veelvoudig en vibreren = trillen. De flipflop kan dus vele keren tussen twee standen trillen, maar alleen als je het juiste stuursignaal geeft. Beide standen zijn stabiel!

Nu de **pulsgenerator**, die vibreert voortdurend tussen de beide standen heen en weer. Vandaar dat hij de naam **a-stabiele multivibrator** heeft gekregen. A-stabiel = niet stabiel.

Dat automatisch heen en weer wippen wordt bewerkstelligd door de beide condensators. Ze vormen het enige verschil tussen de pulsgenerator en de flipflop. Hoe het elektronisch allemaal precies in zijn werk gaat, is vrij gekompliceerd en voor onze praktische toepassingen ook niet belangrijk. Daarom zien we daar op het moment van af.

Op de volgende pagina's vind je een aantal interessante toepassingen van de pulsgenerator. Flikkerlichten, het sturen en regelen van motoren in modellen en vele gekke geluidseffekten. Kortom: spelen met elektronika.

Leerboeken geven vaak het in fig. 3 getekende schema van een pulsgenerator. Je ziet daarin heel duidelijk hoe beide helften in principe elkaars spiegelbeeld zijn.



Flikkerlichten voor vele doeleinden

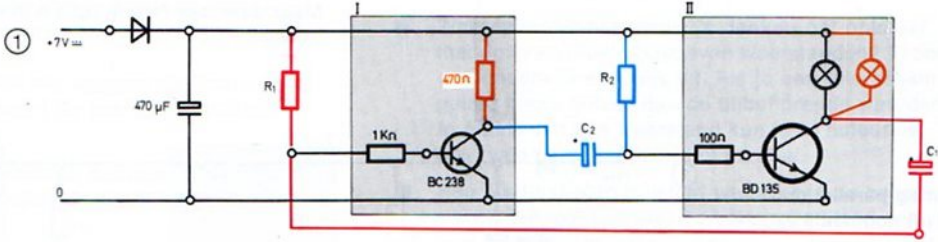
Lichtboeien, alarm- en signaallampjes, richtingaanwijzers – het zijn slechts enkele voorbeelden van toepassingen in de praktijk van alledag.

- In de nieuwe pulsgenerator hebben we in de eerste trap het lampje vervangen door een 470 Ω-weerstand. Met deze schakeling kun je een hele serie flikkerlichten bouwen door het gebruik van verschillende weerstandswaarden en condensatorcapaciteiten, resp. in Ω en μF.
- Probeer dat maar eens met de waarden in de tabel hiernaast. Onderstreep de waarden die je belangrijk vindt en zet in de kolom »opmerkingen« voor welk doel je het flikkerlicht zou willen gebruiken. Bij voorbeeld: richtingaanwijzer, alarm, enz.

- Je kunt natuurlijk ook andere combinaties uitproberen. Let er wel op dat het lampje in elke proef op slag volledig aan- en uitgaat. Brandt het niet fel maar gaat het langzaam aan- en uitgloeien, stop de proef dan onmiddellijk. Verbinding met de voedingsbron verbreken. De transistors zouden te warm kunnen worden en defekt raken.

R ₁ (kΩ)	C ₁ (μF)	R ₂ (kΩ)	C ₂ (μF)	opmerkingen
10	220-47-10	10-22-47	220	
22	10	100	220	
100	220	10	220-47-10	
22	10	47	47	

Haal steeds de voedingsspanning van de schakeling af door de verbinding met de spanningsbron te verbreken, alvorens je componenten in de schakeling verwisselt. Alleen dan zal de nieuwe schakeling goed werken.



De motor neemt stappen

Met de pulsgenerator kun je ook de motor sturen. Bij voorbeeld in een model van een transportband die steeds een stukje moet opschuiven. Anders gezegd: de band moet per tijdseenheid een stuk vooruitgaan en dan stoppen.

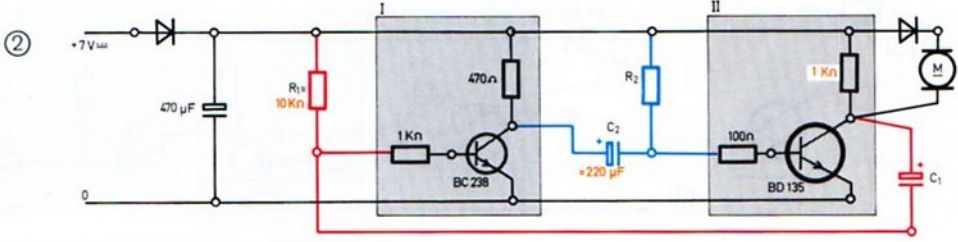
- Vervang het lampje in de schakeling door de motor. Tevens moet je de tweede diode in serie met de motor plaatsen en een 1 kΩ-weerstand parallel. In geen geval mag je de waarde van de stuurweerstand R₁ = 10 kΩ groter maken, dat heeft nadelige gevolgen voor de BD 135.
- Met de Ω-waardes van de tabel kun je de periodes (= motor staat stil + motor draait) tussen ongeveer 1 en 30 seconden variëren.

- Neem de proef met de verschillende weerstandswaarden en noteer in de tabel de tijden die je belangrijk vindt.

De looptijd van de motor verandert bij de aangegeven C₁waarden slechts tussen 1 en 1/2 seconde. Probeer vooral niet al te lange draaitijden en korte stoptijden te realiseren. Dat is niet zo best voor de BD 135.

R ₂ (kΩ)	C ₁ (μF)	Motor stopt (sek)	R ₁ = 10 kΩ en C ₂ = 220 μF blijven onveranderd
10 ... 220	220		
	47		
	10		

Vergeet niet de voedingsspanning uit te schakelen alvorens componenten te verwisselen. Anders funktioneert de schakeling niet goed.



Elektronische slakkengang

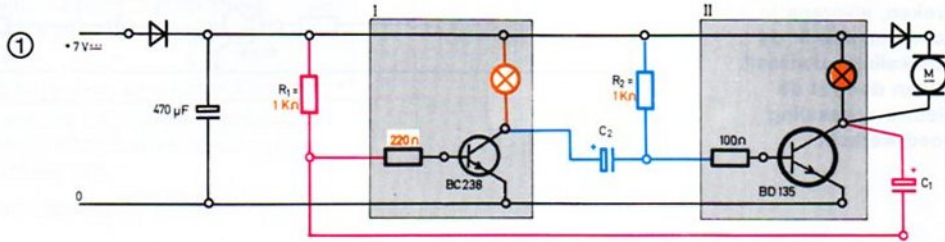
In de moderne techniek worden voor het regelen van motoren bijna geen voorschakelweerstand meer gebruikt, zoals we dat in de vorige schakeling hebben gedaan. Het volgende experiment toont een andere, interessante mogelijkheid om de motor langzaam te laten draaien. De schakeling van pag. 38 moet je daartoe een klein beetje veranderen.

- De te veranderen onderdelen zijn in de nieuwe schakeling oranje getekend. Kies om het principe te leren kennen eerst $C_1 = C_2 = 220 \mu\text{F}$. De motor moet – evenals het lampje – steeds voor korte periodes geen stroom krijgen. Door de traagheid is de invloed op de snelheid niet erg groot.
- De motor loopt op volle snelheid als je beide condensators uit de schakeling haalt.

- Kies nu voor C_1 of C_2 in plaats van $220 \mu\text{F}$ de kleinere $47 \mu\text{F}$ en daarna de $10 \mu\text{F}$. De motor loopt dan al gelijkmatiger. Maar de tijd dat er stroom door de motor en het lampje loopt, is nog steeds zo groot dat het toerental slechts weinig wordt verlaagd.
- Langzamer gaat de motor pas draaien wanneer je $C_1 = 10 \mu\text{F}$ en $C_2 = 47 \mu\text{F}$ en dan $220 \mu\text{F}$ neemt.

Het regelprincipe is duidelijk: in tegenstelling tot de schakeling met de voorschakelweerstand, waarbij de motor wel konstant maar slechts weinig stroom kreeg, zijn er nu snel opeenvolgende krachtige stroomstoten, impulsen in vaktal geheten. Bij deze impulsvoeding van de motor zijn er geen start- of aanloopp problemen. In de praktijk worden de horten en stoten opgevangen door een sneller werkende schakeling te nemen. Maar daarvoor heb je op z'n minst één transistor meer nodig.

Je mag parallel met de $220 \mu\text{F}$ nogmaals $220 \mu\text{F}$ en in serie met $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ nog 470Ω opnemen. In geen geval meer!



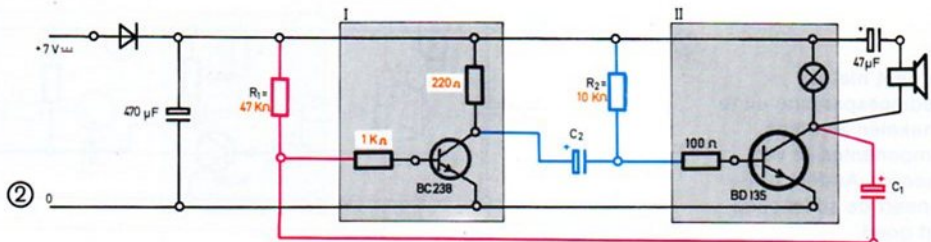
Elektronisch geluid maken

Als je de motor vervangt door de luidspreker, dan kun je met de pulsgenerator heel verschillende geluiden produceren. Daartoe moet je de schakeling iets veranderen:

- In fig. 2 zie je dat de motor en diode zijn vervangen door een serieschakeling bestaande uit $47 \mu\text{F}$ -condensator en de luidspreker. Deze maakt het vibreren van de pulsgenerator hoorbaar. Als stuurweerstand R_1 en R_2 neem je resp. een $47 \text{ k}\Omega$ en een $10 \text{ k}\Omega$. Begin met $C_1 = C_2 = 220 \mu\text{F}$. Na het inschakelen van de trafo hoor je de luidspreker met tamelijk lange pauzes »klik« en »klak« zeggen met bovendien een zacht brommen.

- Breng nu achtereenvolgens C_1 of C_2 terug tot $10 \mu\text{F}$. Nu knettert de luidspreker van jewelste. Wanneer de pulsgenerator na een verandering niet »aanslaat«, dan moet je de trafo even uitschakelen en weer aanzetten. Nog sneller wordt het geknetter als je voor R_1 niet $47 \text{ k}\Omega$, maar $22 \text{ k}\Omega$ - en daarna $10 \text{ k}\Omega$ -weerstand neemt.
- Wil het lampje niet meeflikkeren? Vervang het door de dikke 100Ω -weerstand.

Je hebt vast al begrepen dat het geknetter sneller wordt naarmate de condensators en de weerstanden R_1 en R_2 een lagere waarde krijgen. We gaan nu nog kleinere condensators gebruiken.



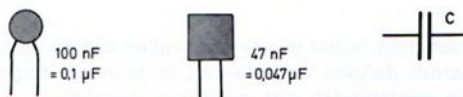
Fluit-, piep- en andere tonen...

ontstaan wanneer je de elko's vervangt door de mini-C condensators die in het kader rechts zijn getekend. De twee gelijke dwarsstrepen in het symbool betekenen dat je bij deze condensators niet op de polariteit hoeft te letten. De capaciteit is 100 resp. 47 nF (spreek uit: (nanofarad). 100 nF is 1/10 μF . de capaciteiten zijn veel kleiner dan van de tot nu toe gebruikte condensators. Maar we hebben ze nodig om van de »ruis«-generator een »toon«-generator te maken.

- Overtuig je er van dat de schakeling volgens fig. 1 een toon, ook al is die erg schriel, produceert. Het lampje moet tamelijk fel branden. Wanneer je erg goed luistert, hoor je dat er 2 tonen ontstaan.
- Wanneer de schrille toon die de luidspreker met de 47 nF-kondensator produceert, je al te zeer op de zenuwen werkt, dan kun je beter de serie-schakeling (fig. 2) van de luidspreker met de dikke 100 Ω -weerstand nemen. Deze combinatie zullen we, wegens de fijnere toon, de fluit noemen. Je hoort nu ook de dubbeltoon beter.
- Vervang de 47 k Ω -weerstand door de 22 k Ω . Wordt de toon nu hoger of lager? Wat gebeurt er als je $R_1 = 10$ k Ω maakt?
- Verander R_2 in 22 k Ω .
- Een aanzienlijk hogere toon krijg je met 47 nF voor C_1 en C_2 . Probeer ook de combinatie: $C_1 = 100$ nF. En omgekeerd.
- Schakel je de toongenerator uit en aan, door het dichtdraaien van de trafo of het onderbreken van een der stroomdraden, dan krijg je elke keer een »toegift« te horen. Deze nagalm is afkomstig van de 470 μF -elko die na het uitschakelen zijn lading nog afgeeft en door de schakeling laat vloeien.
- Een directe onderbreking van de toon, zoals b.v. bij morse-seinen nodig is, verkrijg je door één van de draden naar de condensator te onderbreken.

Zoals je hebt gehoord produceert de toongenerator met kleinere capaciteitswaarden hogere tonen en omgekeerd.

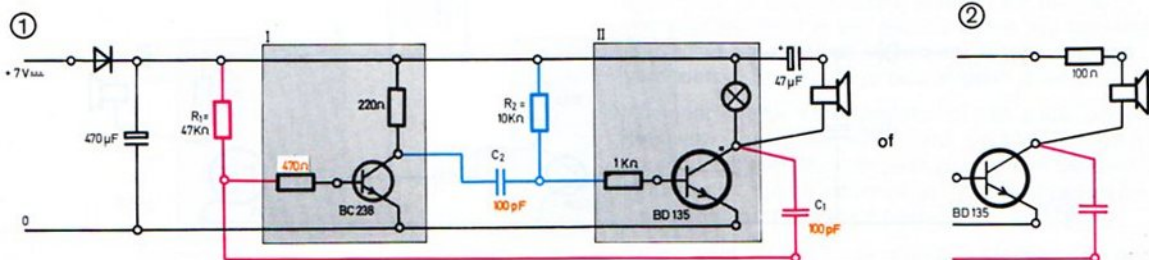
Keramik - Scheibencondensatoren



Hogere tonen kun je ook verkrijgen door voor R_1 kleinere waarden te nemen. Je kunt dat duidelijk horen als je de in de tabel genoemde combinaties van R- en C-waarden onderzoekt.

- Waaraan doet het geruis je denken dat ontstaat met de in de tabel opgegeven weerstanden? Probeer ook andere Ω -waardes uit. Als je een interessant geluid hoort, noteer dan de bijbehorende waarden. In plaats van één weerstand kun je er natuurlijk ook twee nemen. In serie of parallel.
- Een Martinshoorn ontstaat wanneer je de tweede weerstand, parallel met de vaste weerstand, via een drukknop in- en uitschakelt.

R_1 k Ω	C_1	R_2 k Ω	C_2	Toon klinkt als
10	47 nF	10	47 nF	
47		10		
100		10		
220		10		
1000		10		
100		220		
220	100 nF	1000	100 nF	
220		1000		
47		220		10 μF



Waarschijnlijk is het je ook opgevallen dat bij de hoge R-waarden de toon verandert als je de aansluitingen van de weerstanden met je vingers aanraakt.

- Je kunt de R_1 of R_2 vervangen door je lichaam!

Neem 2 blanke draden, steek de uiteinden in de K-steen en houd je vingers op de draden. Met de druk die je uitoefent en de grootte van het aanrakingsvlak, verandert de toon. Met je lichaamsweerstand als R_1 en $R_2 = 22$ tot $1000\text{ k}\Omega$ kun je allerlei wonderbaarlijke geluiden produceren. Van vogelgetsjilp tot en met een krakende trap. Wat krijg je te horen als je je vingers natmaakt?

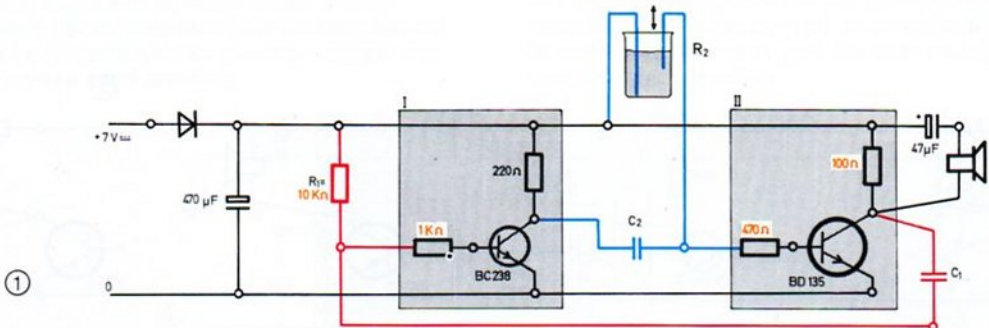
Nog meer nieuwe trucs

De truc voor de volgende »muziekschakeling« berust hierop dat je als stuurweerstand R_2 voor de toongenerator een oude bekende neemt: elektroden in water. De opbouw geeft fig. 1. Door de elektroden (blauw getekend) meer of minder diep in het water te dompelen of de afstand tussen de elektrodes te veranderen, kun je de Ω -waarde van R_2 continu (zonder onderbrekingen) veranderen. Mocht er alleen wat knarsen te horen zijn – strooi dan een beetje keukenzout in het water.

- Om de BD 135 te beschermen voor het geval de elektrodes elkaar per ongeluk raken, neem je als veiligheidsweerstand $470\ \Omega$ in plaats van $100\ \Omega$. Voor de BC 238 zet je een $1\text{ k}\Omega$ -weerstand. En nu aan de slag.

- Neem eerst voor R_1 een $10\text{ k}\Omega$ -weerstand en voor C_1 en C_2 elk 100 nF . Je zult snel ontdekken hoe je met de elektroden een melodie kunt opbouwen (trillen met de hand). Houd ook in de gaten op welke wijze de diepte, resp. de afstand tussen de elektroden bepalend is voor de toonhoogte. (Van de waterverontreiniging bij deze proef hoeft je je niets aan te trekken.)
- Wil je tussen 2 tonen een korte pauze inlassen, dan onderbreek je de in het schema getekende verbinding tussen C_1 en de ingang van trap I. Het beste kun je daarvoor een fischertechnik drukknoop of mini-drukknoop nemen.
- Probeer hogere Ω -waarden voor R_1 ; verander ook de waarden van de condensators.
- Vervang de $100\ \Omega$ -weerstand in de fluit door een lampje.
- Vervang het water door andere vloeistoffen, b.v. melk, coca-cola, enz.
- Vervang ook R_1 door water en elektroden.
- Gebruik beide handen als stuurweerstand. Wanneer je beide draden in een appel steekt, krijg je een smartelijk geschrei.
- Teken met een heel zacht potlood een zo dik mogelijke streep (grafiet!) op een glad stuk karton. Met de draadelektroden kun je er een melodie aan ontlocken.

Dat waren dan enige mogelijke toepassingen van de toongenerator als muziekinstrument of om allerlei geluiden, dieren of gehuil na te bootsen. Voor de rest kun je zelf met een beetje fantasie nog vele andere mogelijkheden bedenken. Op pag. 75 (blauwe balk) wordt ook nog besproken hoe je met de toongenerator een zeer gevoelig, op licht reagerend alarmapparaat kunt maken.



De gele pagina's

Je hebt nu de eerste etappe van het elektronika praktijkum afgelegd. En, hoe vond je het? »Leuk«, zul je zeggen, »en interessante schakelingen maar die theoretische brij van spanningen, serie- en parallelschakelingen en ga zo maar door . . .«

Geeft niets als je niet alles vanaf het begin tot het eind in de finesses hebt begrepen. Zeker is dat het voor naamste wel is blijven hangen; en dat is voldoende om het begrijpen van de nu volgende schakelingen en modelbesturingen te vergemakkelijken. En wedden, dat je daarbij vanzelf terug gaat bladeren om één en ander nog eens precies na te lezen?

Ook de theoretische beschouwingen in kort bestek die nu volgen, moet je beslist niet overslaan. Maar mocht het je zo nu en dan echt te gortig worden, dan ga je even verder met een paar interessante schakelingen. Later duik je gegarandeerd weer in de theorie – namelijk wanneer je zelf experimenten wilt opzetten of een schakeling uit het boek naar eigen idee wilt veranderen. En dat zul je beslist gaan doen.

Wanneer daarbij een transistor of een ander onderdeel sneuvelt – geen man overboord. Op pag. 79 vind je een stuklijst met alle nummers zoals die in de elektronika gebruikelijk zijn en waarmee je de componenten bij de vakhandel kunt kopen of bestellen.

En nu, veel succes in de volgende etappe – de gele pagina's.

Spanning – weerstand – stroomsterkte

Na de eerste etappe in de elektronika-tour heb je al heel wat ervaring en kennis opgedaan. We zijn begonnen bij de oorsprong van al het »elektrische gebeuren«, bij de spanningsbron. Nog even in kort bestek de resultaten van onze experimenten:

- Onze drie bronnen zijn: batterijhouder, de gelijk- en de wisselstroomuitgang van de trafo. Ze leveren resp. een zuivere gelijkspanning, een pulserende gelijkspanning en een wisselspanning.
- De eenheid voor de hoogte van een spanning is de volt (V) – zoals de hoogte van een gebouw wordt uitgedrukt in de eenheid meter.
- De bronspanning drijft of stuurt de elektrische stroom door de aangesloten stroomkring. Vooropgesteld dat die niet ergens, al dan niet opzettelijk, onderbroken of geopend is.
- Hoe hoger de bron- of voedingsspanning van een schakeling, hoe sterker ook de stroom die door de kring vloeit.
- Weerstanden bieden een bepaalde weerstand aan de stroom, ze werken het vloeien van de stroom tegen. De waarde van een weerstand wordt in Ohms (Ω) uitgedrukt. V en Ω zijn eenheden; de getallen drukken de grootte (de waarde) in de betreffende eenheid uit.
De weerstandswaarde in Ω van een weerstand kun je aflezen aan de kleurringen. De betekenis daarvan vind je op de binnenkant van het omslag.
- Wordt b.v. een lampje in serie met een weerstand op een bepaalde spanningsbron aangesloten, dan vloeit er minder stroom naarmate de waarde van de weerstanden hoger is.

Konklusie uit het voorgaande: de stroomsterkte in een stroomkring is zowel afhankelijk van de aangelegde spanning als van de weerstanden in de kring. Alvorens we op deze belangrijke samenhang verder ingaan, eerst een ander punt dat je wel gemist zult hebben:

de maat of eenheid voor de stroomsterkte.

De eenheid voor stroomsterkte is de ampère (A). Die naam is gekozen als een eerbewijs aan de Franse natuurkundige Ampère, evenzo zijn de volt en de ohm gekozen resp. als eerbewijs aan de Italiaan Volta en de Duitser Ohm. Wie weet, doe je best en er wordt nog eens een eenheid naar jou vernoemd.

De elektronikus rekent liever met kleinere eenheden en meet met kleinere maten. Namelijk de milli-ampère (mA). De letter m van milli betekent éénderduizendste. 1 A = 1000 mA. In onze schakelingen werken we niet met stroomsterktes van 1 A of meer. In tegendeel, een beslissende rol spelen vaak stroompjes die kleiner zijn dan éénderduizendste ampère (= 1 mA). Daar krijg je spoedig mee te maken.

De hulpvaardige formule van Ohm

De Ω -waarde van de weerstanden kun je aflezen aan de kleurringen. De hoogte van een bronspanning is ook bekend (waarover zo direkt meer). Alleen de stroomsterkte vind je nergens aangegeven.

Tot nu toe hebben we die een beetje met de natte vinger afgemeten aan de helderheid van een brandend lampje. Maar wat te doen als we de stroomsterkte willen weten in een weerstand, een diode of een transistor?

Natuurlijk, je weet dat je de stroomsterkte kunt bepalen met een meter. Maar als je geen meetinstrument hebt dan brengt een beroemde formule, die Simón Ohm zo'n 100 jaar geleden heeft opgesteld uitkomst. Met zijn formule kun je gemakkelijk de stroomsterkte in een stroomkring berekenen als je eenmaal de spanning weet en de waarde van de weerstanden die in de stroomkring liggen.

Die formule luidt:

stroomsterkte (in A) = spanning (in V) : Weerstand (in Ω)

In woorden: de stroomsterkte is de spanning gedeeld door de weerstand.

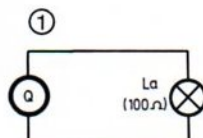
Laten we nu de formule van Ohm, ook wel Ohmse Wet genoemd, nu eens gelijk toepassen op een eenvoudige stroomkring van een bron met een lampje. Zie fig. 1. Eenvoudigheidshalve nemen we aan dat het lampje een weerstand van 100 Ω biedt (in werkelijkheid is het iets meer). De stroomsterkte die het lampje doet branden als je het op de batterijhouder of trafo aansluit, berekenen we dan als volgt:

$$\begin{aligned} \text{spanning} : \text{weerstand} &= \text{stroomsterkte} \\ 4,5 \text{ V} : 100 \Omega &= 0,045 \text{ A (batterijhouder)} \\ 7,5 \text{ V} : 100 \Omega &= 0,070 \text{ A (trafo)} \end{aligned}$$

Om al die lastige nullen weg te werken vermenigvuldigen we de uitkomsten met 1000 en delen we de eenheid door 1000. In dat geval krijgen we 45 mA resp. 70 mA.

In de praktijk bevat een stroomkring veel meer componenten dan één lampje. Hoe je de stroomsterkte moet berekenen in een serie- en in een parallelschakeling komt op de volgende pagina aan de orde.

Q = batterijhouder (4,5 V) of de G-uitgang (7 V . . .) of de W-uitgang (7 V \sim) van de trafo



De stroomsterkte in een serie- en in een parallelschakeling

De stroom door een serieschakeling

Wanneer je een weerstand en een lampje volgens fig. 1 in serie op de bron aansluit, dan krijg je een stroomkring waarin de stroom de rood getekende weg volgt.

Duidelijk is dat de serieschakeling een grotere weerstand aan de stroom biedt dan b.v. alleen het lampje. De totale weerstandswaarde bereken je simpelweg door de beide Ω -waardes: 220Ω (R) en 100Ω (La) bij elkaar op te tellen. Resultaat: 320Ω . En nu kun je met de Wet van Ohm uitrekenen hoe groot de stroomsterkte is.

$$4,5 \text{ V} : 320 \Omega = 0,014 \text{ A} = 14 \text{ mA.}$$

Belangrijk is dat de stroomsterkte in de weerstand en in het lampje dezelfde waarde heeft (in ons voorbeeld 14 mA). Algemeen geldt:

in een serieschakeling is de stroomsterkte in elk punt van de stroomkring even groot.

Onthoud deze regel goed.

De stroom door een parallelschakeling

Sluit je daarentegen dezelfde onderdelen parallel (fig. 2) op de bron aan, dan krijgen we een »vertakte« stroomkring, waarin de stroom de rood getekende wegen volgt. Gemakshalve wordt in schema's en formules een kursieve I gebruikt voor de stroom. Op de weg van plus- naar minpool verdeelt de stroom zich bij punt A in de deelstromen I_1 (ie-één) en I_2 . I_1 gaat door de weerstand en I_2 door het lampje. Op het verzamelpunt B verenigen de beide deelstromen zich weer tot de volle stroom I .

Wiskundig uitgedrukt: $I = I_1 + I_2$.

Op de weerstand en het lampje staat dezelfde spanning. De sterkte van de deelstromen en de totale stroom kunnen we gemakkelijk uitrekenen. Vul nu het ontbrekende in:

$$I_1 = 4,5 \text{ V} : 220 \Omega = \dots \text{ A} \quad I_2 = 4,5 \text{ V} : 100 \Omega = \dots \text{ A} \\ I = I_1 + I_2 = \dots \text{ A} = \dots \text{ mA} \quad \text{Antwoord op pag. 62.}$$

In totaal loopt er dus meer stroom door de parallelschakeling dan b.v. alleen door het lampje. Conclusie? De waarde van de totale weerstand moet door het parallelschakelen kleiner zijn geworden – en wel lager dan de Ω -waarde van de kleinste weerstand. Iets dat je goed moet onthouden.

De dikke en de dunne

Het zal je wel verbaasd hebben dat de weerstanden beneden de 100Ω zo groot en dik zijn, terwijl de weerstanden met hogere Ω -waarden kleiner en dunner zijn. Bovendien is er een dikke en een dunne van 100Ω . De reden daarvoor blijkt uit de volgende proef.

- Sluit volgens fig. 3 de dikke 100Ω -weerstand en de 47Ω -weerstand parallel aan op de G-uitgang van de geheel opgedraaide trafo. Leg een vinger op beide weerstanden. Op welke houdt je dat het langst uit?
- Vervang de 47Ω - door een 22Ω -weerstand. Voorzichtig bij het aanraken. Schakel op z'n allerlaatst de stroom na 1 minuut uit. Wanneer een weerstand begint te stinken, kun je hem beter weggooien. Hij is dan onbruikbaar geworden.

Hoe lager de Ω -waarde – hoe warmer de weerstand wordt. We weten dat bij eenzelfde spanning door een lagere weerstand een sterkere stroom vloeit dan door één met een hogere Ω -waarde. Daaruit trekken we de conclusie dat de stroomsterkte verantwoordelijk is voor de verhitting van de weerstand.

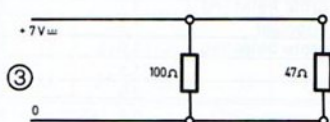
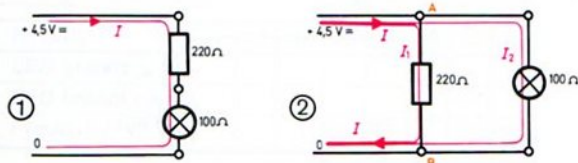
- Herhaal de proef nu met allebei de weerstanden in een parallelschakeling. Draai de trafo maar tot de helft open. Moet je nu ook nog een van de weerstanden loslaten omdat die te heet wordt?

De warmte die in de weerstand wordt opgewekt, hangt af van de hoogte der aangelegde spanning. De technicus zegt dat de weerstand een elektrisch vermogen afneemt. De grootte van dat vermogen krijg je als je de spanning (in V) vermenigvuldigt met de stroomsterkte (in A). De eenheid van vermogen is de »watt« (W).

Een voorbeeld: volgens de wet van Ohm vloeit door een 22Ω -weerstand bij een spanning van 7 V , een stroom van $7 \text{ V} : 22 \Omega = 0,32 \text{ A}$. Het afgenomen vermogen (in de vorm van warmte) is dan $7 \text{ V} \cdot 0,32 \text{ A} = 2,2 \text{ Watt}$.

De dikke weerstanden kunnen echter op de lange duur hoogstens 1 Watt afnemen zonder te worden beschadigd. Mocht je dus de spanning niet op tijd hebben uitgeschakeld, dan is je proef in stank en rook opgegaan.

De dunne weerstand kan zelfs maar $0,25 \text{ Watt}$ verdragen. Je kunt zelf uitrekenen wat er gebeurd zou zijn als je in de proef de dunne 100Ω -weerstand had gebruikt. Het is als met vuur: in een kachel kun je een groter vuur stoken dan in een tabakspijp.



Een veelheid van weerstandswaarden

Omdat we het toch over vermogen hebben . . .

zullen we op deze pagina nog enkele proeven nemen die zeker je belangstelling zullen hebben. Het vermogen, dat door een weerstand een lampje of een hele schakeling wordt afgenomen, moet ergens vandaan komen. Iets ontstaat niet uit niets. Dat is een oeroude regel. Wel de bron levert het vermogen. De trafo is alleen een noodzakelijk tussenstation. Bij een batterij daarentegen levert een chemisch proces het vermogen, dat zogezegd in de chemische elementen van de cel zit opgeslagen. Al te veel is het natuurlijk niet en hoe kleiner de cel hoe eerder die leeg is.

Hoeveel watt wordt er verbruikt?

In de onderstaande tabel zie je hoeveel watt fischer-techniek motoren en lampen ongeveer afnemen wanneer ze worden aangesloten op de G-uitgang van de geheel opgedraaide trafo. En wel met en zonder afvlak-kondensator. Exacte opgaves zijn niet mogelijk omdat bij de fabricage elk onderdeel iets afwijkt van de gestelde norm. Wanneer je het lampje op de W-uitgang (zonder kondensator) aansluit, dan kun je in je berekeningen ongeveer dezelfde afname van het vermogen aanhouden.

De trafo schakelt zichzelf uit, wanneer . . .

meer vermogen wordt gevraagd dan kan worden geleverd. Al naar het bouwjaar is dat 5 of 7 VA (volt-ampère), een andere naam voor »Watt«. Met behulp van de tabel kun je gemakkelijk uitrekenen hoeveel apparaten (verbruikers) je tegelijk kunt aansluiten. Je telt de aparte vermogens gewoon bij elkaar op. Bij overbelasting zal de thermoschakelaar in de trafo de verbinding verbreken zolang de overbelasting duurt. Er kan dus niks gebeuren.

De spanning in de G-uitgang

Boven de G-uitgang staat 6,8 V aangegeven. Deze waarde geldt wanneer de trafo 5 resp. 7 VA (zie boven) moet leveren. Afgerond op 7 V, dient deze waarde in onze schema's alleen als vermelding van de bron. Wanneer er niets is aangesloten, dan bedraagt in werkelijkheid de spanning op de G-uitgang ongeveer 10 V. Voor de berekening van de stroomsterkte in een aangesloten schakeling, gaan we uit van 8 V – een gemiddelde bij een gemiddeld vermogen. Steeds zonder afvlak-kondensator.

Apparaat (verbruiker)	Vermogen in watt	
	zonder C	met C = 470 µF
ft-motor	onbelast	2,2
	grote belasting	3,2
minimot	onbelast	1,7
	grote belasting	2,8
Lenslamp		1,5
kogellamp		0,9
proeflampje		0,4

Ook als je een meetinstrument hebt, moet je toch de volgende experimenten uitvoeren. Het gaat niet zozeer om de exacte resultaten – veel interessanter is hoe je door combinaties van de beschikbare weerstanden een veelheid van Ω-waarden kunt verkrijgen.

Welke stroomsterkte kan het lampje nog net aangeven?

Om de zo even onderzochte warmteproblemen te vermijden, gebruiken we als bron de batterijhouder. Bij niet al te oude cellen, kun je dan met een spanning van 4,5 V rekenen.

Overigens, voor de spanning wordt in de techniek de schuine hoofdletter U en voor de weerstand een R gebruikt – overeenkomstig de letter I voor de stroomsterkte. In symbolen ziet de Ohmse wet er dan zo uit:

$$U \text{ (in Volt)} : R \text{ (in } \Omega) = I \text{ (in A)}$$

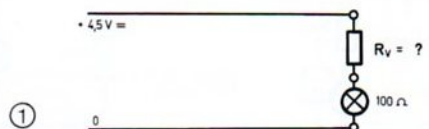
Voor het gemak zullen we in de volgende berekeningen de weerstandswaarden afronden: 50 Ω in plaats van 47 Ω, 20 Ω i.p.v. 22 Ω, enz.

Met de proefschakeling (1) kun je door uitproberen bepalen welke stroomsterkte nog net in staat is het lampje zwakjes te laten gloeien. De gevonden waarde kan voor elk lampje verschillend zijn.

- Neem voor R_v achtereenvolgens de volgende waarden: 100 Ω – 150 Ω – 160 Ω – 170 Ω – 180 Ω – 200 Ω – 250 Ω – 270 Ω – 320 Ω.
- Al deze waarden kun je verkrijgen door de weerstanden uit de doos in serie te schakelen. Voor enkele waardes moet je meer dan 2 weerstanden in serie zetten. Geen problemen, dachten we.
- Ga na of alle drie de lampjes dezelfde weerstandswaarde hebben. Dat hoeft niet, gezien de toegestane verschillen – de tolerantie – bij de productie.
- De gevraagde stroomsterkte I wordt gevonden door de spanning $U = 4,5 \text{ V}$ te delen door de som van de weerstand 100 Ω (het lampje) en de waarde R_v . Wiskundig uitgedrukt: $U : (R_v + 100 \Omega) = I$.

Je zult voor je lampjes een kritische stroomsterkte van ongeveer 15 mA vinden.

Dat een lampje niet meer brandt, betekent overigens niet dat er helemaal geen stroom meer vloeit. Het geeft alleen aan dat de stroom niet sterk genoeg meer is om de gloeidraad te laten gloeien!



Een elektrische viersprong

Voor kleine stromen nemen we de LED

Een stroomsterkte van 15 mA is in de praktijk een behoorlijke »dot« stroom. Transistorschakelingen worden met aanzienlijk kleinere stroomsterktes gestuurd, zoals we nu zullen zien. Aan een lampje als stroomindicator hebben we dan niets.

De LED, de lichtdiode, is veel gevoeliger. In combinatie met een veiligheidsweerstand van 1 kΩ (1000 Ω) heb je die al gebruikt. Bij een spanning van 4,5 V kregen we (zonder rekening te houden met de weerstand van de LED zelf) een stroomsterkte van $4,5 \text{ V} : 1 \text{ k}\Omega = 4,5 \text{ mA}$. (Als je V door kΩ deelt, krijg je mA in plaats van A.) De LED geeft bij 4,5 mA een behoorlijke hoeveelheid licht. Nu gaan we uitzoeken bij welke stroomsterkte de LED (bij daglicht) nog net licht uitstraalt.

- De proef is hetzelfde als voor de lampjes. Om beschadiging van de LED door een verkeerde verbinding te voorkomen, nemen we een veiligheidsweerstand 100 Ω op, zie fig. 2. In de berekeningen mag je die – evenals de LED-weerstand – verwaarlozen.
- Begin met $R_v = 1 \text{ k}\Omega$. De waarden 2 kΩ, 12 kΩ en 32 kΩ in de tabel verkrijgt je door een serie-schakeling.
- Voor de waarde van 15 kΩ-schakel je een 22 kΩ parallel met een 47 kΩ, zie fig. 3.

Onthoud de vuistregel: de waarde van een weerstand wordt gehalveerd door dezelfde waarde parallel te schakelen.

Bij voorbeeld: $10 \text{ k}\Omega \parallel 10 \text{ k}\Omega$ geeft $5 \text{ k}\Omega$ (|| is het symbool voor parallel). De weerstand wordt ongeveer 2/3 kleiner als je – zoals in dit geval een twee keer zo grote Ω-waarde parallel schakelt. Voor andere combinaties pas je de formule in fig. 3 toe. De waarde van 17 kΩ verkrijgt je door ... die zelf uit te rekenen. Anders vind je het antwoord op pag. 62.

- Noteer je waarnemingen in de tabel. Je zult constateren dat bij een stroomsterkte van ongeveer 0,3 mA ($R_v = 15 \text{ k}\Omega$) geen licht meer valt waar te nemen.

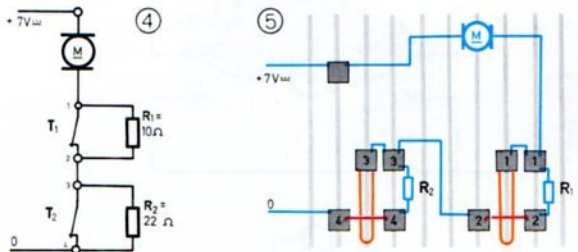


R_v (kΩ)	1	2	10	12	15	17	22	32
LED brandt								
LED brandt niet								
I (mA)								

Bij de elektrische tweesprong (of tweetak)-schakeling in deel 1 van dit boek zagen we hoe je met een trucje een voorschakelweerstand naar keuze, al dan niet kunt laten werken. Je kunt de weerstand overbruggen of overslaan.

Het volgende experiment laat zien hoe je twee weerstanden apart of in serie als voorschakelweerstand kunt gebruiken. Het is wat we een viersprong – of viertak-schakeling zullen noemen.

- Schema (4) toont hoe elk van de beide weerstanden of beide in serie met drukknoppen in de schakeling kunnen worden opgenomen. Fig. 5 laat de opbouw zien.
- Neem eerst de Ω-waarden van tabel 1. Alvorens de proef op de som te nemen – welke drukknoppen moet je indrukken om de motor resp. zeer snel, langzaam en heel langzaam te laten lopen? Noteer je mening in de tabel en controleer die met de uitkomsten van het experiment.
- R_1 en R_2 kun je verder veranderen door het parallel schakelen van andere Ω-waarden. Met de weerstandskombinatie van tabel 2 kun je het toerental voor de 3 vernellingen van de motor nog fijner regelen.
- Wie daar zin in heeft, kan de Ω-waarden van de parallelschakelingen met de formule uitrekenen. Noteer de uitkomsten in de tabel. Herhaal voor jezelf nog eenmaal hoe in een parallelschakeling de weerstandwaarde verandert.



Tabel 1 $R_v = R_1 + R_2$

	T_1	T_2	Motor loopt	$R_v =$
1	—	—		0 Ω
2	—	▼		10 Ω
3	—	—		22 Ω
4	▼	▼		32 Ω

Tabel 2

(zie hiernaast de formule voor parallelschakeling)

	$T_1 \blacktriangledown$	$T_2 \blacktriangledown$	$T_1 \blacktriangledown$ und $T_2 \blacktriangledown$
	$10 \parallel 22 = \dots \Omega$	$47 \parallel 100 = \dots \Omega$	$R_v = \dots \Omega$
	$10 \parallel 47 = \dots \Omega$	$22 \parallel 100 = \dots \Omega$	$R_v = \dots \Omega$

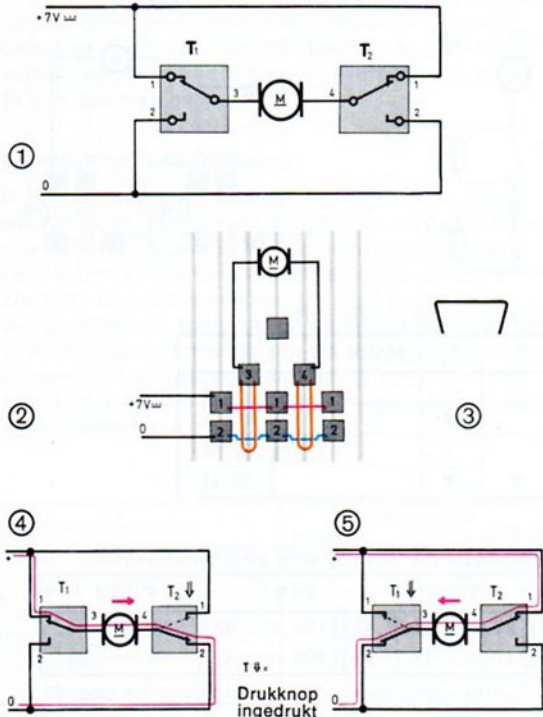
▼ = Taster ingedrukt

Oplossing zie pag. 62

De poolomkeerschakelaar

Met behulp van de poolomkeerschakelaar op de batterijhouder of de trafo, kun je de motor naar keus linksom of rechtsom laten draaien. Bij voorbeeld om een voertuig vooruit of achteruit te laten rijden. Andere modellen, b.v. een kraan, kun je beter met aparte schakelaars voor omhoog en omlaag besturen.

- In fig. 1 zie je hoe je de draairichting van de gelijkstroommotor met behulp van 2 wissel-schakelaars kunt omkeren. Fig. 2 geeft aanwijzingen voor de opbouw. Elke contacttong moet in de ruststand tegen de vaste contactbrug drukken. Mocht dat niet het geval zijn, dan buig je de contacttongen iets omhoog. De contactbruggen kun je klemvast zetten door de poten, zie fig. 3, iets naar binnen te buigen.
- In fig. 1 zijn beide drukknoppen – zoals gebruikelijk in ruststand (niet bediend) getekend. Beide aansluitingen van de motor zijn daardoor met de pluspool verbonden. Er loopt dan uiteraard geen stroom.
- Druk nu T_2 in. De rechteraansluiting wordt met de nul (de minpool) verbonden. Nu kan er een stroom door de motor lopen langs de rood getekende weg in fig. 4. Van links (+) naar rechts (-). In fig. 4 is T_2 getekend in de ingedrukte stand. Dat is aangegeven door de ruststand met een streepjeslijn te tekenen en de bedieningspijl.

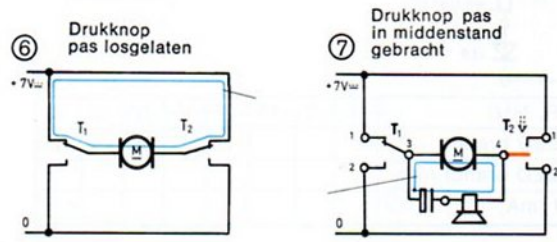


- Merk op het motorhuis welke bus met T_1 en welke met T_2 is verbonden. Geef tevens de draairichting aan voor deze aansluiting.
- Laat T_2 los en druk T_1 in. Nu vloeit de stroom in omgekeerde richting (fig. 5) door de motor, namelijk van rechts (+) naar links (-). Het gevolg is dat de motor andersom draait. De schakeling werkt als een poolomkeerschakeling als je de drukknoppen afwisselend bedient.
- Wat zal de motor doen als je beide drukknoppen tegelijk indrukt? Eerst nadenken en het antwoord geven, dan pas proberen.

Snelstop van de motor

Misschien is het je opgevallen dat de motor na het snel loslaten van de contacttong veel sneller dan gewoonlijk stilstaat. Hoe zou dat komen?

- Druk T_2 in, de motor loopt. Laat de contacttong zover omhoog komen dat het contact verbroken wordt, zonder dat de andere stand (de ruststand) wordt ingenomen. Nu loopt de motor langzaam uit!
- Maar wanneer je de contacttong heel snel van ruk laat wisselen, dan stop de motor met een ruk. De oorzaak van deze snelstop is dat in de ruststand de motor wordt kortgesloten. Een en ander is in fig. 6 getekend met de blauwe verbinding. Je kunt dat ook horen.
- Sluit de luidspreker met de 47 μ F-elko aan (let op de polariteit) volgens fig. 7. Druk T_2 in en je krijgt een heel spektakel te horen.
- We laten nu de contacttong T_2 langzaam omhoog komen zonder dat deze de andere contactbrug raakt. De luidspreker laat een dalende toon horen, die wordt opgewekt door de motor. Deze werkt nu evenals een fietsdynamo, als een generator en stuurt een stroom door de luidspreker, alvorens hij stilstaat.
- Laat je T_2 snel los, tot in de ruststand, dan zegt de luidspreker alleen: klak. Het is een teken dat de motor door kortsluiting zeer snel wordt afgeremd en niet als een generator kan werken. Wil je liever T_1 indrukken, dan moet je de elko ompolen.



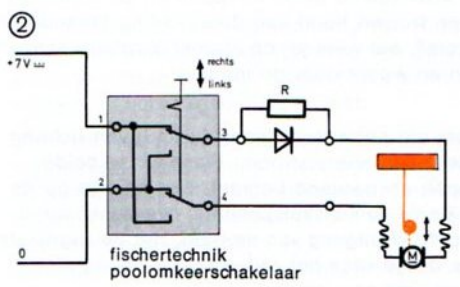
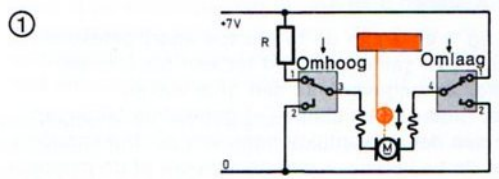
De zelfklimmende motor

Bij liften, kranen, enz. trekt een vast ingebouwde motor de liftkooi of de last met een kabel omhoog. Het kan echter voorkomen dat de motor met een zware last zelf omhoog – en omlaag – moet klimmen.

Gaat de motor omhoog, dan moet hij de meeste arbeid verrichten. De trafo moet dan geheel open worden gedraaid. Naar beneden zou te snel gaan, want dan helpt het gewicht van motor en last mee.

- De voorschakelweerstand R in schakeling (1) zorgt, bij een juiste aansluiting van de motor, voor een langzame daling. Na alle voorgaande experimenten is dat zonder meer duidelijk. De voorschakelweerstand ligt namelijk in de verbinding waar alleen stroom door vloeit bij het dalen. De waarde van R mag je zelf bepalen.
- Gebruik je een fischertechnik poolomkeerschakelaar (fig. 3) dan moet je anders te werk gaan. Hier biedt de diodeschakeling van fig. 2 uitkomst. Wanneer de poolomkeerschakelaar in de stand van fig. 2 staat, dan ligt de diode in doorlaatrichting. De motor sluit je zo aan dat hij omhoog gaat. Zet je de poolomkeerschakelaar om, dan loopt de

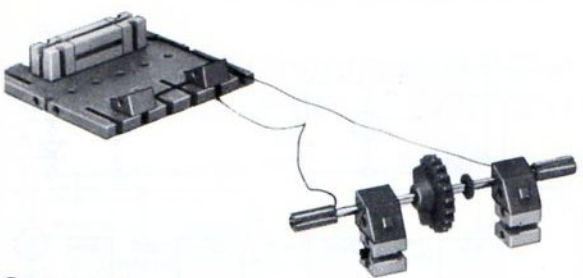
stroom andersom door de motor. De diode spert, maar de stroom loopt nu door de voorschakelweerstand, zodat de motor langzaam naar beneden gaat.



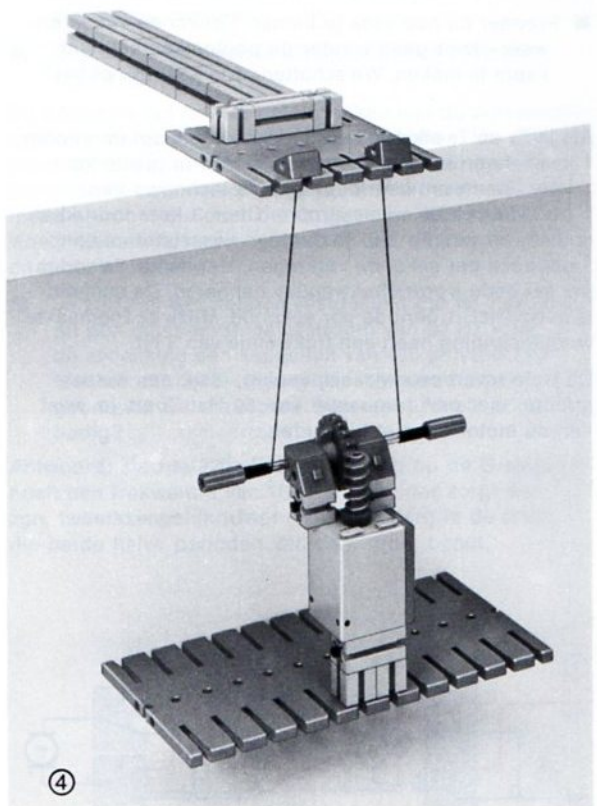
⑥ 2 mini-drukknoppen met gemeenschappelijke schakelhefboom voor omhoog - uit - omlaag



③ fischertechnik poolomkeerschakelaar (uit service-box of em 3)



⑤ Bouwfase



④

Eenmaal »heen en weer«

Met twee drukknoppen of een poolomkeerschakelaar hebben we in de voorgaande experimenten de draairichting van de motor naar wens omgekeerd. Voor de volgende proeven zullen we de 2 drukknoppen iets anders in de schakeling opnemen. De opstelling op het schakelpaneel hoeft je niet te wijzigen. De motor, of wat daar later voor in de plaats komt, blijft aangesloten op de K-stenen 3 en 4.

In de fig. 1 en 2 zijn de tot nu toe apart getekende drukknoppen samengevoegd tot een poolomkeereenheid, aangegeven met een grijs vlakje. De met rood (+) en blauw (-) getekende leidingen geven aan dat de kontakttongen van de drukknoppen – al naar de bediening – met de minpool of de pluspool van de bron zijn verbonden.

- Druk afwisselend beide knoppen in; de motor zal als een trouwe hond van draairichting veranderen. Waarom?, dat weet je: de stroom loopt afwisselend »heen en weer« door de motor.

Een stroom die permanent (voortdurend) van richting wisselt, heet een wisselstroom. Wanneer je beide drukknoppen afwisselend bedient, dan krijg je op de K-stenen 3 en 4 een wisselspanning, overeenkomend met die op de W-uitgang van de trafo. Het belangrijkste verschil is, dat je »doe het zelf« wisselspanning niet zo snel van richting wisselt.

- Probeer nu hoe vaak je binnen 1 seconde »heen en weer« kunt gaan zonder de poolomkeereenheid kapot te maken. We schatten: drie keer. Klopt het?

Als je T_1 en T_2 elk één keer indrukt, dan loopt de stroom 1 keer »heen en weer« door de motor. In plaats van 1 keer »heen en weer« spreekt de technicus van: 1 periode van de wisselstroom. Door 3 keer indrukken (van T_1 en van T_2) heb je dus een wisselstroom van 3 periodes per seconde verkregen. Het aantal periodes per seconde wordt »frequentie« genoemd. De eenheid is hertz (Hz): 1 periode per seconde. Onze zelfgemaakte wisselspanning heeft een frequentie van 3 Hz.

De trafo levert een wisselspanning, resp. een wisselstroom, met een frequentie van 50 Hz. Zoals je weet kan de motor die niet bijhouden.

Het stroomloze gat

Met behulp van onze »doe het zelf« wisselspanningsbron kunnen we het gelijkrichtingsproces van een wisselstroom op ons gemak bekijken en onderzoeken. De truc met de diode ken je – maar toch moet je beslist de volgende proef nemen. Die is niet alleen interessant maar verschaft ook een dieper inzicht in wat behandeld is in deel 1 van dit boek.

- In de schakeling vervangen we de motor nu door een lampje en een parallel geschakelde LED + veiligheidsweerstand, zie fig. 3. Zet je wisselspanningsbron in werking door het indrukken van de knoppen. Voor het lampje blijft het gelijk in welke richting de stroom vloeit. In elke periode licht het tweemaal op. De LED daarentegen is een diode en brandt alleen als de stroom de juiste richting heeft. De LED brandt in elke periode slechts één keer.

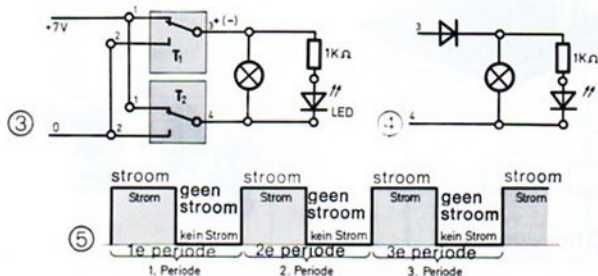
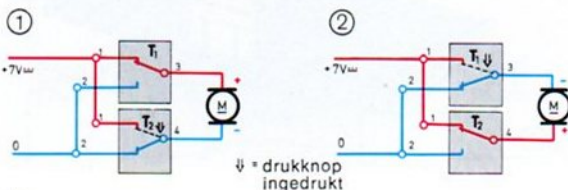
Met een diode gaan we de zelfgemaakte wisselstroom weer gelijkrichten en kijken wat de gevolgen zijn.

- In fig. 3 plaatsen we een diode in de met »3« aangegeven leiding. Wanneer brandt het lampje? Bij het indrukken van T_1 of T_2 , of helemaal niet? Eerst nadenken en voor je zelf vaststellen dan met de schakeling controleren!

In elke periode ontstaat een »stroomloos gat«. De gelijkgerichte stroom pulseert! Wanneer je de drukknoppen zonder pauze en met konstante snelheid bedient, dan »duurt« het gat ongeveer even lang als de brandtijd. Elke periode bestaat uit twee ongeveer even lange halve periodes. Tijdens de ene halve periode vloeit er stroom – natuurlijk slechts in één richting; de tweede halve periode is een pauze.

In fig. 5 zijn een aantal periodes uitgetekend. Dit proces heet »eengefasegelijkrichting«.

Bij het gelijkrichten van de trafo-wisselstroom met behulp van een diode treedt hetzelfde effect op, alleen nu veel sneller. In elke tweede halve periode vloeit er geen stroom. Een lampje en een motor zijn veel te traag om dat te laten zien. Alleen de LED is snel genoeg. Je ogen echter niet om het aan- en uitgaan van de LED zonder meer te volgen. Daartoe moet je die LED met de hand of met de lichtcirkel van pag. 14 snel ronddraaien.



Een condensator vult het gat

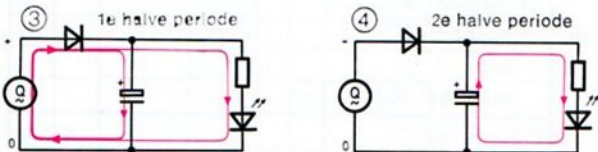
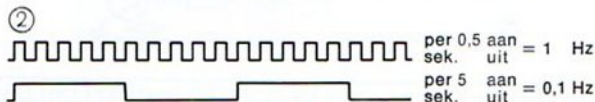
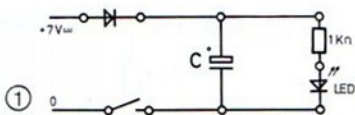
We hebben reeds gezien dat een pulserende gelijkstroom met een condensator kan worden afgevlakt. We gaan nu de functie van de condensator in dat proces wat nader onderzoeken met schakeling (1).

- Met het maakkontakt kun je een langzaam pulserende gelijkstroom maken. Per seconde 1 maal ongeveer een halve seconde lang ingedrukt houden van de knop, resulteert in een frekwentie van 1 Hz (fig. 2). Steeds 5 seconden drukken en niet-indrukken geeft een frekwentie van $1 : 10 = 0,1$ Hz.
- Zonder condensator C brandt de LED natuurlijk alleen als de knop is ingedrukt, gedurende een halve periode. De andere halve periode is een pauze.
- Plaats voor C de 470 μ F – elko (let op de polariteit) in de schakeling. Zorg voor een stroom 1 Hz en daarna één van 0,1 Hz. Let op het licht van de LED tijdens de halve periodes waarin de drukknop niet wordt ingedrukt, anders gezegd wanneer de bron geen stroom kan leveren.

In fig. 3 en 4 is het gedrag van de stroom getekend tijdens beide halve perioden. Is de drukknop ingedrukt, de ene halve periode, dan vloeit de stroom van de bron door de LED; er wordt veel licht uitgestraald. Heb je de kontakttong losgelaten, de andere halve periode, dan zorgt de condensator voor de stroom. Hij ontladst volgens fig. 4 via de LED + veiligheidsweerstand. De opgenomen hoeveelheid elektrische energie tijdens de eerste halve periode is echter niet groot genoeg om de stroomloze gaten op te vullen als de halve periodes te lang duren. De LED dooft dan langzaam maar zeker uit. Bij een frekwentie van 1 Hz is de 470 μ F-elko groot genoeg.

- Misschien heeft de 220 μ F-elko ook genoeg capaciteit als gatenstopper bij een frekwentie van 1 Hz. Misschien ook niet. Zoek zelf uit bij welke frekwentie de gaten nog worden opgevuld.

Duidelijk blijkt dat: hoe hoger de frekwentie van de pulserende voedingsspanning, hoe kleiner de capaciteit van de afvlakkcondensator kan zijn.



Zoals je weet heeft de gevoelige LED maar weinig stroom nodig, daarom hoeft de afvlakkcondensator tijdens de stroompauze ook niet zoveel energie af te geven. Bij een lampje, dat meer stroom trekt, wordt het natuurlijk anders.

- Vervang de LED + Veiligheidsweerstand door een lampje. Onderzoek of de 470 μ F-elko nu ook in staat is de stroompauzes op te vullen. Hoe snel je de kontakttong ook op en neer laat gaan, de condensator redt het niet. Daarvoor zou een elko met een capaciteit van enkele 10.000 μ F nodig zijn.

Bij een pulserende voedingsspanning van 50 Hz vormt de afvlakking een veel minder groot probleem. Een periode duurt dan nog maar $1 s : 50 = 0,02 s$ of 20 ms (ms = milliseconde); de stroompauze is dan nog maar 10 ms.

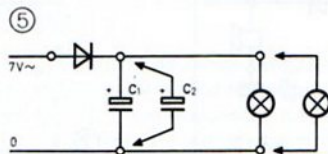
- Een pulserende voedingsspanning van 50 Hz verkrijgen we door de wisselspanning van de trafo gelijk te richten met een diode. Fig. 5 toont de schakeling voor de volgende proef.
- Stel vast hoe groot de capaciteit van de afvlakkcondensator op z'n minst moet zijn voor 1 lampje. C_2 kun je parallel met C_1 schakelen. Daarmee vergroot je de afvakkapaciteit. Die wordt dan de som van de μ F-waarden van C_1 en C_2 . De capaciteit is voldoende wanneer het lampje niet feller gaat branden als je nog een elko in de schakeling opneemt.

- Bepaal nu de vereiste afvakkapaciteit voor 2 en voor 3 lampjes.

Bij 3 lampjes zul je voor het afvlakken van de pulserende spanning de drie grote elko's nodig hebben. Uit de proef blijkt: de vereiste afvakkapaciteit moet (gelijkblijvende frekwentie vooropgesteld) recht evenredig zijn met de stroom die door de aangesloten schakeling vloeit. Zekerheidshalve gebruiken we daarom steeds de grote 470 μ F-elko.

- Je zult zelf wel hebben vastgesteld dat bij 1 lampje en een pulserende gelijkstroom van 50 Hz voor de afvlakking een capaciteit van 470 μ F vereist is. Gebruik nu de G-uitgang van de geheel opengedraaide trafo als bron. Hoeveel μ F heb je dan nodig?

Antwoord: slechts 220 μ F. De spanning op de G-uitgang heeft een frekwentie van 100 Hz. Daarvoor zorgt een zgn. tweefasengelijkrichter (met 4 dioden) in de trafo, die beide halve perioden van de stroom benut.



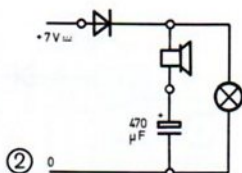
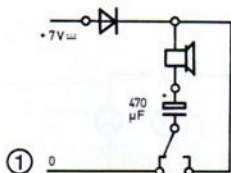
De netbrom

De netbrom hebben we al een aantal keren gebruikt als geluidssignaal. Bij voorbeeld om aan te geven dat de tank leeg was. Daartoe namen we de luidspreker in serie met een elko. Na de proeven wat betreft het gelijkrichten en afvlakken zullen we eens horen wat de luidspreker ons te vertellen heeft.

- Fig. 1 laat de schakeling zien. In de ruststand van de wisselschakelaar ligt de 470 μ F-afvlakcondensator in serie met de luidspreker. De trafo levert een pulserende gelijkspanning. Op het moment dat de stroomkring voor de eerste keer wordt gesloten hoor je een snel afnemend »Boiing«. De elko wordt hoorbaar door de gelijkstroom opgeladen.
- Sluit nu de ontladingskring door de wisselschakelaar om te zetten. »Knak« zegt de luidspreker en doet er verder het zwijgen toe. De elko heeft zijn in snelle happen opgenomen lading gelijkstroom in één golf uitgespuugd en via de luidspreker teruggegeven.

Een aanhoudende bromtoon kan alleen ontstaan als de elko automatisch tijdens elke pauze van de pulserende gelijkstroom, kan ontladen. Anders gezegd: er moet steeds stroom vloeien.

- Dat is het geval wanneer je op de bron tevens een lampje aansluit. Fig. 2 laat de nieuwe schakeling zien. De wisselschakelaar is niet meer nodig. Het membraan van de luidspreker die in serie staat met de elko, volgt nu trouw het »heen en weer«-gaan van de laad- en ontladingsstroom. Je kunt het voelen en horen. Op deze wijze ontstaat de 100 Hz-brom.
- Het volume, de geluidssterkte, van de bromtoon hangt o.a. samen met de capaciteit van de elko, de hoeveelheid stroom die hij kan bieden om het gat te vullen. Onderzoek het verband tussen de lichtsterkte van het lampje en de geluidssterkte wanneer je voor C verschillende μ F-waarden neemt.
- Gebruik een bron met een frequentie van 50 Hz in plaats van 100 Hz. Hiervoor neem je de W-uitgang van de trafo. De diode zorgt voor het gelijkrichten. Je hoort dan een 50 Hz netbrom.
- Na deze belangrijke en interessante experimenten zullen we ons weer met de sturing van transistoren bezig houden en de zojuist verworven kennis in de praktijk brengen.



Stuurstroom en stuurweerstand

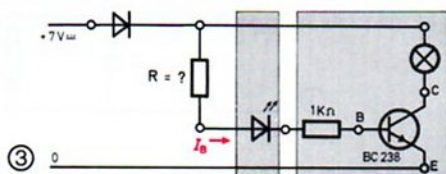
De op de voorgaande pagina's behandelde weerstandstheorie kunnen we gebruiken voor de beantwoording van een vraag die in de praktijk erg belangrijk is: welke waarde moet de stuurstroom, dat is de basisstroom van een transistor, hebben om te zorgen dat een lampje in de collectorkring nauwelijks of in het geheel niet brandt? Dat moest b.v. het geval zijn bij de overloopindicator. Daartoe moet je het water waarvan je de Ω -waarde niet kent, op de bekende wijze vervangen door weerstanden waarvan je de waarde wel weet.

- Voor het bepalen van de basisstroom I_B zetten we schakeling (3) op. Met het oog op nog volgende experimenten nemen we de geheel opgedraaide trafo als bron. De LED geeft de eerste aanwijzing over de sterkte van de basisstroom. De zekeringsdiode is een oude bekende.
- Neem voor R de Ω -waarden die in de tabel zijn genoemd. Registreer de helderheid van het lampje in de tabel door je waarnemingen in de tabel aan te kruisen.
- Bereken nu de sterkte van de basisstroom I_B . Je kunt daarbij uitgaan van een spanning $U = 8$ V. De 1 k Ω -veiligheidsweerstand mag je verwaarlozen.

Het resultaat van deze proef zal je zeker verbaasd hebben. Om het lampje fel te laten branden, dat houdt in om de transistor geheel open te sturen, is maar een kleine basisstroom van ongeveer 1/2 Ma nodig. En dan straalt de gevoelige lichtdiode al!

Het verboden gebied voor de stuurweerstand

Verder heb je vastgesteld dat het lampje bij een stuurweerstand van 15 k Ω (22 k Ω || 47 k Ω) nog net volop brandt, maar bij hogere Ω -waarden zwakker wordt. Geheel donker wordt het pas bij $R = 220$ k Ω . Moet het lampje dus onberispelijk functioneren als indicator, dan is het gebied tussen 15 k Ω en 220 k Ω verboden terrein voor de stuurweerstand. In elk geval voor deze schakeling.



R (k Ω)	1	10	15	22	47	100	147	220	320
La brandt fel									
minder fel									
zwak									
helemaal niet									
Stuur I_B (mA)									

Voorzichtig – de transistor wordt heet

Lampjes, weerstanden, motoren, enz. in de collectorkring vormen voor de transistor een belasting. Voortaan zullen we daarom niet meer van collectorkring, maar heel in het algemeen spreken van de »belastingsstroomkring« of kortweg de »belastingskring« van een transistor. De componenten in de belastingskring waar de »belastingsstroom« doorheen moet, noemen we voortaan de belastingsweerstand.

In de zojuist behandelde schakeling was een stroom van ongeveer 0,5 mA voldoende om het lampje in de belastingskring fel te laten branden. Wat er zou gebeuren als we de BC 238 met 3 parallel geschakelde lampjes zouden belasten, kunnen we niet uitzoeken daar de kleine transistor hoogstens een stroom van 100 mA verdraagt. Drie lampjes trekken echter meer dan 150 mA, zoals de technicus zegt. Een dergelijk experiment zou de transistor zwaar op de maag liggen.

Voor de volgende proef nemen we daarom de BD 135, die accepteert in de belastingskring meer dan 1 A en heeft met 3 lampjes nog de nodige speelruimte wanneer hij geheel wordt doorgestuurd.

Wat er aan de hand is wanneer de transistor niet geheel wordt open of doorgestuurd zullen we nu onderzoeken.

■ Bouw schakeling (1) met de BD 135 en 3 parallel geschakelde lampjes als belasting. Voor de stuurweerstand R (in het grijze vlak) zijn de 5 K-stenen a-b-c-d-e nodig.

■ Zoals gebruikelijk nemen we voor R verscheidene Ω -waarden. Om het verband tussen de waarde van de stuurweerstand en de lichtsterkte goed te kunnen waarnemen, doe je het volgende:

· Plaats de 470 Ω -weerstand tussen a – b en een draadbrug tussen b – c. Het lijkt wel een stralende kerstboom als je de schakeling op de trafo (geheel open) aansluit. Het laat de BD 135 voelbaar koud.

· Zet parallel aan de 470 Ω een 1 k Ω -weerstand en trek dan de 470 Ω -weerstand uit de schakeling. R is nu 1 k Ω . De lampjes branden even fel – de transistor laat het koud en blijft koud.

· Plaats de andere 1 k Ω -weerstand naast het draadbruggetje; hoe reageren de lampjes en de transistor als je de draadbrug er uit haalt, zodat $R = 2 \text{ k}\Omega$ wordt?

· Leg parallel met deze serieschakeling 5 k Ω (10 || 10 k Ω) door de beide 10 k Ω -weerstand tussend – c plaatsen. Haal je nu een van de 1 k Ω -weerstand er uit, dan wordt $R = 5 \text{ k}\Omega$. De lampjes zwakken af en dat is een teken dat de transistor niet meer volledig wordt doorgestuurd. Hij gaat sperren. Voel maar hoe warm hij wordt.

· Pas op. Meteen de stroom uitschakelen zodra de transistor heet wordt nadat je één van de beide 10 k Ω -weerstand uit de schakeling hebt gehaald. De lampjes gloeien nog slechts zwakjes en dat is een teken dat de BD 135 bij $R = 10 \text{ k}\Omega$ bijna geheel spert.

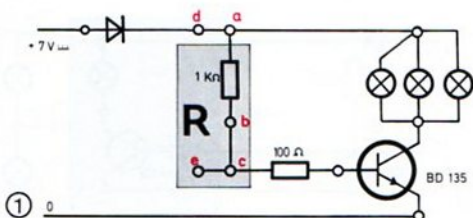
Het resultaat is zeer belangrijk: een transistor die niet volledig wordt doorgestuurd maar ook niet geheel spert, kan snel erg heet worden.

De transistor gedraagt zich dan als een weerstand die een groot of een groot vermogen moet opnemen, dat in warmte wordt omgezet. En feitelijk werkt de transistor dan als een voorschakelweerstand voor de lampjes die daardoor niet meer op volle sterkte kunnen branden. Uiteraard hangt dit gedrag van de transistor samen met de Ω -waarde van de stuurweerstand. Maar alvorens ons in dat probleem te verdiepen, eerst een paar tips voor de modelbouwers.

Spelregels voor het sturen van de motor met de BD 135

Na al die theorie zou je wel eens zelf een transistorgestuurd model met motor willen bouwen. Dat kan zonder je transistor schade te berokkenen als je de volgende regels in acht neemt:

- Gebruik alleen de grote BD 135. Nooit de kleine BC 238!
- Bron: altijd eerst de op pag. 33 beschreven voeding met de W-uitgang, diode en 470 μF -elko. Als de transistor dan niet warm wordt, mag je de G-uitgang van de geheel opengedraaide trafo gebruiken.
- Beveiliging voor de basis: 100 Ω -weerstand (dun).
- Stuurweerstand: voor een zekere start van de motor mag de Ω -waarde niet groter zijn dan 1 k Ω . Beter is 470 Ω . Hierop komen we terug op de volgende pagina.
- Probeer in geen geval de motor langzamer te laten lopen door de stuurweerstand te verhogen. Zoals we hebben gezien is het onvolledig doorsturen van de transistor een riskante aangelegenheid.



De transistor versterkt

Onder de stroomversterking van een transistor verstaan we de verhouding van collectorstroom I_C tot de basisstroom I_B . Onze twee transistors hebben een versterkingsfaktor van 100. De collectorstroom is 100 keer zo sterk als de basisstroom: $I_C = 100 \cdot I_B$. De versterkingsfaktor, kortweg versterking genoemd, geeft aan dat b.v. de BD 135 geheel wordt doorgestuurd wanneer er minstens een basisstroom I_B van $1/100 I_C$ vloeit.

Een voorbeeld: de motor trekt bij de start een stroom van ca 500 mA die daarna terugloopt tot ongeveer 200 mA. Voor de start van de motor moet de basisstroom tenminste $500 \text{ mA} : 100 = 5 \text{ mA}$ bedragen.

Met de iets anders geschreven Wet van Ohm $R = U : I$ kun je uitrekenen welke Ω -waarde R ten hoogste mag hebben wanneer de spanning U is 8 V; R is dan $8 \text{ V} : 5 \text{ mA} = 1,6 \text{ k}\Omega$.

Voor alle zekerheid houdt de technicus iets lagere waarden aan. Op deze wijze zijn ook de waarden van $1 \text{ k}\Omega$ en 470Ω bepaald, die op de vorige pagina zijn gebruikt voor de stuurweerstand.

Nu zul je ook begrijpen waarom de motorratel bij onze eerste proeven (de transistorschakeling voor de overloopindicator) niet funktioneerde; de Ω -waarde van de stuurweerstand – het water – was veel te groot. Daarna heb je een Darlington-transistor gebouwd, en die werkte perfect!

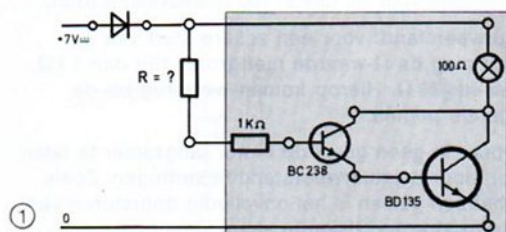
De versterking van een Darlington

In fig. 1 is de Darlington-transistor getekend. Je mag driemaal raden hoe hoog de waarde van R mag zijn, gesteld dat het lampje op volle sterkte moet branden.

- Probeer alle weerstanden boven de $10 \text{ k}\Omega$ voor R in schakeling 1. Ook de $1000 \text{ k}\Omega$ -weerstand (br-zw-gr).
 $1000 \text{ k}\Omega = 1 \text{ M}\Omega$, spreek uit: mega-oom.

Vast en zeker heb je misgeraden. De versterking van de Darlington wordt verkregen door de beide versterkingsfactoren te vermenigvuldigen: $100 \cdot 100 = 10.000$. Voor een 50 mA lampje is dan een basisstroom van 0.005 mA nodig.

Hoe groot mag R zijn, gesteld dat de motor goed moet starten? De oplossing vind je op pag. 62.



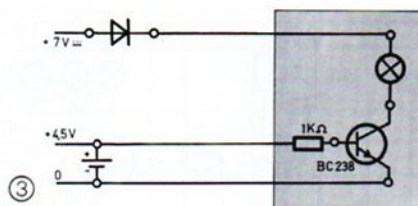
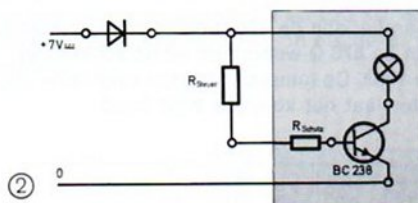
Een eigen bron voor de stuurkring

Tot nu toe heb je de transistor gestuurd met een stuurweerstand tussen de pluspool en een veiligheidsweerstand voor de basis. Fig. 2 toont het principe. Het kan echter ook anders. Je kunt voor de stuurkring een aparte stroombron nemen, zoals in fig. 3 is getekend.

- Gebruik eerst de batterijhouder als bron. Moet de basis (via de $1 \text{ k}\Omega$ -weerstand) met de pluspool of met de minpool worden verbonden om de transistor door te sturen?
Bestudeer fig. 2 en je weet het antwoord.

Ook in deze schakeling heb je met 2 stroomkringen te maken. De stuurkring met zijn eigen bron, die een basisstroom door de transistor drijft wanneer de emitterpijl van (+) naar (-) wijst en in de belastingskring met het lampje, de collectorstroom eveneens in de richting van de emitterpijl loopt. De emitter ligt dus in beide stroomkringen.

- Ga na of een stuurspanning van 3 V of slechts 1,5 V voldoende is voor het doorsturen van de transistor. En wat doet de transistor bij een stuurspanning van 0 V? Die laatste verkrijgt je door de basis via de veiligheidsweerstand met de 0-rail te verbinden. Natuurlijk gebeurt er niets. Wanneer er geen spanning tussen basis en emitter staat, dan kan er ook geen basisstroom vloeien.
- Ga ook na dat de BD 135 (veiligheidsweerstand 100Ω) precies zo op de verschillende stuurspanningen reageert.



Een spanningsdeler als bron

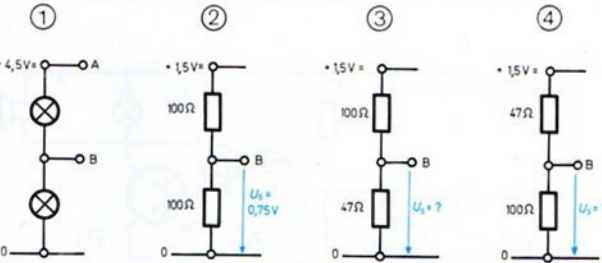
Zoals je hebt gezien, is een stuurspanning van 1,5 V voor beide transistoren voldoende om ze volledig door te sturen. Bij 0 V sperren de transistors. Interessante vraag is: hoe gedraagt de transistor zich bij stuurspanningen tussen 0 en 1,5 V? Maar, hoe komen we aan de tussenliggende kleine spanningen? Even een proef van een hele tijd geleden in de herinnering oproepen: 3 in serie geschakelde lampjes, aangesloten op de batterijhouder. Elk lampje brandde alsof het was aangesloten op een cel van 1,5 V. De spanningspijlen in het schema op pag. 13 geven aan dat de bronspanning van 4,5 V wordt opgedeeld in 3 kleinere deelspanningen. Dat principe kunnen we nu weer toepassen.

Als bron voor de stroom pakken we de deelspanning van een spanningsdeler. In de praktijk is er nauwelijks een transistorschakeling waarbij dit trucje niet wordt toegepast.

In fig. 1 zie je de serieschakeling van 2 gelijke lampjes aangesloten op een 4,5 V-bron. De deelspanningen zijn dan de helft van de bronspanning. Hetzelfde geldt als je twee 100 Ω-weerstanden aansluit op een 1,5 V-cel, zie fig. 2.

De deelspanning gemerkt met een blauw pijl tussen punt B en de nulleiding, noemen we: U_S . Alleen die is voor ons belangrijk, ze heeft een hoogte van $1,5 V : 2 = 0,75 V$. Tussen B en de nul kun je nu een spanning van 0,75 V aftakken.

- Hoe hoog zou U_S zijn als de onderste weerstand van de spanningsdeler de helft is van de bovenste in fig. 3? Heel eenvoudig: de totale weerstand heeft een waarde van $100 \Omega + 50 \Omega = 150 \Omega$. De 50Ω is $1/3$ daarvan; dan is U_S ook slechts $1/3$ van de bronspanning die op de spanningsdeler staat, namelijk $1/3 \cdot 1,5 V = 0,5 V$.
- Bereken op dezelfde wijze de hoogte van U_S in fig. 4.
- En hoe hoog wordt U_S wanneer je in fig. 4 de 47Ω -weerstand vervangt door een 22Ω -weerstand? (Reken met 20Ω). Oplossing zie pag. 62.
- Wanneer je een spanningsmeter hebt, is het de moeite waard de spanningsdeler te bouwen en de uitkomst van je berekeningen te vergelijken met metingen.



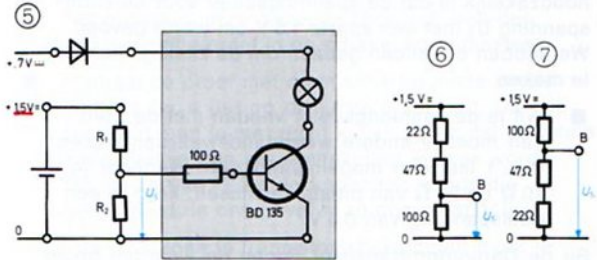
Sperspanning en kritisch gebied

We gaan de theorie van de spanningsdeler nu praktisch toepassen door de transistortrap van fig. 5 met de onderste deelspanning U_S van verschillende spanningsdelers te sturen en dan te kijken wat er gebeurt.

- Eerst onderzoeken we het gedrag van de BD 135 met een 100Ω -veiligheidsweerstand en een lampje als belasting.
- Neem de Ω -waarden voor de deelweerstand R_1 en R_2 zoals in de tabel aangegeven. Daaronder vind je de bijbehorende waarde van de stuurspanning U_S . De voedingsspanning voor de deler is $1,5 V$. Kruis de resultaten aan in de tabel.
- Fig. 6 en 7 tonen de spanningsdelers voor resp. $0,6 V$ en $0,9 V$.

Zoals je zelf hebt kunnen vaststellen, zal de BD 135 bij een stuurspanning van $0,6 V$ en lager volledig sperren. Bij een spanning van iets meer dan $1,0 V$ wordt de transistor geheel doorgestuurd. Dertussen ligt een gebied voor de stuurspanning, waarbij de transistor niet geheel spert en niet geheel wordt doorgestuurd. Je zou kunnen zeggen dat hij gedeeltelijk open staat. Dit gebied noemen we het kritische gebied.

- Sluit nu in plaats van het lampje, de motor aan en herhaal de hele serie proeven. Schakel de stroom snel uit als de motor niet volledig stilstaat of niet op volle toeren komt. Zoals je weet, wordt dan de transistor te zwaar belast. Noteer je waarnemingen in de tabel.



$U_{Batt} = 1,5 V$

		$R_1 (\Omega)$	100	47	22	10	zie fig.	
		$R_2 (\Omega)$	47	100	100	100	6-7	
		Stuurspanning $U_S (V)$	0,5	1,0	1,2	1,3	0,6	0,9
BD 135 + lampje	geheel doorgestuurd							
	onvolledig "							
	gesperd							
BD 135 + motor	geheel doorgestuurd							
	onvolledig "							
	gesperd							
BC 238 + lampje	geheel doorgestuurd							
	onvolledig "							
	gesperd							

Je resultaten zullen uitwijzen dat het kritische gebied tussen ongeveer 0,6 V en 1,2 V ligt. Het is omhoog geshoven. Geen wonder, de motor trekt veel meer stroom dan het lampje en dan moet natuurlijk ook de basisstroom hoger zijn, zoals je al berekend had. En dat kan alleen met een hogere spanning. Wellicht verbaast het je dat de laagste spanning, die waarbij de transistor spert, niet is veranderd. Deze (waarde 0,6 V) hangt echter niet van de schakeling af maar is kenmerkend voor transistoren die van silicium zijn gemaakt, zoals de BD 135 en BC 238. Die 0,6 V heet de sperspanning van de transistor.

- Bepaal nu nog het kritisch gebied van de stuurspanning voor de BC 238. Uiteraard alleen met 1 lampje als belasting. De reden weet je. Schakel de stroom onmiddellijk uit als je voelt dat de transistor warm wordt. Noteer de uitkomsten in de tabel.

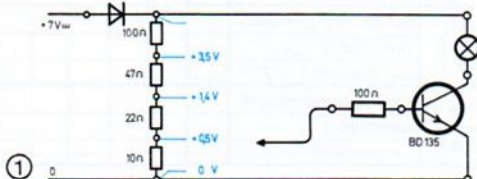
Het blijkt dat de bovengrens van het kritische gebied voor de BC 238 bij ongeveer 1,3 V ligt. Een en ander hangt samen met de door ons gekozen waarde voor de veiligheidsweerstand van 1 k Ω .

Het is duidelijk dat we het kritische gebied van de stuurspanning moeten vermijden in schakelingen voor overloophandicatoren en dergelijke. Precies zoals dat geldt voor het eerder bepaalde verboden gebied wat betreft de Ω -waarde van de stuurweerstand. Heel anders ligt het in de radio- en televisietechniek. Daar wordt juist het kritische gebied gebruikt evenals voor vele andere toepassingsgebieden. Uiteraard wordt er dan voor gezorgd dat de transistors niet oververhit raken.

Tenslotte moeten we nog vertellen dat het niet beslist noodzakelijk is dat de spanningsdeler voor de stuurspanning U_S met een aparte 1,5 V-cel wordt gevoed. We hebben dat alleen gedaan om de zaak gemakkelijker te maken.

- Wil je de spanningsdeler voeden met de trafo, dan moet je andere weerstandswaarden kiezen. Fig. 1 laat een mogelijkheid zien. Wanneer je de 10 Ω en 22 Ω van plaats verwisselt, krijg je een deelspanning van 0,9 V.

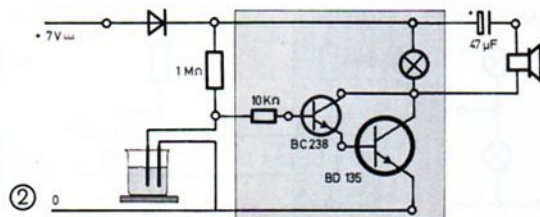
Bij de Darlington-transistor liggen de waarden hoger. Dat komt omdat de Darlington uit twee transistors bestaat. Het kritische gebied ligt tussen ongeveer 1,0 V en 1,4 V met een lampje als belasting en met de motor tussen 1,0 V en 2,0 V. (Veiligheidsweerstand 10 k Ω !)



Hallo – de tank is lek!

Omdat we het nu toch over de spanningsdeler voor de stuurspanning hebben: met een heel eenvoudig trucje kun je zonder tweede transistortrap (voor de signaal-inversie = omkering van het signaal) van een overloophandicator een lekindicator maken. Om de schakeling perfect te laten werken, nemen we meteen de Darlington-transistor.

- In fig. 2 zie je de bekende schakeling, aangevuld met de netbromzoemer.
- Dompel beide elektroden in het water. De 1 M Ω -weerstand en het water vormen dan een spanningsdeler. De spanning tussen de elektroden is nu de stuurspanning voor de Darlington. De Ω -waarde is niet bekend maar in vergelijking met die van de 1 M Ω -deelweerstand beslist zo klein dat de stuurspanning beneden de 0,6 V ligt. Overtuig je er van dat er geen toon is te horen zolang de elektroden in het water hangen.
- Als de lekindicator langere tijd in bedrijf moet blijven, vervang dan de draadelektroden door koolstaafjes, b.v. uit een oude batterij. Metalen elektroden worden namelijk aangetast als er een stroom doorheen loopt.
- Nu moet je nog onderzoeken of de bovenste weerstand van de spanningsdeler ook een kleinere Ω -waarde mag hebben zonder dat er een alarm-signaal ontstaat. Wellicht kun je dan een schatting maken hoeveel k Ω -weerstand het water tussen de elektroden heeft.
- Dompel geen of slechts één van de elektroden in het water (alarmtoestand); in dat geval is alleen de 1 M Ω -weerstand werkzaam van de spanningsdeler. Er loopt dan een basisstroom van ongeveer 8 V : 1000 k Ω = 0,008 mA, voldoende om de Darlington geheel open te sturen.



Een condensator heeft tijd nodig . . .

om op te laden en weer te ontladen. Voor de experimenten met de grote C heb je vroeger een schakeling gebruikt die overeenkomt met die van fig. 1 (pag. 31). Bij dat experiment leek het alsof het laden en ontladen als in een flits gebeurde; nog sneller gaat het bij het afvlakken van een pulserende gelijkstroom. Maar in de volgende transistorschakelingen speelt het hele laad- en ontladproces alsmede de daarvoor vereiste tijd, een beslissende rol. We zullen ons daarin eens wat nader verdiepen.

- Laad de 470 μF -elko volgens fig. 1 door het draadcontact van T_1 te sluiten. De stroom moet via het lampje lopen.
- Bij uitzondering ontlad je de elko met een kortsluiting, waarvoor je de met streepjes getekende draden gebruikt. Dat vonkt, nietwaar? Herhaal deze grap niet — de grotere elko's kunnen daar op den duur niet zo goed tegen.
- Maak schakeling (1) af met de in fig. 2 oranje getekende componenten. Je krijgt dan een ontladkring. Hoeveel sekonden duurt het voor de LED uitgedoofd is? Teken de richting van de laad- en ontladstroom in de figuur.
- Vervang de 1 $\text{k}\Omega$ -weerstand eerst door 470 Ω en daarna door 10 $\text{k}\Omega$. Let in beide gevallen op de lichtsterkte van de LED. Bij de 10 $\text{k}\Omega$ moet die iets minder zijn. Hoelang duurt elke ontlading?
- De Ω -waarde van de ontladweerstand bepaalt het gedrag van de LED. Hoe hoger de Ω -waarde, hoe zwakker het licht dat de LED uitstraalt. Maar met de Ω -waarde stijgt de brandtijd. Dat betekent dat het ontladen bij hogere Ω -waarden langer duurt, meer tijd kost.
- Natuurlijk heeft ook de capaciteit van de elko invloed op de ontladtijd. Je kunt dat direct zien als je eerst de brandtijd bij 1 $\text{k}\Omega$ en 470 μF vaststelt en dan de capaciteit vergroot door een 220 μF -elko parallel te schakelen ($470 \mu\text{F} \parallel 220 \mu\text{F} = 690 \mu\text{F}$). Neem ook kleinere capaciteiten, b.v. 220 μF — 47 μF — 10 μF .

Het blijkt dat de ontladtijd niet alleen afhangt van de Ω -waarden maar ook van de capaciteit van de condensator.

- Herhaal de ontladproef een aantal keren met de 470 μF en 10 $\text{k}\Omega$. Let daarbij nauwkeurig op de lichtsterkte van de LED. Uit wat je ziet, kun je iets

konkluderen over de stroomsterkte tijdens het ontladproces. De LED laat duidelijk zien dat de sterkte van de ontladstroom niet gelijk blijft. Dat is een belangrijke eigenschap van onze stroombron. Bij het ontladen loopt eerst een relatief sterke stroom — de LED straalt veel licht uit. Dan neemt de stroomsterkte zichtbaar steeds meer af tot die zo klein is geworden dat de LED geen licht meer uitstraalt.

Voor een goed begrip van transistorschakelingen is het volgende belangrijk: steeds minder stroom uit de condensator betekent volgens de Ohmse Wet, dat de spanning aan de condensator doorlopend daalt. Aan de ontladweerstand R verandert namelijk niets. Hoe kleiner de capaciteit (μF -waarde) van de condensator en/of de Ω -waarde van de weerstand, des te sneller verloopt het ontladingsproces.

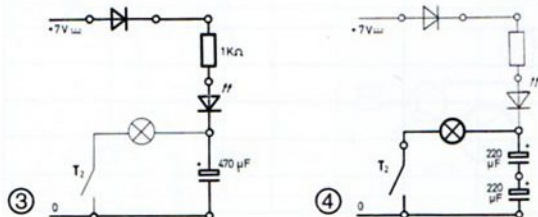
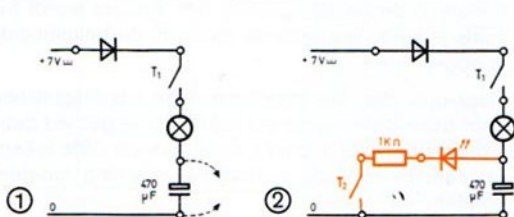
Bij zeer hoge Ω -waarden gaat het ontladen zeer langzaam en met een geringe stroomsterkte, zodat de LED reeds dooft terwijl de elko nog half vol is.

- Ontlad via 10 $\text{k}\Omega$. Dooft de LED, dan vervang je de 10 $\text{k}\Omega$ door 470 Ω . En zie, de condensator was nog niet leeg.

We gaan het nu omkeren. Langzaam opladen over een weerstand (de LED toont de lichtsterkte en de laadtijd) en snel ontladen via de lage weerstand van het lampje, circa 100 Ω . Volgens dat principe werken ook foto-flitsapparaten.

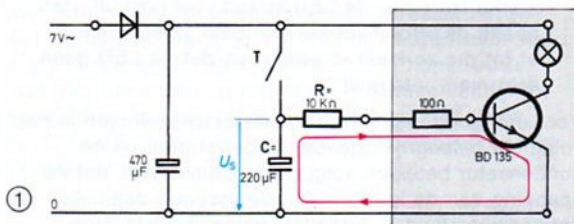
- De nieuwe schakeling staat in fig. 3. Het opladen van de elko gebeurt automatisch na het openen van T_2 .
- Ga na, dat voor het laden hetzelfde geldt als voor het ontladen, door dezelfde Ω - en μF -waarden van de vorige proef in de schakeling te plaatsen.
- Herhaal de proef met de in serie liggende elko's volgens fig. 4 (let op de juiste polariteit). Uit het resultaat mag je met recht konkluderen dat de totale capaciteit in een serieschakeling kleiner wordt. Bij elko's van dezelfde capaciteit wordt die gehalveerd; in ons geval is ze nog maar 110 μF .

Voor de nu volgende transistorschakelingen moet je weten dat de spanning in de condensator bij het begin van het opladen 0 V is en dan langzaam stijgt tot de waarde van de voedingsspanning. Bij het ontladen van de condensator loopt de spanning op soortgelijke wijze terug naar 0.

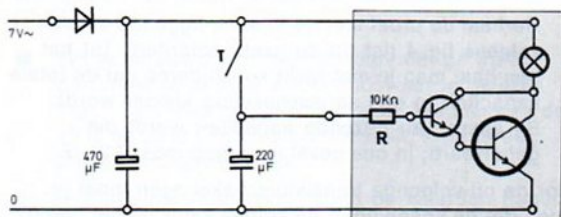


De condensator als stuurbron

Van wat we nu gaan doen leeft de halve elektronika: een elko als bron in de stuurkring van een transistortrap. De verrassende gevolgen kunnen we heel goed bestuderen aan de hand van schakeling (1).



- Daar bij de later volgende regeling van motor-schakelingen ook het kritische gebied wordt gebruikt, zullen we ons meteen aan de spelregels (pag. 51) houden en de W-uitgang als spanningsbron gebruiken. Voor het afvlakken zorgt een 470 µF-elko.
- Druk T in; de basis van de transistor wordt dan over de 10 kΩ-weerstand en de beveiligingsweerstand met de plus verbonden. Er loopt een basisstroom en het lampje brandt.
- Laat T los – en wacht af. Het lampje blijft branden. Het duurt ongeveer 6 seconden voor het dooft.
- Je kunt daarin heel duidelijk 2 fases onderscheiden. De eerste noemen we de nalichtperiode waarin het lampje na het loslaten van T even fel doorbrandt en de daarop aansluitende periode de dooftijd waarin de lichtsterkte afneemt tot het lampje uit is.



R in kΩ	C in µF	Nalichten in sek.	Dooftijd in sek.	Totaal in sek.

Uiteraard is het de elko die als stuurspanningsbron voor het nalichteffect zorgt. Reeds door het kort aantippen van T wordt de elko op slag geladen – er is immers een directe verbinding met de voedingsspanning. Na het openen van T is de elko bereid via de rood getekende stroomweg te ontladen en daarmee de basis van stroom te voorzien – zolang de voorraad strekt. En de elko doet dat langer naarmate de Ω-waarde en de µF-waarde in de RC-schakeling groter zijn. De RC-schakeling (Resistance-Capacity) is een serie-schakeling van een weerstand met een condensator.

Nog interessanter is de Darlington-schakeling (2). Nu kom je op seconden. (Overigens dient de veiligheidsweerstand hier als ontladweerstand.) Je kunt nu ook experimenteren met andere R- en C-waarden. Noteer de waarden en tijden in de tabel. Omdat de Darlington met een zeer kleine basisstroom is open te sturen, kun je tijden van verscheidene minuten – na het loslaten van T – verkrijgen.

Het kritische gebied wordt doorlopen!

Wanneer T geopend is, dan ligt de opgeladen elko, net als vroeger de 1,5 V cel, als een aparte bron in de stuurkring van de transistortrap. Het grote verschil is natuurlijk dat de elko slechts voor een bepaalde tijd een spanning kan leveren en dat die bovendien afneemt. Ze neemt in gelijke mate toe, resp. af, als waarin de elko werd opgeladen, resp. ontladen. Met deze kennis zullen we ons tevrezen stellen.

In ons geval werd de elko bij het sturen van T met een slag, een klap, opgeladen. Tussen de beide aansluitingen staat dan een spanning ter hoogte van de voedingsspanning, ongeveer 8 V. In de mate waarin de elko kan ontladen, na het openen van T, daalt ook zijn spanning, die wordt gebruikt om de transistortrap te sturen. Je merkt daar niets van tot het kritische gebied wordt bereikt, bij een Darlington ca 1,4 V. Deze wordt niet meer geheel open gestuurd en dan begint de dooftijd, die eindigt met het bereiken van de sperspanning van ca 1 V. De Darlington spert en er loopt geen stroom meer. Hetzelfde geldt natuurlijk ook voor een wat lagere condensatorspanning bij het sturen van een enkele transistor. Het doorlopen van het kritische gebied is voor de BD 135 geheel ongevaarlijk als er slechts één lampje in de belastingskring ligt. Anders wordt het, zoals je weet, wanneer de motor in de belastingskring is opgenomen.

Maar ook voor het regelen van de voedingsstroom door de motor kunnen we het kritische gebied gebruiken. Op de volgende pagina's komt aan de orde waarmee we dan, behalve de spelregels, rekening moeten houden.

Het soepel uitlopen van de motor

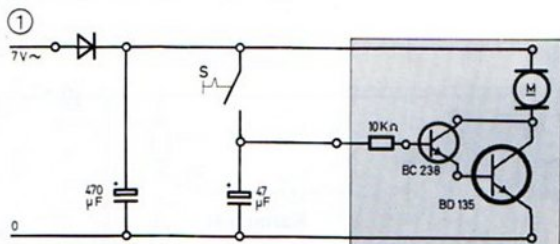
Een karroussel waarbij de kermisklanten door het plotseling stilstaan met een schok uit hun stoeltjes worden geslingerd, is snel zijn klanten kwijt. Je kunt dat vermijden – zoals in het model op de volgende pagina, door de snelheid van de motor te regelen. Dat doen we met het kritische gebied van de vertragingsschakeling die op de vorige pagina is besproken.

- Met schakeling (1) wordt de karroussel gestuurd. De stuur-elko heeft nu echter een capaciteit van $47\ \mu\text{F}$. Dat is zeer belangrijk. Schakelaar S sluit je met een draadbruggetje. De motor loopt nu.
- Open schakelaar S door de draadbrug uit de busen te trekken. Voel hoe de BD 135 warm wordt. Ook bij de motor kun je duidelijk de fases »nalopen« en »uitlopen« onderscheiden, zoals het nalichten en doven van het lampje.
- Neem bij uitzondering (!) een $220\ \mu\text{F}$ -elko als stuurkondensator. Herhaal de proef en controleer beslist de temperatuur van de BD 135. Het kritische gebied wordt nu zo langzaam doorlopen dat de elko nog spanning afschuift terwijl de motor al stilstaat (zie de proef met de LED). De transistor wordt daarbij behoorlijk heet.
- Een redelijke uitlooptijd kun je bereiken met de $47\ \mu\text{F}$ -elko, maar dan in combinatie met een $22\ \text{k}\Omega$ of $47\ \text{k}\Omega$ voor de ontladweerstand (= veiligheidsweerstand). Ook in dat geval loopt de temperatuur van de BD 135 na het tot stilstand komen van de motor, nog wel iets op, maar dat blijft binnen de toelaatbare grens. Een grotere Ω -waarde mag je beslist niet gebruiken, want dan wordt het kritische gebied weer te langzaam doorlopen met als gevolg dat de transistor te heet wordt.

Uit het experiment blijkt dat er geen problemen ontstaan in het kritische gebied als het maar snel genoeg wordt doorlopen.

- Sluit nu S voor korte tijd, alleen gedurende de uitlooperperiode van de motor. Wat gebeurt er?

De elko wordt onmiddellijk opnieuw geladen en na het openen van S volgt weer een ontlading van C. Het proces begint opnieuw. De vakuitdrukking voor dit geven van een nieuwe impuls heet »triggeren«. Het is afgeleid van het Engelse woord »trigger« dat trekker betekent. Je trekt als het ware de schakeling weer in de oorspronkelijke stand.



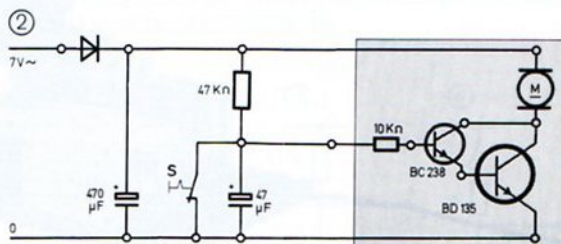
Rustige start met vertraging

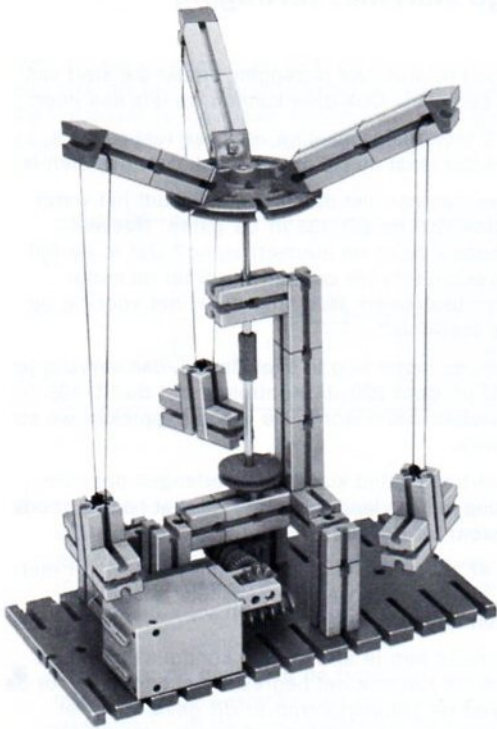
»Alles goed en wel«, zul je zeggen, »maar die start van hup met een ruk?« Ook daar kunnen we iets aan doen.

- Fig. 2 toont de schakeling voor een rustige start. De motor staat nu stil als de schakelaar gesloten is.
- Experimenteer met de sturing en houdt het warm worden van de BD 135 in de gaten. Hoeveel seconden duurt de startvertraging? Dat is de tijd die verloopt na het openen van S tot de motor begint te draaien. Hoe lang duurt het voor hij op volle toeren is?
- Mocht de motor nog te snel starten, dan vervang je de $47\ \mu\text{F}$ door $220\ \mu\text{F}$. Controleer dat de BD 135 nauwelijks warm wordt. De reden bespreken we zo dadelijk.
- De vertragingstijd kun je ook verlengen door vergroting van de laadweerstand (ja, dat heb je goed gelezen) tot $220\ \text{k}\Omega$.
- Met $47\ \text{k}\Omega$ en $220\ \mu\text{F}$ || $220\ \mu\text{F}$ kun je de motor met een geringere vertraging maar toch soepel op toeren laten komen.

Zo onderhand ben je al een hele condensator-expert geworden. Je zult ook wel begrepen hebben, dat voor de sturing van de Darlingtontrap in dit geval niet het ontladproces maar juist het opladen is gebruikt. Eerst is de condensator kortgesloten en leeg. De stuurspanning is dan $0\ \text{V}$ en de motor staat stil. Openen we S, dan wordt de elko via de $47\ \text{k}\Omega$ opgeladen. Zoals reeds vermeld, stijgt daarmee de stuurspanning overeenkomstig. De werking daarvan merk je pas als de sperspanning van ongeveer $1\ \text{V}$ wordt overschreden. De motor start en begint te draaien en bereikt zijn volle toerental als de bovenste grens van de stuurspanning, ca $1,4\ \text{V}$, wordt bereikt. De transistor is dan geheel open gestuurd. Het kritische gebied wordt nu reeds bij het begin van het opladen doorlopen. Zoals je hebt gezien, gaat dat relatief snel waardoor het geen gevaar vormt. In dit geval mag je voor het sturen ook grote elko's gebruiken.

Anders ligt het bij het benutten van het ontladproces voor de sturing. Daarbij wordt het kritische gebied eerst tegen het einde van het proces doorlopen. En tegen het einde van het laden en ontladen van een condensator, verlopen die processen langzamer. Vandaar dat de transistor bij het langzaam uitlopen van de motor meer te verduren krijgt.

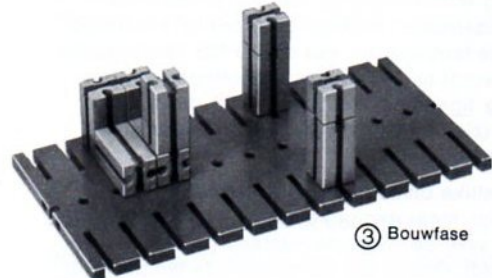




② Ruststand



Stroef draaiend maken

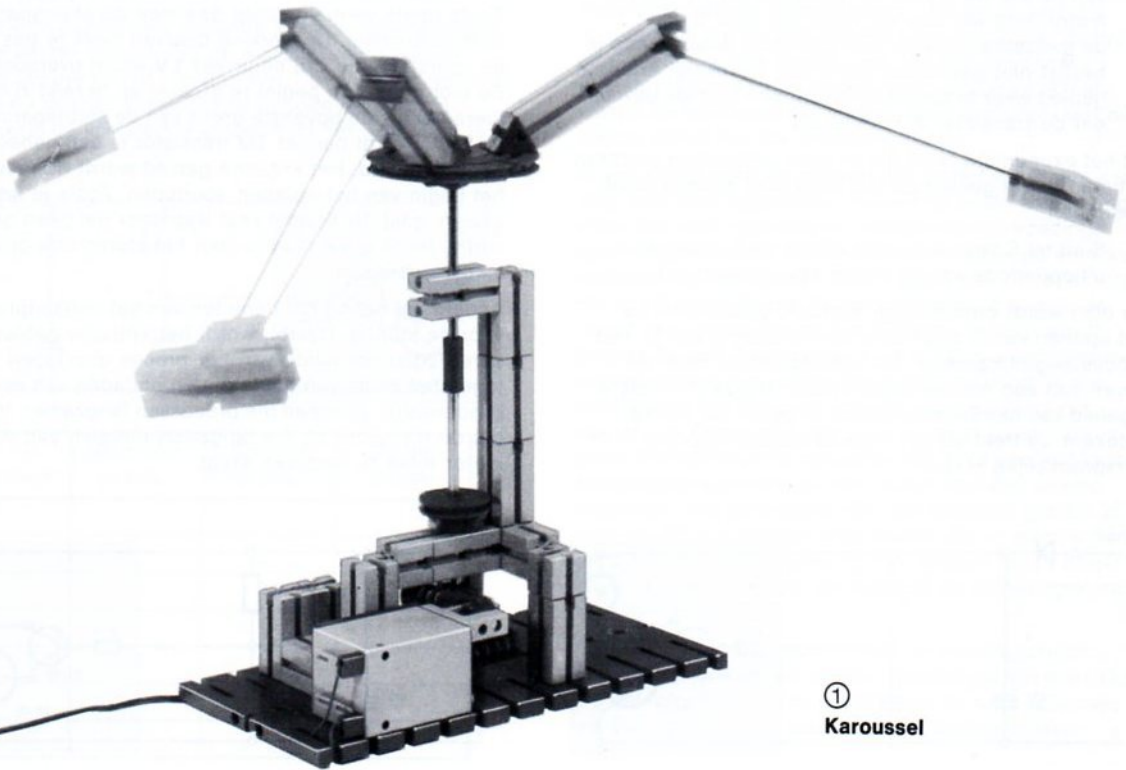


③ Bouwfase

⑤ Schakelaar



④ Stoeltje

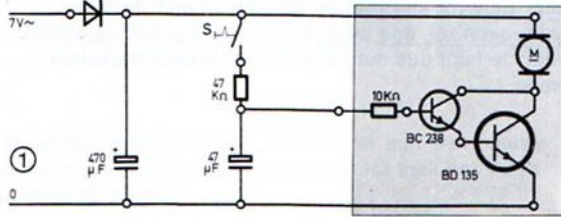


① Karussel

Het is de combinatie

Om een soepele start en uitloop van de karoussel te verkrijgen moet je dus zowel het laad- als het ontladproce van de stuurcondensator gebruiken. Schakeling (1) laat zien hoe je dat doet.

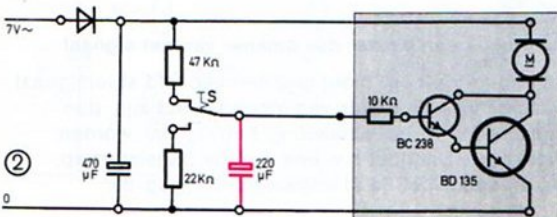
- Bij het sluiten van schakelaar S laadt de stuur-elko op. Door de kleine Ω - en μF -waarden is de vertragingstijd (aanloop) tamelijk kort.
- Bij het openen van S wordt de Darlington door de ontladspanning gestuurd. Het uitlopen duurt daarom langer, maar brengt geen gevaar mee omdat de elko maar klein is.
- Sluit je S onmiddellijk na het uitlopen van de motor, dan draait deze zonder vertraging weer op volle toeren. De elko heeft in deze schakeling namelijk ettelijke minuten nodig om geheel te te ontladen.



De perfecte schakeling: fig. 2

- In de getekende stand van de wisselschakelaar laadt de elko op. Zijn grote capaciteit, in combinatie met de laadweerstand van 47 k Ω , zorgt voor een soepele start. Voor de laadweerstand kun je ook 100 k Ω nemen.
- Na het omzetten van de schakelaar gaat de elko ontladen. En nu de truc: de 22 k Ω -weerstand wordt parallel geschakeld met de elko; er ontstaat een tweede ontladkring waarlangs een deel van de stroom naar nul vloeit. Het kritische gebied wordt daardoor sneller doorlopen – de uitlooptijd korter.

En zo heeft geen enkele kermisgast meer te klagen over horten en stoten bij begin en eind.



Nog eenmaal in het kort de tot nu toe besproken mogelijkheden om een transistor te sturen, waarna we de RC-schakeling als spanningsdeler gaan onderzoeken.

De mogelijkheid een transistor met behulp van één enkele weerstand te sturen, is behandeld op pag. 50. In de praktijk sturen we een transistor bijna altijd met behulp van verschillende componenten. De eenvoudigste combinatie is een serieschakeling van 2 weerstanden, zie fig. 1. Deze werkt als een spanningsdeler, zoals je weet. In relatie tot transistorschakelingen spreekt de technicus dan van een basisspanningsdeler; logisch, omdat de deler op de basis wordt aangesloten. Deze spanningsdeler heb je gebruikt om het kritische gebied voor de stuurspanning te bepalen.

De stuurspanning hebben we U_S genoemd en in de tekeningen met een blauwe pijl aangegeven. Uiteraard kun je geen stuurspanning aftakken als op de spanningsdeler zelf geen spanning staat. Je kunt daarvoor een aparte bron nemen of de voedingspanning van de schakeling gebruiken. Ook dat heb je reeds gedaan.

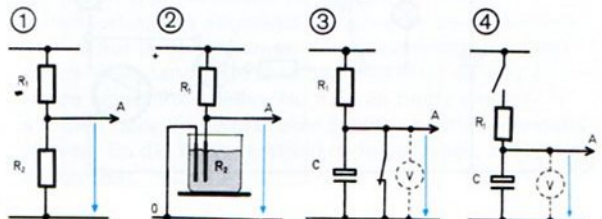
Voor bepaalde doeleinden hebben we één van de beide weerstanden vervangen door een »strook« water, zie fig. 2. De eveneens reeds beproefde mogelijkheden om een RC-schakeling te gebruiken voor het sturen van een transistortrap, zijn in fig. 3 en 4 getekend.

De RC-spanningsdeler

Het verschil met een spanningsdeler bestaande uit twee weerstanden is, dat bij de RC de deelspanningen veranderen. Dat gebeurt tijdens het laden en ontladen volgens een bepaalde regel. Voor beide typen spanningsdelers geldt:

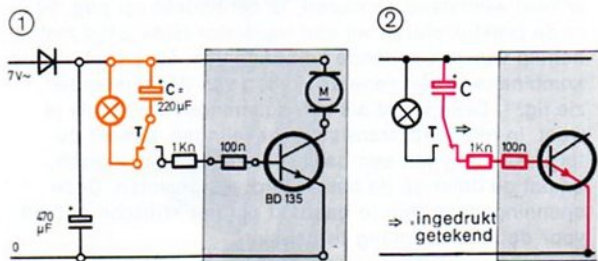
de som van de waarde van de deelspanningen is steeds gelijk aan de voedingspanning die op de spanningsdeler staat.

De hoogte van de deelspanning die op de condensator staat komt overeen met de hoeveelheid lading. Is de condensator leeg, dan is de spanning tussen de aansluitingen nul; is de condensator opgeladen dan is de spanning gelijk aan de voedingspanning. Bij het laden stijgt de condensatorspanning, bij het ontladen daalt ze. Bij het begin van beide proeven gaat dat naar verhouding snel en daarna steeds langzamer. Een praktische toepassing daarvan vind je in tijdschakelingen. Zoals b.v. in ons model van een karoussel. Maar het wordt nog interessanter.



Een druk – een ruk

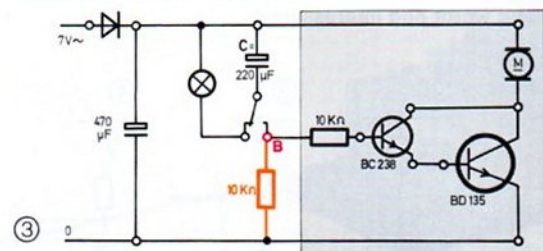
»Steeds iets nieuws«, zei de elektronikus en hij zette de RC-schakeling in serie met de basis-emitter. Zie fig. 1. De 100 Ω -weerstand is alleen voor alle zekerheid. Wat gebeurt er nu? Wel, dat gaan we uitzoeken.



- Zolang je T niet indrukt, is de condensator leeg, op de basis staat geen spanning en de transistor is gesperd.
- Een druk op de knop: de motor start met een ruk en een kleine toegift – en stopt – hoe lang je de knop ook ingedrukt houdt. Schakel je om, dan wordt de elko weer ontladen via het lampje.

De ruk van de motor heeft iets met de elko te maken, maar hoe zit dat precies? Druk je de knop in, dan komt de rood getekende verbinding met de nul in fig. 2 tot stand. De elko wordt opgeladen. Daarbij vloeit een stroom maar slechts voor korte tijd: tot de elko is geladen. De motor loopt dan ook alleen tijdens het laadproces. Bepalend voor de tijd is de grootte van de elko en de weerstandswaarde (1 k Ω).

- Theoretisch kun je langere laadtijden bereiken met 10 k Ω in plaats van 1 k Ω . Stop! Dat gaat niet! De motor start niet, zoals je je misschien herinnert. Een verdubbeling van de capaciteit haalt niet veel uit.
- Wat wel helpt is de Darlington-trap, zie pag. 3. Nu moet er wel een extra 10 k Ω -weerstand (oranje getekend) in de schakeling worden opgenomen. De weerstand ligt parallel met de tak van de 10 k Ω -veiligheidsweerstand – basis – emitter. Die verkort de oplaadtijd van de elko en daarmee de



looptijd van de motor. Dat is nodig om te voorkomen dat de transistor aan het eind van het opladen te warm wordt. Op dat moment vloeit er namelijk steeds minder stroom; de elko is bijna vol. Voor de transistor betekent dat zoveel als een grotere stuurweerstand waardoor het kritische gebied wordt bereikt. De extra weerstand zorgt er voor dat die toestand niet te lang duurt. De stroom kan nu over de weerstand lopen in plaats van over de bijna dichtgeknepen basis-emitterweg.

- Hoe kleiner de capaciteit hoe sneller het hele proces verloopt en hoe korter de stroomimpuls door de motor. Ga dit na.
- Ongeveer hetzelfde resultaat als eerst bereik je door een 47 μ F te nemen voor de 220 μ F en voor de oranje getekende weerstand van 10 k Ω een 47 k Ω , die de verkorting van de tijd opvangt. Voor de veiligheidsweerstand mag je, om de tijd te verlengen, maximaal 100 k Ω nemen.

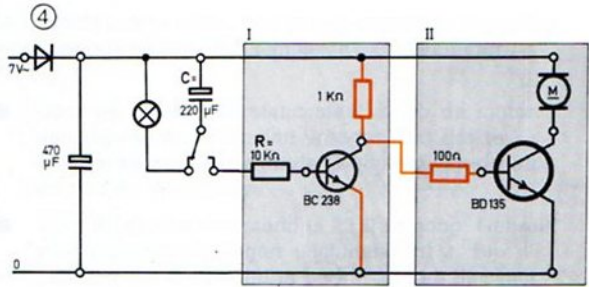
De stuurstroom wordt nul zodra de elko geladen is. Voller dan vol kan niet en daarom speelt de elko verder geen rol, hoe lang je de drukknop ook ingedrukt houdt. Je kunt dus net zo goed een wisselschakelaar nemen.

Een druk – een pauze; dus omkeer van het signaal

Je herinnert je nog: moet met een bepaald stuursignaal de motor uit – in plaats van ingeschakeld zijn, dan moet ergens in de schakeling het signaal worden omgekeerd. Dat doet b.v. een tweede transistortrap. Een en ander heb je al uitgezocht, zie pag. 30.

■ Daartoe verander je de Darlingtontrap van fig. 3 in de tweetrapsversterker van fig. 4. Nu loopt de motor zolang de drukknop in de ruststand staat (niet bediend). Na het indrukken of omzetten van een wisselschakelaar blijft de motor een bepaalde tijd staan.

■ Bepaal de stoptijden voor de aangegeven R- en C-waarden. Voor R mag je tot 100 kΩ gaan. Het kritische gebied wordt in deze schakeling relatief snel doorlopen, zodat de transistors geen schade lijden. Bij R groter dan 100 kΩ wordt de zaak echter te heet.



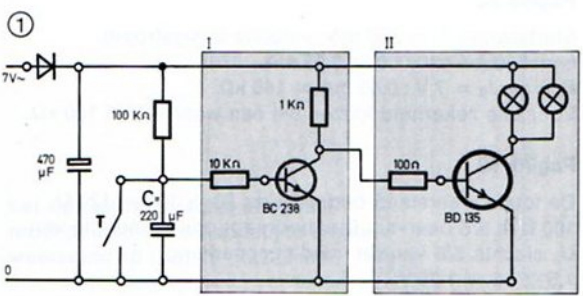
Wil je je kennis van de elektronica testen? Vul dan de ontbrekende antwoorden in en streep de volgens jou onware uitspraken door. Veel succes!

- In de getekende stand van drukknop T is condensator C geladen / leeg. De BC 238 wordt gesperd / gestuurd. Daarom wordt de BD 135 en de 2 lampjes branden / branden niet.
- Wordt T ingedrukt, dan zal de elko worden geladen / ontladen. Op dat moment wordt de stuurspanning (= spanning van de condensator Volt. Daardoor zal de BC 238 en de BD 135 De lampjes zullen nu
- Zolang je T ingedrukt houdt, zal er niets veranderen. Laat je T los, dan wordt C over kΩ geladen / ontladen. De lampjes blijven even helder branden / worden direct zwakker / gaan onmiddellijk uit.
- De stuurspanning begint te dalen / te stijgen. Omdat er met de lampjes iets gebeurt, moet de stuurspanning tot ongeveer V stijgen. Deze waarde noemt men
- Nu wordt het kritische gebied doorlopen. De lampjes beginnen
- Wanneer het kritische gebied doorlopen is, zullen de lampjes fel branden / helemaal uitgaan. Op dat moment zal de stuurspanning ongeveer V zijn.
- De trappenhuisverlichting kun je triggeren / niet triggeren.

Rouw nu de schakeling en noteer de brandtijd van de lampjes. Het langzaam zwakker worden van het licht is erg storend. Langere brandtijden zitten er ook niet in. Probeer het maar niet, de BD 135 zou je dat hoogst kwalijk nemen.

Een trappenhuisautomaat

Dat is de schakeling waarmee je op elke etage van een groot flatgebouw voor enige minuten het licht aan kunt doen. Wat denk je van de schakeling in fig. 1? Meer drukknoppen moet je gewoon parallel schakelen met T, zoals getekend.



De grote kracht van een kleine weerstand

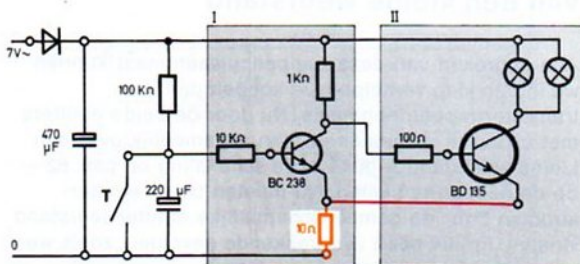
Alle gebreken van deze trappenhuisautomaat kunnen we in één klap verhelpen. Je koppelt de twee transistortrappen nogmaals. Nu door de beide emitters met elkaar te verbinden en dan gezamenlijk over een kleine weerstand – 10 Ω in de schakeling op pag. 62 – op de nul aan te sluiten. Nu moeten beide emitterstromen door de gemeenschappelijke emitterweerstand vloeien. En dat heeft verstrekkende gevolgen, zoals we zullen zien.

- Plaats de emitterweerstand in de schakeling, anders verandert er niets. Maar nu, hoogst merkwaardig, wat dit kleine schakelkneepje bewerkstelligt: een bijna verdubbelde brandtijd en de lampjes floepen uit.

En nu de verklaring voor de enorme tijdwinst. Wanneer de lampjes branden, ligt de $10\ \Omega$ -weerstand in serie met de collector-emitter overgang van de BD 135 en de lampjes. De BC 238 is gesperd, er loopt dus geen stroom van collector naar emitter. Voor de rest van onze verklaring kunnen we deze kring buiten beschouwing laten. De $10\ \Omega$ -weerstand werkt als een voorschakelweerstand voor de lampjes, die dan ook niet zo fel branden als anders.

Tussen de aansluitingen van deze voorschakelweerstand kun je een spanning meten van ongeveer $1,5\ \text{V}$. Dat geldt zolang de drukknop T is ingedrukt, maar ook tijdens het opladen van C na het loslaten van T. Maar de $10\ \Omega$ -weerstand ligt ook in de stuurkring van de BC 238. Zou er over de $10\ \Omega$ -weerstand geen spanning meer heersen, dan zou de BC 238 niet meer geheel sperren zodra de spanning van de condensator boven de $0,6\ \text{V}$ stijgt. Over de $10\ \Omega$ -weerstand staat echter een spanning van $1,5\ \text{V}$. Daarom blijft de BC 238 sperren tot de stuurspanning is opgelopen tot $0,6 + 1,5 = 2,1\ \text{V}$. En zoals je weet kost het opladen van de grote condensator tot die spanning veel meer tijd. Door de inbouw van de gemeenschappelijke emitterweerstand, schroeven we zogezegd de basis omhoog.

Het interessantste effect dat de kleine emitterweerstand teweeg brengt is echter dat het resterende kritische gebied als in een flits wordt doorlopen. De schakeling »tuimelt« terug in de stand vóór dat we haar triggerden. En omdat de schakeling dat steeds maar één keer doet, spreken we van een **monoflop** (mono = een) – want er is maar één stabiele stand.



Antwoorden op de vragen

Pagina 43

$$I_1 = 4,5\ \text{V} : 220\ \Omega = 0,02\ \text{A} = 20\ \text{mA}$$

$$I_2 = 4,5\ \text{V} : 100\ \Omega = 0,045\ \text{A} = 45\ \text{mA}$$

$$I = I_1 + I_2 = 0,065\ \text{A} = 65\ \text{mA}$$

Pagina 45

$$10\ \text{k}\Omega + 10\ \parallel 22\ \text{k}\Omega = 17\ \text{k}\Omega$$

$$10\ \parallel 22 = 220 : 32 = 6,88\ \Omega \approx 7\ \Omega$$

$$10\ \parallel 47 = 470 : 57 = 8,25\ \Omega \approx 8\ \Omega$$

$$47\ \parallel 100 = 4700 : 147 = 31,97\ \Omega \approx 32\ \Omega$$

$$22\ \parallel 100 = 2200 : 122 = 18,03\ \Omega \approx 18\ \Omega$$

$$R_v = 7 + 32 = 39\ \Omega \text{ resp. } 8 + 18 = 26\ \Omega$$

Pagina 52

Startstroom $I_C = 500\ \text{mA}$; vereiste basisstroom
 $I_B = 500\ \text{mA} : 10.000 = 0,05\ \text{mA}$
 $R = U : I_B = 7\ \text{V} : 0,05\ \text{mA} = 140\ \text{k}\Omega$
 Voor alle zekerheid kiezen we een waarde van $100\ \text{k}\Omega$.

Pagina 53

De totale weerstand bedraagt nu $20 + 100 = 120\ \Omega$;
 $100\ \Omega$ is $5/6$ daarvan. Dus bedraagt ook de hoogte van U_S slechts $5/6$ van de voedingsspanning:
 $1,5 \cdot 5 : 6 = 1,25\ \text{V}$.

Start op bevel – stopt uit zichzelf

Alvorens de lampjes te vervangen door de motor, gaan we eerst even kijken of we de brandtijd van de trappenhuisautomaat nog wat kunnen verlengen.

- De eerste truc die je wat het principe betreft bekend zal voorkomen, is een $22\ \Omega$ in plaats van een $10\ \Omega$ -emitterweerstand. Dat geeft veel langere tijden maar ook minder licht, want de voorschakelweerstand van de lampjes is groter.
- Je kunt ook $147\ \text{k}\Omega$ en wellicht $220\ \text{k}\Omega$ als laadweerstand gebruiken. In elk geval levert het verdubbelen van de condensatorcapaciteit tot $440\ \mu\text{F}$ nog iets op.

Je behoort ook te weten hoe je een dergelijke monoflop moet opbouwen voor het schakelen van een motor. Zie fig. 1.

- Door de emitterweerstand staat er op de motor een lagere spanning dan vroeger. Om dat te corrigeren nemen we nu de G-uitgang van de trafa en niet de W-uitgang.
- Voor de emitterweerstand is $22\ \Omega$ te hoog. Gebruik voor motorschakelingen uitsluitend $10\ \Omega$. Bij motoren die al een tijd in bedrijf zijn en dan niet vanzelf willen starten, moet je een $10\ \Omega$ en $22\ \Omega$ parallel schakelen. Je krijgt dan een weerstand van ongeveer $7\ \Omega$.
- Rust de RC spanningsdeler eerst met $22\ \text{k}\Omega$ en $220\ \mu\text{F}$ uit. Hoeveel seconden duurt het voor de schakeling omslaat? Neem de proef met de combinaties als in de tabel aangegeven. Pas op, neem je hogere $\text{k}\Omega$ -waarden dan in de tabel genoemd, dan kunnen de transistors te warm worden.

Een andere mogelijkheid om de periode te verlengen is het opnemen van de gestippeld aangegeven weerstand R_2 in de tekening. Gebruik achtereenvolgens de waarden: $220\ \text{k}\Omega - 47\ \text{k}\Omega - 22\ \text{k}\Omega$. Deze weerstand ligt parallel met de elko. Ga na welke invloed de waarden hebben op de tijdsduur. Hoe kleiner R_2 , hoe langer het duurt voor de monoflop omslaat. Anders gezegd, hoe langer de motor draait. Dat is logisch, want een deel van de laadstroom gaat via de weerstand langs de elko. Het opladen duurt langer, de elko bereikt en overschrijdt

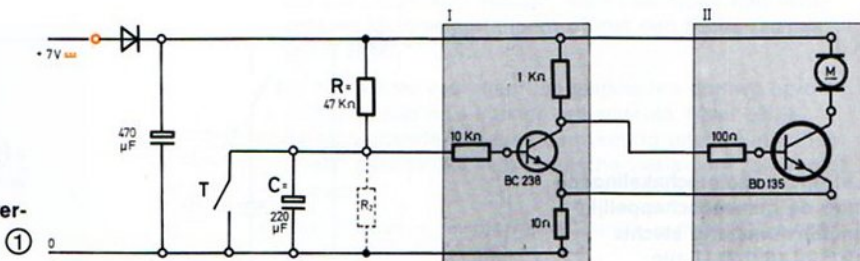
C (μF)	R ($\text{k}\Omega$)	R_2 ($\text{k}\Omega$)	Tuimeltijd (sek)
220	22	—	
	47	—	
	69	—	
	100	—	
	147	—	
47	100	—	
440	22	—	
	47	—	
	100	—	
	147	—	
	100	220	
	100	47	
	100	22	

de sperspanning later. De toepassing van zo'n parallel geschakelde weerstand is een typisch praktijktrucje. Je hebt het overigens al eens eerder toegepast (op pag. 60) maar dan met het tegenovergestelde doel. Herinner je je nog? Maar kleiner dan $22\ \text{k}\Omega$ mag R_2 niet worden. In dat geval slaat de monoflop niet meer om en blijft de motor lopen. Dat hangt samen met de spanningsverhoudingen in de serieschakeling van $R - R_2$, waarop we echter niet verder zullen ingaan.

- Ga na dat de tijd die de monoflop nodig heeft voor het omslaan pas begint als T wordt geopend. De draatijd van de motor is dus ook afhankelijk van hoe lang je T ingedrukt houdt. Pas je een verbreekcontact toe in plaats van het getekende maakcontact, dan loopt de motor zolang je de drukknoop niet bedient. Het openen van het contact heeft geen directe uitwerking. Er ontstaat nu een vertraging in het uitschakelen van een paar seconden.

Natuurlijk is ook deze monoflop na te triggeren. Monoflops waarbij dat niet kan en ook die waarbij de tijdsperiode tot het omslaan direct bij het sluiten van het contact begint, zijn alleen met meer componenten te bouwen.

Let op: bij motorschakelingen moet de gemeenschappelijke emitterweerstand $10\ \Omega$ of $10\ \parallel 22\ \Omega$ zijn. Tuimeltijd (sek)



Stopt op bevel – start vanzelf

Bij de monoflop van de vorige pagina draaide de motor gedurende de periode die de schakeling nodig had voor het omslaan of tuimelen. We kunnen dan spreken van een «aan»-puls die door het loslaten van de drukknop het triggeren opheft. Hoelang de draaitijd van de motor is, speelt daarbij geen beslissende rol. De hoofdzaak is dat er geen aanloop- en uitlooptijden zijn. Nu gaan we met een schakeling werken waarbij het triggeren een uit-puls tot gevolg heeft. De draaiende motor stopt en start na de tuimeltijd vanzelf weer. Direct op volle toeren.

- Fig. 1 laat de schakeling zien. Voor het experiment is het beter als je in plaats van de motor eerst 2 parallel geschakelde lampjes neemt. Deze vormen dan de belastingsweerstand in de collectorring van de BD 135.
- De RC bestaat uit een 10 kΩ en een 220 μF. Laat voorlopig de oranje getekende 10 kΩ-weerstand R₂ weg. Druk T heel even in. De lampjes moeten ogenblikkelijk uitgaan en na ongeveer 10 seconden weer aanflitsen.
- Ga na, dat door triggeren binnen die 10 seconden, de tuimelperiode opnieuw ingaat.
- Alvorens je de proef op de som neemt: wat zal er gebeuren als je de capaciteit van de condensator vergroot of verkleint? Uiteraard bij een gelijkblijvende weerstand R₁ (10 kΩ). Wordt de tuimeltijd ook langer resp. korter of juist het omgekeerde? Vervang C door 220 || 220 = 440 μF, daarna door 47 μF, en neem tenslotte 10 μF. Je vermoedens worden dan bevestigd. Of niet?
- Nu het omgekeerde: de capaciteit van de elko (b.v. 220 μF) blijft gelijk maar we vergroten de ontladweerstand R₁: 22 kΩ – 32 kΩ – 47 kΩ – 57 kΩ – 69 kΩ – 100 kΩ. Sommige waarden moet je samenstellen in een serieschakeling.

Natuurlijk wordt de tuimeltijd nu langer. Maar had je ook vermoed dat de steile impulsflanken – zoals de snelle overgangen van licht naar donker en omgekeerd worden genoemd – aan het eind van de »uit«-puls zouden verdwijnen bij hoge weerstandswaarden? De werking van de emitterweerstand wordt dan praktisch opgeheven.

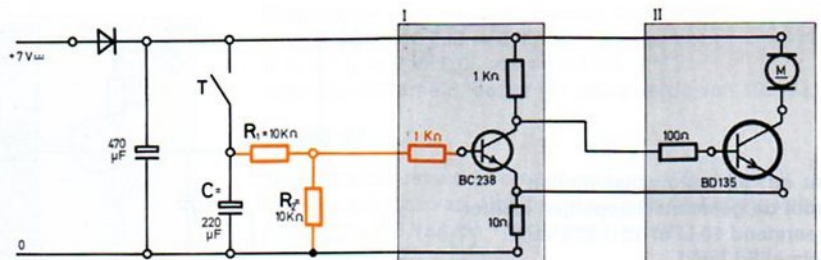
Let op: in motorschakelingen mag de gemeenschappelijke emitterweerstand slechts 10 Ω of 10 || 22 Ω zijn.

C (μF)	R ₁ (kΩ)	R ₂ (kΩ)	Tuimeltijd (sek)
220	10	22	
	22	10	
	10	10	
	47	10	
440	47	10	
47	47	10	
	22	10	
	10	10	
	22 10 = 7	10	
10	0,470	10	
	47	10	

- Nog erger wordt het wanneer je de twee lampjes vervangt door de motor. Die begint te stotteren bij de herstart. Het is zelfs mogelijk dat hij helemaal niet op gang komt. Wees voorzichtig, let op de warmte-ontwikkeling van de BD 135.
 - Het enige hulpmiddel is een extra ontladweerstand, een trucje dat we ook op pag. 60 hebben toegepast. In deze schakeling is dat de oranje getekende weerstand R₂, die parallel met de emitteruitgang ligt.
- Over deze R₂ kan de condensator zich verder ontladen als de BC 238 begint te sperren. Deze maatregel is nodig omdat de voedingsspanning op dat moment «door de knieën» gaat – kleiner wordt – wanneer er stroom door de motor vloeit. De verklaring is vrij ingewikkeld en die zullen we je besparen. Het is voldoende als we weten hoe we het probleem moeten oplossen.

In de tabel vind je weer de verschillende waarden voor C – R₁ – R₂ die geschikt zijn voor het schakelen van de motor.

- Neem de proef met alle RC-kombinaties en noteer de tijden in de tabel. Dat zijn de periodes waarin de motor stilstaat! Je kunt die gegevens gebruiken voor het model van de mixer dat op één van de volgende pagina's wordt besproken.



De pagina's met de blauwe band...

vormen voorlopig de afsluiting van het fischer elektronika-praktikum. Dit laatste deel bevat een aantal wat grotere modellen die elektronisch worden gestuurd. Bovendien wordt behandeld hoe je de schakelingen die we besproken hebben, kunt uitbreiden met licht-sensors (foto-weerstanden) of met een fischertechnik relais RB II.

Er zijn echter veel meer mogelijkheden dan we op de volgende pagina's kunnen behandelen. Maar als je de nu volgende opgaven nauwkeurig uitvoert, dan heb je een behoorlijke »elektronische basis« om zelf verder te gaan.

Veel succes – en plezier natuurlijk – met de blauwe pagina's.

Toerentalbeveiliging van een mixer

Grote elektromotoren kunnen in korte tijd erg heet worden en zelfs brand veroorzaken. Dit gebeurt als de machine die wordt aangedreven, teveel vraagt van de motor. Deze wordt dan overbelast of zelfs geblokkeerd. Daarom worden mengmachines, molens voor het malen van meel en machines voor het kneden van deeg, voorzien van een optisch en akoestisch (geluids) alarmsignaal. Meestal wordt dan tegelijk de motor automatisch uitgeschakeld. Om het stuurprincipe van een dergelijke schakeling duidelijk te maken, allereerst het model van een mixer voorzien van een waarschuwinglampje.

- Belangrijk is dat je de naven in het model klemvast aandraait om het slippen van de as te voorkomen. Als mengstof kun je het beste rijst nemen. Hoe dieper je de mengschoepen in de rijst drukt, hoe langzamer de motor gaat lopen. Overbelasting ontstaat als de tijd voor één omwenteling te lang wordt. Blokkeert de mixer, dan wordt de zaak kritiek.
- Om te beginnen moet de elektronica registreren hoe lang 1 omwenteling duurt. Daartoe plaats je een hoeksteen op één van de bouwstenen 15 die de beide draaischijven met elkaar verbinden. De hoeksteen drukt bij elke omwenteling de fischer-techniek drukknop in, zie fig. 1. Op deze wijze krijgt de monoflop, die het waarschuwinglampje aan- en uitschakelt, elke keer een puls wanneer de mixer 1 omwenteling heeft gemaakt.
- Als bron voor de voedingsspanning van de elektronica neem je de W-uitgang van de trafo. Op de G-uitgang sluit je de motor aan.
- Twee parallel geschakelde lampjes vormen de alarminstallatie. Je kunt echter ook een lampje op het model monteren zoals ook wordt gedaan op echte mixers.
- Het principe van de schakeling is gemakkelijk te begrijpen, ook zonder het model in de rijst te houden. Je draait de trafo dicht zodat de motor langzamer gaat lopen.

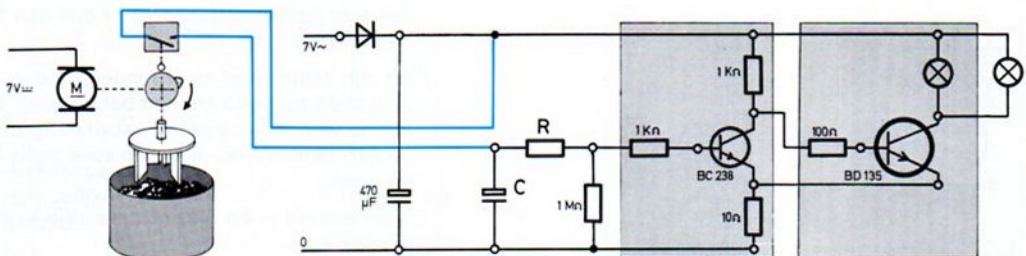
- Sluit nu de voedingsspanning op de elektronika aan zonder de motor in te schakelen. Het waarschuwinglampje blijft branden, tenzij toevallig de hoeksteen de mini-drukknop indrukt. Dit signaal zou in de praktijk betekenen: direct uitschakelen, de motor blokkeert. Staat het contact van de drukknop open, dan is de elko leeg, omdat hij niet is aangesloten. De BC 238 spert, de BD 135 staat geheel open — beide lampjes branden.
- Laat nu de motor »vol gas« lopen. Let op het indrukken van de drukknop door de hoeksteen. De lampjes mogen nu niet gaan branden. Lichten ze toch op, dan moet je $R = 22 \text{ k}\Omega$ nemen.
- Verminder het toerental van de motor door de trafo dicht te draaien. De lampjes moeten nu bij elke omwenteling van de mixer korter of langer oplichten. Is dat niet het geval, dan verklein je R tot $7 \text{ k}\Omega$ door een $10 \text{ k}\Omega$ met de $22 \text{ k}\Omega$ parallel te schakelen.

Het waarschuwinglampje wordt gestuurd door een monoflop die na te triggeren is. De monoflop geeft »uit«-pulsen. Loopt de motor snel genoeg, dan wordt de monoflop steeds getriggerd binnen de tuimeltijd. Het licht blijft uit. Gaat de motor langzamer lopen door overbelasting, dan wordt de monoflop niet op tijd getriggerd en zullen de lampjes elke keer oplichten. Slim bedacht, nietwaar?

- Wil je toch nog roeren in de rijst, dan moet je de waarde voor R en C zo kiezen dat bij elke omwenteling een lichtflits volgt als de mixer diep in de rijst roert. Door het parallel schakelen van elko's alsmede het parallel- en in serie schakelen van weerstanden kun je de tuimeltijd zeer nauwkeurig afstellen. Wanneer de as in de naven slijpt, dan blijven de lampjes branden.

Automatisch uitschakelen van de motor

Veel veiliger dan elk alarmsignaal is natuurlijk een automatische uitschakeling van de motor bij overbelasting. Daartoe moet je de schakeling zo veranderen dat de na te triggeren monoflop »aan«-pulsen geeft die de motor sturen. De beide naven in het model draai je nu zo ver los, dat bij een zware belasting van de



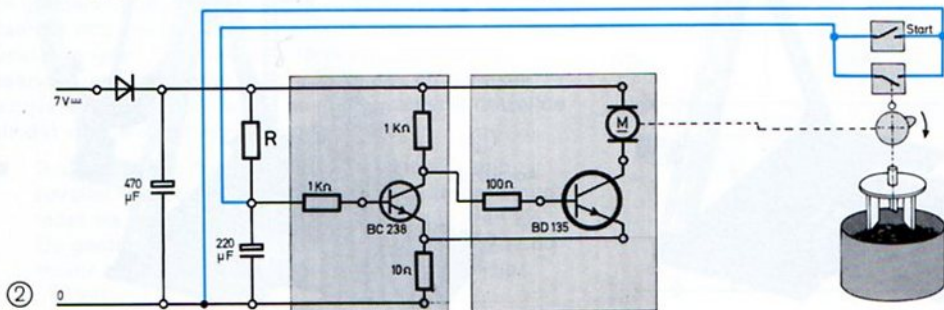
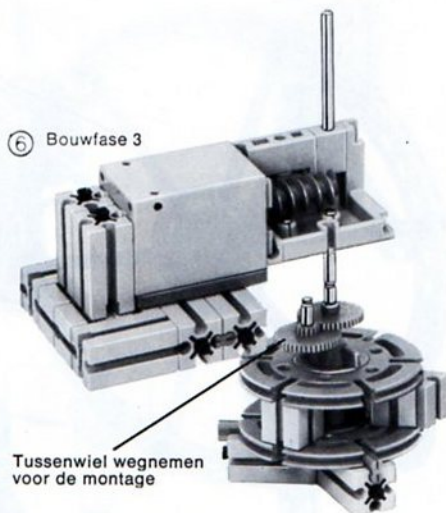
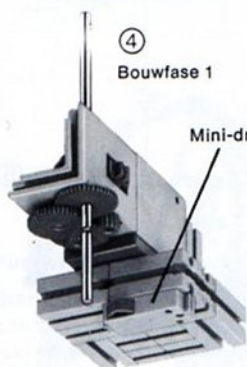
①

mixer (diep in de rijst) de as gaat slippen. Daardoor wordt de motor automatisch uitgeschakeld.

■ Fig. 2 toont de nieuwe schakeling. De motor ligt nu in de collectorkring van de BD 135. Daarom moet je als voeding de G-uitgang van de trafo nemen. De weerstand R werkt nu als laadweerstand voor de elko. Tezamen bepalen ze de lengte van de tuimeltijd, gedurende welke de motor is ingeschakeld. De eerste triggerpuls geef je met de startknop. De hoeksteen die de mini-drukknop bedient zorgt voor het automatisch na-triggeren.

De startknop ligt parallel met de mini-drukknop; je kunt hem op het schakelbord plaatsen of inbouwen in het model.

■ De tuimeltijd kies je zo dat bij overbelasting, de as slipt en de monoflop niet op tijd wordt nagetriggerd. De motor stopt dan onmiddellijk. Het bepalen van de juiste waarde voor de weerstand R is nu moeilijker dan in de vorige schakeling. Al naar de belasting van de motor wijzigt zich de voedingspanning, waardoor de tuimeltijd wordt beïnvloed. Daarom reageert het model alleen trefzeker op de slip van de as in de naven. Bij klemvast aangedraaide naven kan het gebeuren dat de tuimeltijd bij overbelasting zo lang wordt, dat de motor niet tijdig wordt uitgeschakeld. Het beste kun je beginnen met $R = 10 \text{ k}\Omega$ en $C = 220 \mu\text{F}$.

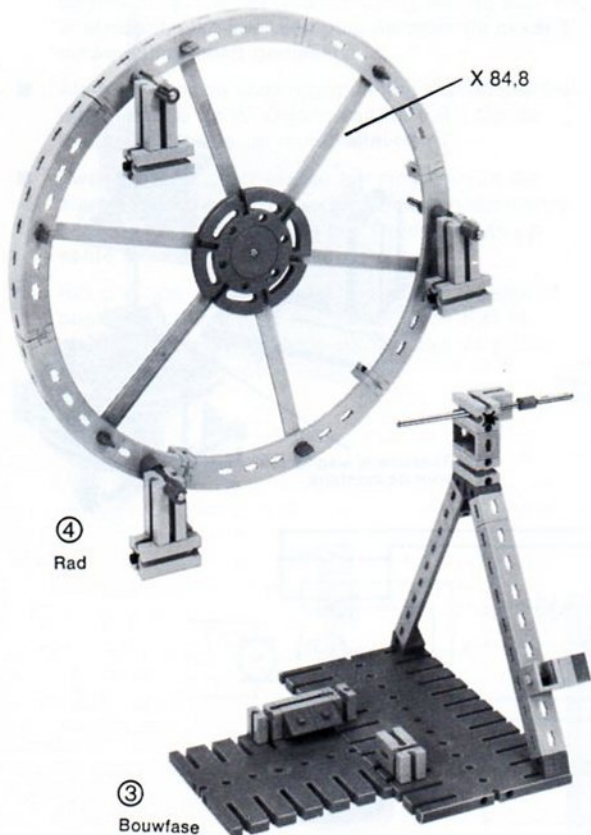
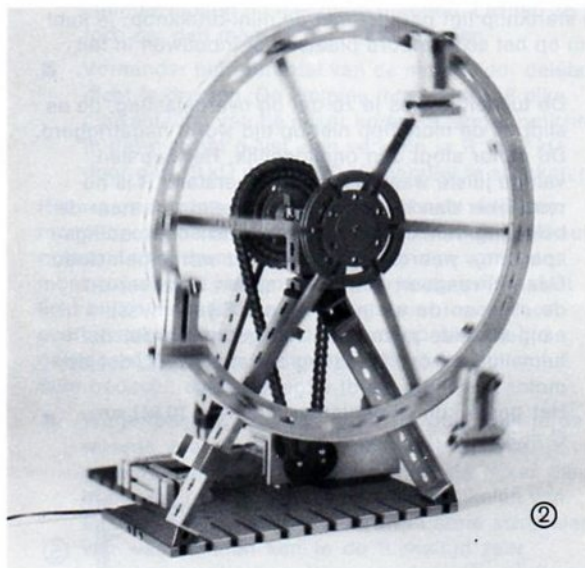
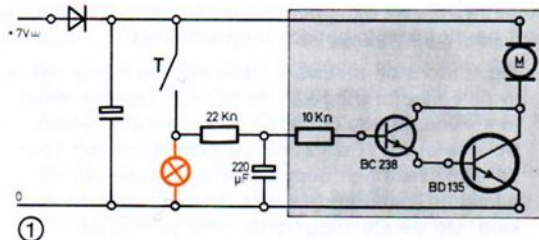


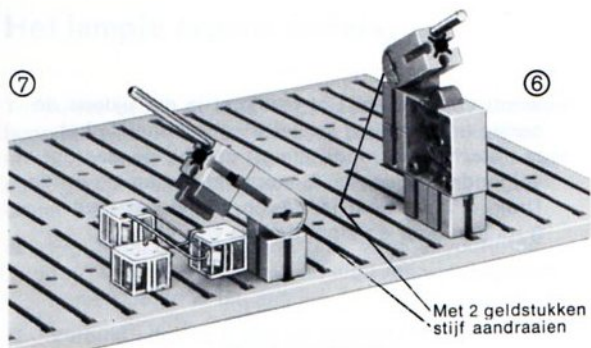
De besturing van een reuzerad

Aan de hand van het model van een reuzerad zullen we enkele halfautomatisch besturingen bespreken en bouwen. Te meer is het model interessant omdat we de problemen oplossen met een combinatie van elektronika en elektromechanika.

Let op – de motor zal zo direkt gaan draaien

- Als eerste waarschuwingssignaal is er een kogel-lampje. Het licht onmiddellijk op wanneer je drukknop T – of nog beter de schakelaar gemaakt van een drukknop, zie fig. 6 – indrukt resp. omschakelt. De elektronika zorgt er nu voor dat de motor met een zekere vertraging start en langzaam op gang komt. Het is de Darlington-trap volgens fig. 1, zoals we die hebben leren kennen in het model van de karroussel.
- Wat gebeurt er wanneer je de laadweerstand van $22\text{ k}\Omega$ vervangt door $47\text{ k}\Omega$?
- Mocht je geen fischertechnik drukknop hebben, dan vind je in fig. 7 op de volgende pagina een andere oplossing. De scharniersteen moet je iets aandraaien, zodat die goed stroef loopt.



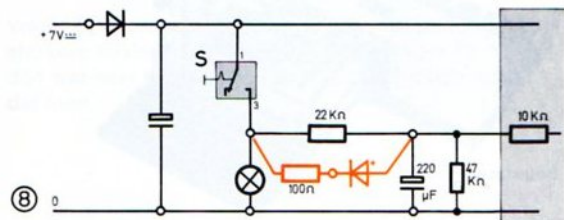


Alleen de start moet worden vertraagd

Bij deze schakeling treedt ook een vertraagde stop en langzaam uitlopen van het reuzerad op. Maar dat is niet de bedoeling. De gondels moeten voor het in- en uitstappen precies op een bepaalde plaats stilstaan. Hier helpt een diode.

- Zet de diode, zie fig. 8, parallel met de laadweerstand van 22 k Ω . De kathode moet naar het lampje wijzen. Bij het laden van de stuur-elko doet de diode niets. Na het openen van de schakelaar werkt de elko als bron. Daar de plus van de elko met de plus van de diode is verbonden, kan de stroom nu via de diode afvloeien. De elko ontlad dan niet langzaam via de Darling-ton, maar zeer snel over de diode, 100 Ω -weerstand en lampje.

- Het trucje met de 47 k Ω parallel geschakeld, ken je. Wat gebeurt er als je de 47 k Ω - en de 22 k Ω -weerstand van plaats verwisselt.



Puntje bij paaltje uitschakelen

Startsein, vertraagd en langzaam op gang komen en snelstop – alles klopt. En toch zal het je maar zelden lukken het reuzerad precies zo te laten stoppen dat de gondels in de onderste stand stilstaan. We gaan daarom nog verder automatiseren.

Omdat je geen tweede monoflop hebt, nemen we daarvoor een drukknop, een schakelaar en schakelschijven. Het principe dat we gaan toepassen is hetzelfde als dat van de ruitenwissers op een auto.

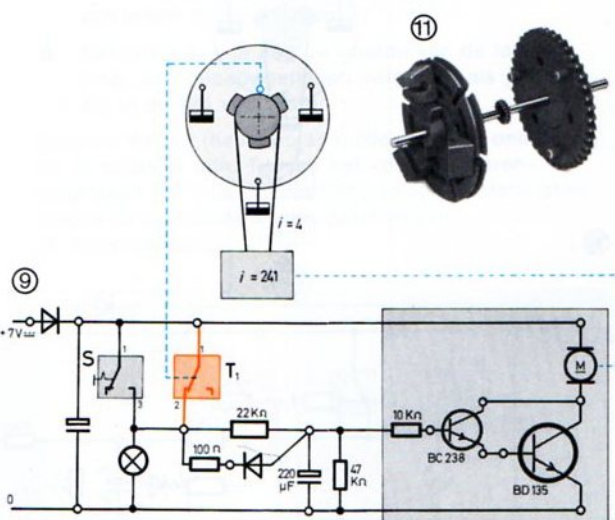
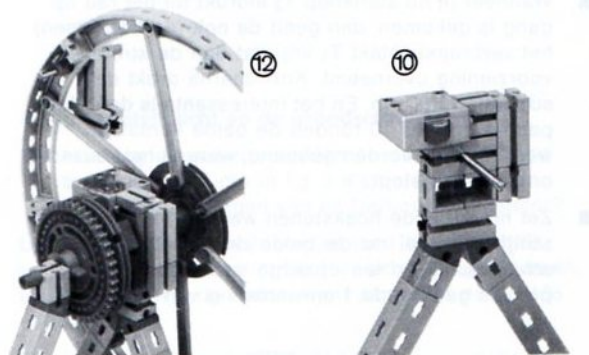
- Sluit eerst een fischertechnik drukknop T_1 aan, parallel met schakelaar S, zie fig. 9. Deze drukknop moet als verbreekkontakt werken (bussen 1 en 2). De gestippelde lijn rechts in fig. 9 geeft aan dat de motor het reuzerad aandrijft via de transmissie $i = 241$.

De andere stippelijijn links betekent dat de drukknop T_1 door de 3 nokken op de aandrijfas van het rad steeds voor korte tijd wordt ingedrukt.

- De foto's 10–12 laten zien hoe je de drukknop moet inbouwen en hoe je op het tandwiel Z 40 de draaischijf met 3 hoekstenen (de nokken) schuift.

Aan de elektronika is niets veranderd. Het reuzerad start vertraagd na het sluiten van S en komt langzaam op gang. Zolang S gesloten is heeft het openen van T_1 door de nokken geen enkele uitwerking. Maar open je S, dan hef je ook de overbrugging van T_1 op. Via het gesloten contact van T_1 loopt dan nog stroom tot een nok T_1 opent. Het rad stopt dan onmiddellijk omdat de elko zeer snel ontlad over diode en lampje.

- Belangrijk is dat de hoeksteen de T_1 ingedrukt houdt tot de motor ook echt stilstaat. Dat is een kwestie van de drukknop in de juiste stand monteren. Mocht het dan nog niet lukken, draai dan de trafospanning iets terug. De nokkenschiif moet je zo afstellen dat de gondels steeds in de onderste stand stilstaan.

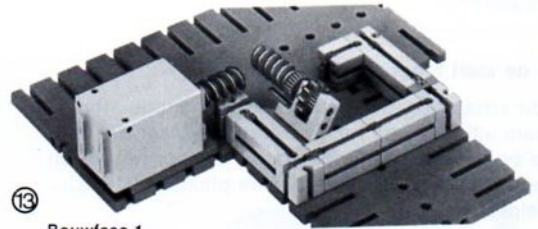


Uitschakelen na tien rondes

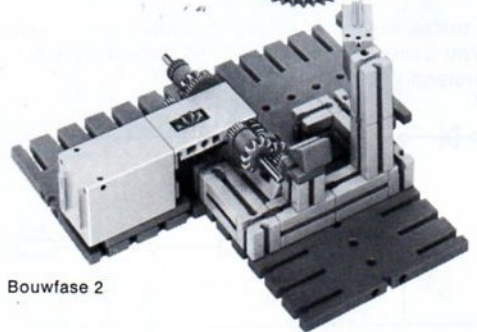
Automatisering kan altijd nog beter. Na één ronde voor het in- en uitstappen moet het rad aansluitend daarop 9 rondjes zonder pauze draaien en automatisch stoppen. De hele rit duurt dan 10 rondjes.

- Breid het model uit met een transmissie $i = 40$, foto's 13 t/m 15. De transmissie bestaat uit een asblok met wormwiel en tandwiel Z 10, alsmede een as 60 waarop een tandwiel Z 40 is gemonteerd.
- Bovendien is op de as een fischertechnik schakelschijf bevestigd. Het geheel bouw je zo op dat de mini-drukknop T_2 slechts heel kort wordt vrijgegeven. In plaats van een schakelaar nemen we een drukknoop T_3 als starter waarmee je de elektronica triggert. T_2 en T_3 sluit je parallel met T_1 aan.
- Voor de eerste proef haal je 2 hoekstenen van de nokkenschijf af. Stel de schakelschijf zo in dat die T_2 niet indrukt. Na het inschakelen van de trafa zal de motor lopen tot de schakelschijf T_2 vrijgeeft en de ene nok de drukknoop T_1 indrukt.
- Wanneer je nu startknop T_3 indrukt tot het rad op gang is gekomen, dan geeft de nok (de hoeksteen) het verbreekcontact T_1 vrij, dat dan de stroomvoorziening overneemt. Kort daarna drukt de schakelschijf T_2 in. En het interessante is dan, dat pas na precies 10 rondes de beide contacten weer tegelijk worden geopend, waarna het reuzerad onmiddellijk stopt.
- Zet nu de beide hoekstenen weer op de nokkenschijf. Verdraai nu de beide delen van de schakelschijf zo ten opzichte van elkaar dat T_2 precies gedurende 1 omwenteling van het rad

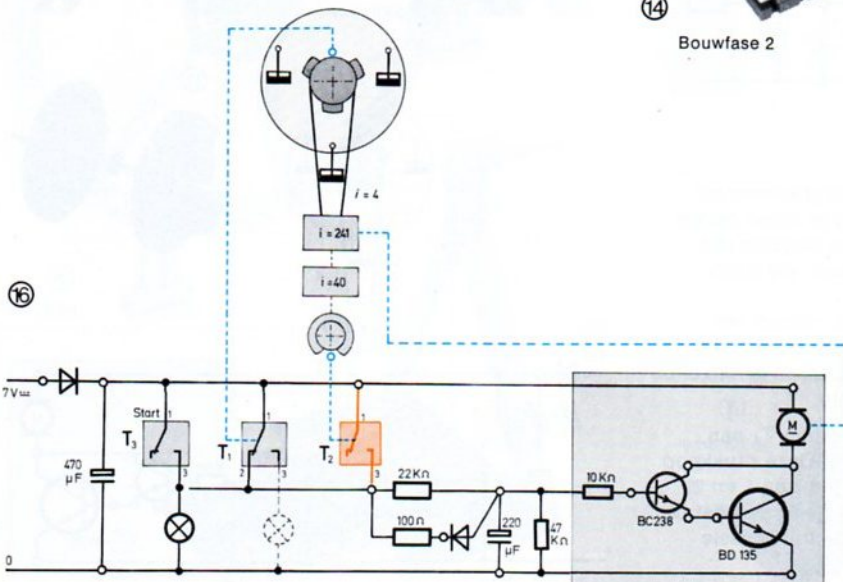
wordt vrijgegeven. Het resultaat is dat tijdens de eerste omwenteling na het triggeren met T_3 het rad slechts 1/3 ronde aflegt; ook bij de daaropvolgende trigger van T_3 stopt het rad na 1/3 ronde. Druk je T_3 nu weer in, dan loopt het reuzerad 9 rondes door en stopt daarna vanzelf.



13
Bouwfase 1
Bij het inbouwen
het asblok met wormwiel
er af halen



14
Bouwfase 2

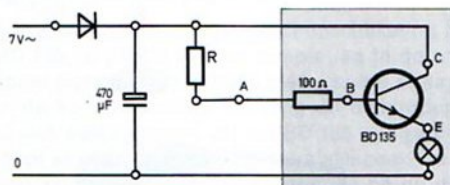


Het lampje ergens anders

Tot nu toe heb je de belastingsweerstand – één of meer lampjes resp. de motor – steeds tussen de pluspool en de collector van de BD 135 aangesloten. Maar waar staat geschreven dat je die niet tussen de emitter en de minpool mag aansluiten?

■ Fig. 1 laat de schakeling zien. Vergeet vooral de 100 Ω -veiligheidsweerstand niet! Als voedingsbron nemen we de W-uitgang.

■ Verbind uitgang A van de transistortrap eerst met de plus- en daarna met de minpool. Het maakt geen enkel verschil of het lampje nu bovenin of onderin de schakeling wordt geplaatst.



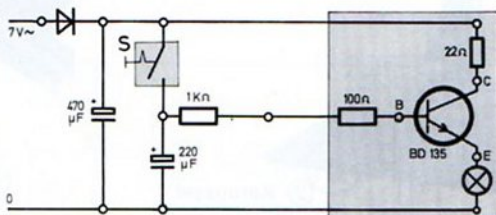
■ Herinner je je nog de proef met de stuurstroom en de stuurweerstand? Die proef gaan we nu doen met het lampje tussen de emitter en de nul.

■ Neem voor R achtereenvolgens: 1 k Ω – 10 k Ω – 22 k Ω en 47 k Ω . Experimenteer ook met waarden tussen 1 en 10 k Ω . Bij welke waarde kun je de BD 135 niet meer geheel open sturen?

Voor het doorsturen van de BD 135 heb je nu een veel sterkere basisstroom (kleinere waarde voor R) nodig dan wanneer het lampje aan de collector ligt, zoals dat heet.

Interessant is ook de volgende proef:

■ Stuur de trap in fig. 2 op de bekende wijze met de ontladestroom van een elko. In plaats van een drukknop kun je ook een schakelaar gebruiken. De 22 Ω -weerstand in de kollektorleiding heeft alleen tot taak er voor te zorgen dat de BD 135 bij het sluiten van S geheel wordt doorgestuurd.



■ Hoelang duurt het voor het lampje na het openen van S geheel uit is? Het lijken wel tijden die voor een Darlington gelden. Hoe zit het met de tijden voor het nalichten en uitdoven?

■ Om het verschil tussen lampje »boven« en »onder« nogmaals duidelijk te laten zien, plaatsen we het lampje nog een keer in de kollektorleiding en verbinden we de emitter weer met de nul. (De 22 Ω -weerstand is daarbij niet nodig.)

Bij het nalichten (= transistor geheel doorgestuurd) en bij het uitdoven (doorloopt het kritische gebied) maakt het een enorm verschil of de belastingsweerstand in de kollektor- of in de emitterleiding ligt. In dat laatste geval duurt het aanzienlijk langer tot het kritische gebied is doorlopen. Zoals je zult begrijpen, is dat verschijnsel van grote betekenis voor vele elektronische schakelingen.

Als het ochtendlicht en de avondschemering

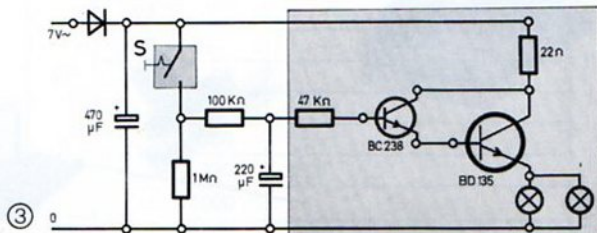
■ Hoelang duurt het oplichten en uitdoven van de beide lampjes, die in fig. 3 als belasting in de emitterleiding liggen van de Darlingtontransistor?

Let op: niet meer dan 2 lampjes (of 1 fischertechniek kogellampje) als belasting in deze schakeling opnemen. En in geen geval de motor, want dan raakt de BD 135 defekt.

■ Nog langere »schemertijden« verkrijg je door de afvlakkondensator 470 μ F en de stuurelko 220 μ F van plaats te verwisselen.

■ Natuurlijk kun je ook de waarde van de laad-, resp. de ontladweerstand vergroten als je daar zin in en tijd voor hebt.

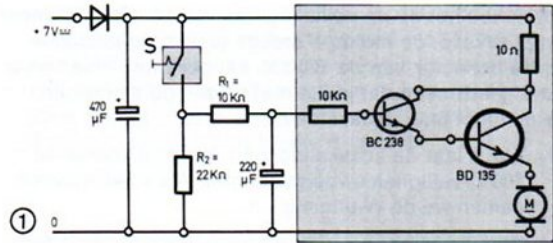
Waarom de zon (het lampje) sneller op- dan ondergaat, zal je duidelijk zijn. Tijdens het »ochtendgloren« stijgt/daalt (???) de stuurspanning voor de Darlington; tijdens de avondschemering daarentegen



Langzaam starten en stoppen

Met de zoëven beproefde Darlingtonschakeling kun je ook de motor sturen. Alleen moet je er voor zorgen dat het kritische gebied zeer snel wordt doorlopen – anders begeeft de BD 135 het. Overigens in de praktijk komt het niet zo vaak voor dat een motor heel langzaam moet aanlopen en uitlopen.

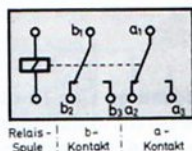
- De maximaal voor de BD 135 toegestane start- en stoptijden worden verkregen met de in fig. 1 genoemde waarden van R_1 en R_2 .
- Het afgebeelde model van een karroussel is bijzonder geschikt voor het testen van de schakeling. Wie genoeg bouwstenen heeft kan het model nog veel groter maken.
- In de praktijk is een schakelaar natuurlijk handiger dan een drukknop.
- Let op. Omdat je de G-uitgang als bron gebruikt moet je na elke rit een pauze van 1 minuut inlassen zodat de transistor de tijd krijgt om af te koelen. Met de W-uitgang als bron kan de motor in bepaalde omstandigheden niet starten. Controleer in alle gevallen met je vinger de temperatuur van de BD 135.
- Verwissel R_1 en R_2 van plaats. Waarom wordt de transistor nu veel minder warm?



Overloopindicator met relais



①



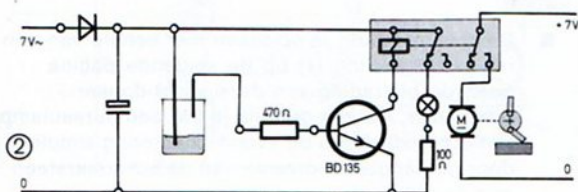
Mocht je nog geen fischertechniek relais hebben (fig. 1), dan moet je dat beslist aanschaffen. Vraag naar aanvullingsdoos em 10. Een relais biedt ongekeerde mogelijkheden voor het besturen van modellen. In de doos em 10 vind je een uitvoerige handleiding en alle belangrijke technische gegevens.

■ Fig. 2 toont de bekende overloopschakeling met de BD 135. In plaats van het lampje leg je de relaispoel (symbool: rechthoek met schuine streep) in de kollektorleiding. Zo lang de elektroden niet in het water steken, zal de BD 135 sperren en loopt er geen stroom door de relaispoel. De kontakten staan dan in de stand als op de dekplaat getekend. Een zwak gloeien van het lampje geeft aan dat de overloopindicator staat ingeschakeld.

■ Op hetzelfde moment dat de transistor wordt open gestuurd (de elektroden maken contact met het water) gaat er een stroom door de relaispoel die de twee onafhankelijke wisselkontakten omschakelt. Het lampje dooft en de motorratel slaat alarm.

De voordelen van de besturing met een relais liggen voor de hand:

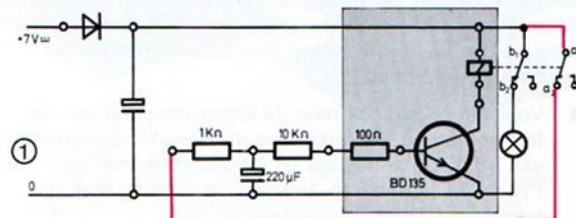
- Voor de voeding van elektronika en verbruiker (de belasting) kun je aparte bronnen gebruiken. In ons geval is de motor op de G-uitgang en de elektronika op de W-uitgang van de trafo aangesloten.
- Het storende doorlopen van het kritische gebied wordt vermeden. De stroomkringen worden door de kontakten van het relais gestuurd. Het relais werkt hier als een triggerschakeling.
- Door de verbindingsleidingen op het andere wisselkontakt te zetten kun je van de overloopindicator een alarminstallatie maken voor als de tank dreigt leeg te lopen. Zonder iets in de elektronika te wijzigen. Hoe dat kan, mag je zelf uitzoeken.



②

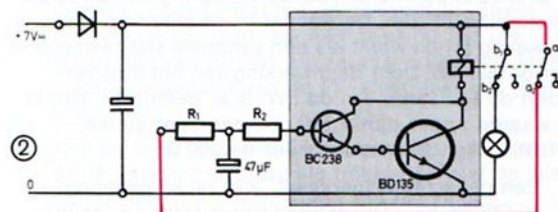
Korte flitsen – lange pauzes

De volgende schakeling (1), bestaande uit elektronika en relais, werkt als een pulsgenerator, ook wel pulsgever genaamd. Elke keer trekt het relais even aan of komt op, zoals de officiële term luidt. De elektronika bepaalt



de tijdsduur van de pauzes. Gelijktijdig met het inschakelen van het lampje wordt de elko via a_1-a_2 , de rode leiding, en de $1\text{ k}\Omega$ -weerstand opgeladen. Tevens wordt de transistor open gestuurd; het relais komt op en het lampje dooft. Tegelijk wordt de verbinding a_1-a_2 naar de elko onderbroken. De elko ontladtd via de BD 135 zolang »de voorraad strekt«. Vlak voor de transistor spert, is de stroom door het relais zo zwak geworden, dat het relais afvalt. Je kunt dat goed zien als je een lampje parallel met de relaispoel schakelt.

En nu begint het proces van het »pulsen« opnieuw. Eerst recht interessant wordt het pas met de Darlington-transistor van fig. 2.



■ Voer het experiment uit met de waarden voor R_1 en R_2 , resp. C, zoals die in de tabel zijn aangegeven. Noteer de tijden – in het bijzonder de pauzes.

C (μF)	R ₁ (kΩ)	R ₂ (kΩ)	Brandtijd (sek)	Pauze (sek)
100	10	10		
47	10	10		
220	1000	1000		

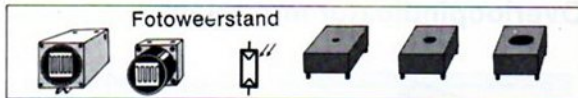
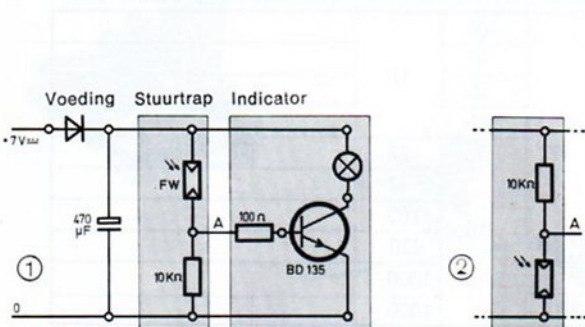
Een elektronisch oog

Een fotoweerstand (FW) is een elektronisch oog, het is gevoelig voor het licht dat er op valt. In het symbool is dat met twee pijltjes aangegeven. Misschien heb je al een fischertechniek fotoweerstand met de bijbehorende stoorlichtkappen. Die heb je beslist nodig. Je kunt ze ook los kopen in de speelgoedhandel (de servicebox). Elektronisch is er praktisch geen verschil tussen de grote en de kleine uitvoering (zie tekening in kader) van de fotoweerstand.

- Voor het onderzoek naar de eigenschappen van de fotoweerstand gebruiken we de transistorschakeling van fig. 1. Deze bestaat uit de stuurtrap met de FW en de signaaltrap. Vergeet de voeding niet, die bestaat uit trafo + diode + elko. De volgende proeven kun je het beste in een donkere kamer (gordijnen dicht) nemen met als lichtbron een bureaulamp.
- Monteer op een basisplaat de FW met een 4 mm stoorlichtkap. Als het even kan met behulp van een scharniersteen met rode nok. Richt het geheel op de bureaulamp. Zodra je die aan doet, zal ook het signaallampje oplichten. Dek de FW snel met de hand af – en het signaallampje gaat onmiddellijk uit.
- Beweeg je hand nu langzaam over de FW, zodat je die eerst geleidelijk aan afdekt en daarna weer vrijgeeft. Ook het signaallampje gaat dan langzaam uit en daarna weer geleidelijk sterker branden.

Na al onze experimenten zal de verklaring van dit effect niet zo moeilijk zijn. De FW ligt in de stuurtrap van schakeling (1) en werkt als een variabele stuurweerstand voor de BD 135. Door de inwerking van het licht verandert de Ω -waarde van de FW. Is er geen licht, dan is de waarde hoger dan 1 M Ω , bij een zeer sterke belichting ligt de waarde onder de 200 Ω .

- Een gedachtenexperiment: wat zal er gebeuren als je FW en 10 k Ω -weerstand van plaats verwisselt? De FW is dan de onderste weerstand in de spanningsdeler, zie fig. 2. (Denk aan de proef met de overloopindicator. Al naar het water als »bovenste« of »onderste« weerstand werd gebruikt, kregen we een overloop- of een lekindicator.)



De dozen ec 1 en IC-digitaal Praktikum bevatten een fotoweerstand en stoorlichtkappen met verschillende openingen. Als losse onderdelen zijn ze alle verkrijgbaar in de Servicebox.

- Neem nu de proef op de som of je antwoord vóóraf juist was.

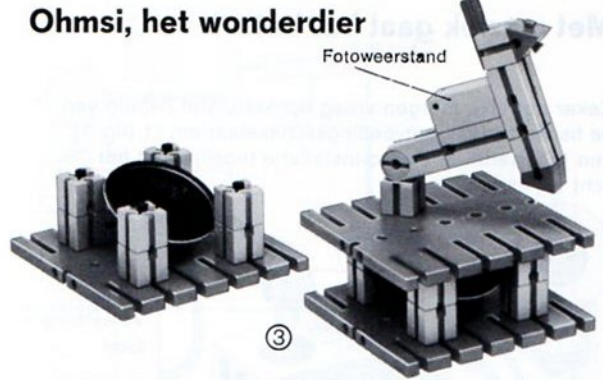
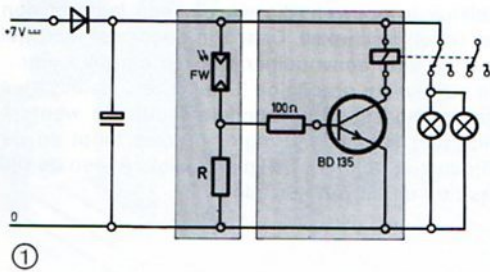
Waarschijnlijk had je de signaalomkeer wel verwacht en verbaasde het je niet dat het signaallampje nu oplicht als de fotoweerstand wordt afgedekt en uitgaat wanneer je weer licht op de FW laat vallen. Voor allerlei toepassingen in modellen kun je met deze schakeling lichtstraalonderbrekers bouwen. Neem daarvoor in plaats van een bureaulamp een fischertechniek lenslamp met een stoorlicht-opening 1,0 – 2,5 – 4 mm. De lenslamp sluit je aan op de W-uitgang. Door de afstand tussen lenslamp en FW te veranderen, kun je de lichtstraalonderbreker afstellen.

- Ga na hoever je de lenslamp met de verschillende stoorlichtkappen kunt plaatsen van de fotoweerstand.

Schakelen met licht

In veel technische toepassingen mag het doorlopen van het kritisch gebied geen invloed hebben op de belastingskring in de transistortrap. De transistor moet óf geheel open gestuurd zijn óf geheel sperreren. Dat is bij voorbeeld het geval bij het automatisch in- en uitschakelen van de straatverlichting. Die moet uitgaan als het licht wordt en gaan branden als het donker wordt.

- Dit probleem kun je oplossen met behulp van een relais. Schakeling (1) op de volgende pagina geeft de bedrading van deze »licht-donker«-schakelaar. Als zon gebruik je b.v. een bureaulamp. Het ochtendlicht en de avondschemering simuleer je door het langzaam draaien van de scharniersteen met de FW.

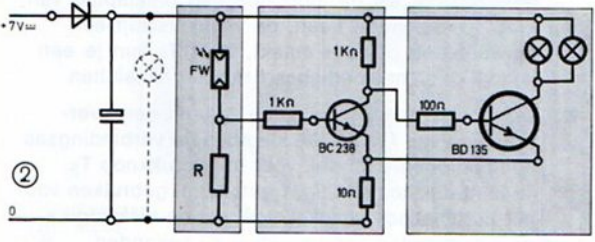


■ Ohmsi is een wonderbaarlijk, lichtgevoelig dier (fig. 3), opgebouwd uit fischertechnik bouwstenen en een fotoweerstand. Door het asgat van een bouwsteen 30 kan er licht op vallen. Onder de basisplaat bevindt zich de luidspreker. Het wonderdier wordt levendiger als je het op enige afstand van de elektronika opstelt.

■ Schakeling (4) is de toongenerator van pagina 39 waarin nu de FW als stuurweerstand voor de BC 238 is opgenomen.

De straatverlichting bestaat uit twee lampen. Ze worden door het relais in- en uitgeschakeld.

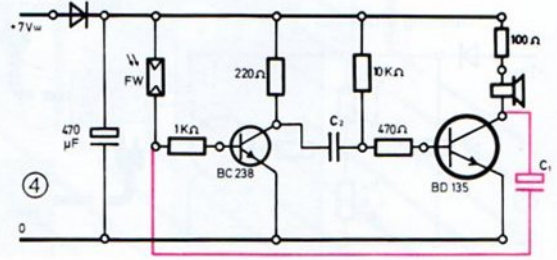
- Gebruik weer de 4 mm stoorlichtkap; voor R neem je eerst 10 kΩ. Nu laat je het ochtend en avond worden.
- Neem voor R achtereenvolgens 15 kΩ (22 || 47 kΩ) – 22 kΩ – 47 kΩ. Je zult zien dat het reactiebereik van de schakeling verandert met de stijgende kΩ-waarde van R. De verlichting gaat steeds vroeger uit en overeenkomstig daarmee steeds later aan.
- Ga na dat he reactiebereik ook verandert door andere stoorlichtkappen te nemen.
- Wil je het zonder relais doen? Neem dan de reeds eerder besproken triggerschakeling van fig. 2. Zoek ook uit hoe hoog R maximaal mag worden zonder dat het omklappen van de schakeling verloren gaat. Begin met R = 10 kΩ.
- In plaats van lampen kun je met licht ook je motor in- en uitschakelen. Je zou b.v. de motorratel als alarminstallatie kunnen gebruiken. Schakeling (2) met motorratel kan alarm slaan als het licht in een bepaalde ruimte uitgaat.
- Bedenk zelf hoe je de schakeling moet wijzigen, zodanig dat er alarm wordt geslagen als er licht wordt gemaakt in een ruimte waar dat verboden is.



Onze volgende experimenten lijken wel op een grapje zonder veel technische waarde. Hoewel, je kunt nooit weten.

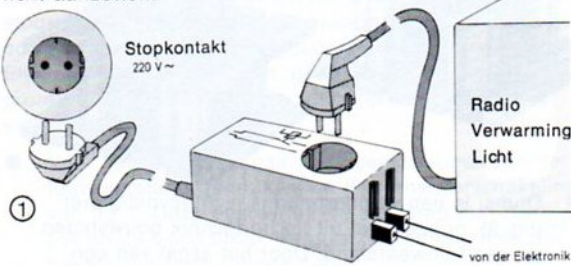
- Neem voor C₁ en C₂ elk een 100 nF-kondensator. Verduister de kamer, en de dressuur van Ohmsi kan beginnen.
- Eerst belichten we hem van voren, dan van de zijkant en van boven; neem daarvoor een zaklantaarn, een kaars of een lucifer. Beweeg de lichtbron naar Ohmsi toe en er vandaan. Streel Ohmsi met het licht, aai hem over de rug (de bovenkant van de FW). Hij zal zich erkentelijk tonen want de kunststof van de FW-steen laat iets licht door.
- Met C₁ = 10 μF wordt Ohmsi een knorpot – met 47 nF vertoont hij muzikale trekjes. En met de juiste handbeweging breng je hem aan het zingen.
- Als waakhond signaleert Ohmsi elke indringer met knorren, grommen of huilen – al naar de belichtingssterkte.
- Op de vloer geplaatst zal ons wonderdier elke bezoeker hartelijk welkom heten en op een vriendelijk gebaar overeenkomstig reageren.

Wegens zijn opvallend »weerstandsgedrag« hebben we Ohmsi vernoemd naar Simon Ohm.

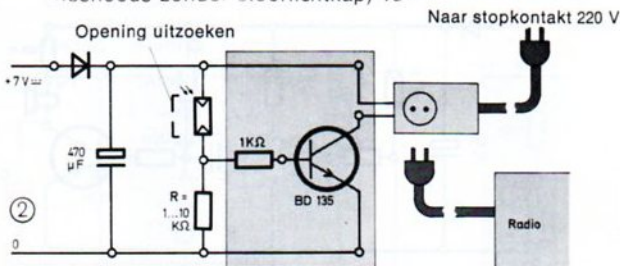


Met muziek gaat het beter!

Zeker het elke morgen vroeg opstaan. Met behulp van de fischertechnik netvoedingsschakelaar em 11 (fig. 1) kun je je radio of stereo-installatie tegelijk met het licht aanzetten.



- Het hart van de netvoedingsschakelaar is een relais dat sterkstroomapparaten kan in- en uitschakelen, b.v. een bureaulamp, een radio of een elektrische verwarming. De stekker van de netvoedingsschakelaar steek je gewoon in een 220 V stopkontakt. De stekker van de radio komt in het stopkontakt van de netvoedingsschakelaar, dat is voorzien van een beveiligingsplaatje. Het ingebouwde relais stuur je door het op te nemen in de collectorleiding van de BD 135. In fig. 2 zie je dat je daarvoor alleen de twee bussen aan de korte (of de lange) kant van de netvoedingsschakelaar moet verbinden met de pluspool en de collector van de BD 135. Dat kan met twee gewone kabeltjes.
- Schakel nu de radio in. Die zal alleen spelen als op de FW zoveel licht valt dat het relais in de netvoedingsschakelaar opkomt. De radio wordt dan aangesloten op de netvoeding. Daartoe moet je natuurlijk wel een passende stoorlichtkap op de FW plaatsen.
- Wanneer je 's avonds nog muziek wilt horen, hoef je niet extra op te staan om de stereo-installatie uit te schakelen. Je doet het licht uit en de radio wordt automatisch uitgezet.
- Met een Darlingtontrap kun je er een zeer gevoelige alarmschakeling van maken. De inbouw van de BC 238 laten we graag aan je over.
- Plaats de FW in de ruimte die bewaakt moet worden. De radio stem je af op een station dat ook 's nachts muziek uitzendt. Afhankelijk van het gekozen geluidsvolume wordt alleen jij of het hele huis gewekt als er een spiertje licht op de FW (desnoods zonder stoorlichtkap) valt



Een universele schakelklok

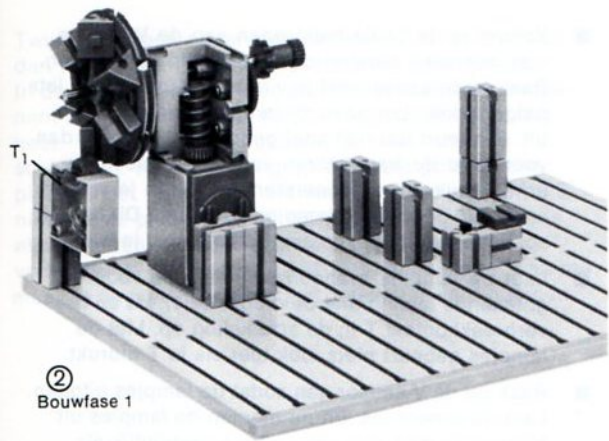
Misschien heb je wel eens geprobeerd om met een motor, een transmissie en een nokkenschijf een schakelklok te bouwen, die elk uur een lamp of een wekker (ratel) inschakelt. Daar zijn nogal wat tandwielen voor nodig. Veel eenvoudiger lijkt het om de motor met de schakeling op pagina 37 te sturen. Helaas kleefte aan die methode een schoonheidsfoutje. Je weet namelijk niet hoelang de motor precies loopt en de draaitijden zijn ook niet helemaal gelijk. Alleen de tijden voor aan en uit blijven hetzelfde.

Nevenstaand model heeft daarom een »tijd-weg«-besturing. Een combinatie van elektronica en elektro-mechanika die wel precies werkt. Bestudeer het principe eerst zonder model.

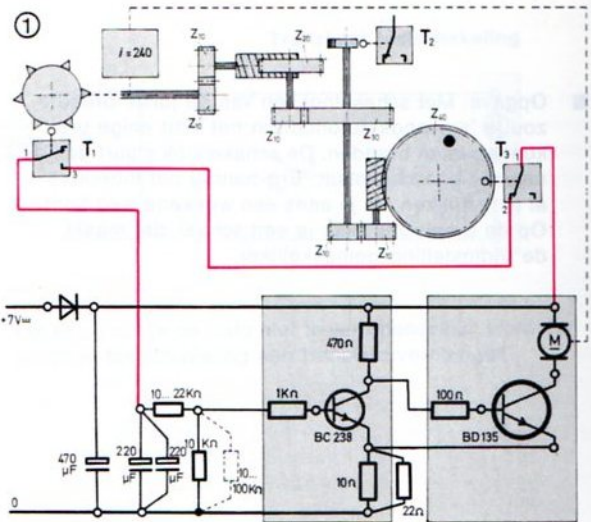
- Bouw schakeling (1) op. Laat drukknop T_3 weg. Eén bus van T_1 moet je dan direkt met de pluspool verbinden. Als je de trafo inschakelt, dan moet de motor gaan draaien. Let er op dat de emitterweerstand bestaat uit een $10 \parallel 22 \Omega$. (De motor start dan bijna altijd.) Door T_1 even in te drukken, moet de motor ongeveer 10 seconden stoppen. Is dat het geval, dan werkt de elektronika perfect.

Je zult zeggen: »dat is een monoflop die met een omklaptijd van 10 seconden de motor uitschakelt.« Dat klopt. Daarna begint de motor weer te draaien. Maar een automatisch systeem krijgen we pas als de motor zelf de monoflop steeds opnieuw triggert. Anders gezegd: hij schakelt zichzelf steeds voor een aantal seconden uit.

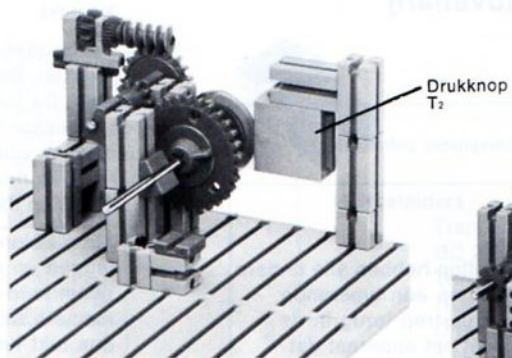
- Dat kun je bereiken met een draaischijf die is voorzien van 6 nokken, zie fig. 2, 3 en 4. De nokken drukken T_1 in. Deze drukknop moet je zo plaatsen dat de nokkenschijf steeds 1/6 omwenteling maakt en dan zo tot stilstand komt, dat de rode knop van T_1 precies tussen 2 nokken staat. (Blijft een nok op de rode knop hangen, dan kan de motor niet starten.) De tijd kun je met wat geduld precies op 10 seconden afstellen door weerstanden in serie of parallel te schakelen.
- Nu bouw je de transmissie, zie fig. 5, met een extra schakelschijf, die T_2 stuurt. De overbrenging is zo gekozen dat als de monoflop een omklaptijd van krap 10 seconden heeft, de schakelschijf één omwenteling per uur maakt. Over T_2 kun je een lampje of de netvoedingsschakelaar aansluiten.
- De rechter aandrijving in fig. 6 heeft een overbrenging van $i = 40$. De klembus op verbindingssas 30 funktioneert als nok voor mini-drukknop T_3 . Je kunt die, zoals in fig. 1 getekend, gebruiken voor het automatisch uitschakelen van de elektronika na een draaitijd van ongeveer 40 seconden.



② Bouwfase 1



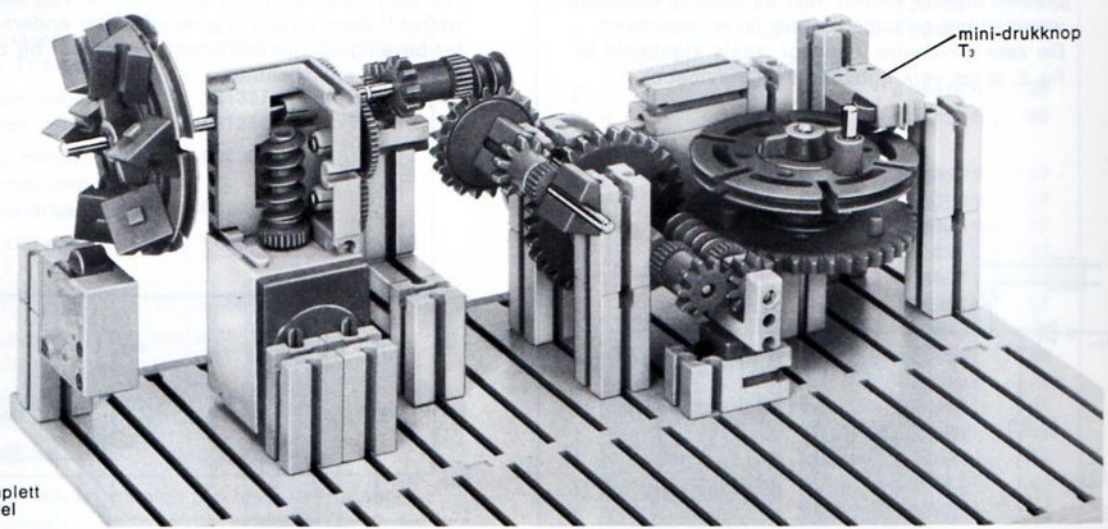
③ Onderdelen van de transmissie



④ Aandrijving voor de urenknop



⑤ Extra aandrijving



⑥ Komplett model

- Opgave: Met schakelnokken van de juiste breedte zou je 's avonds automatisch het licht enige uren kunnen laten branden. De schakelklok stuurt dan de netvoedingsschakelaar. Erg handig om inbrekers af te schrikken als je eens een weekend weg bent. Op de draaischijf plak je een schaal, dat maakt de tijdstelling gemakkelijker.

»Licht uit« als door tovenarij

V-sensor
(vochtigheidssensor)



Afgezien van de flipflop en monoflop hebben alle andere tot nu toe behandelde schakelingen één typerende eigenschap gemeen. Keert de stuurtrap terug in de uitgangs- of beginstand, dan doet het apparaat dat gestuurd werd, dat ook. Het lampje van de »tank is leeg«-schakeling gaat uit zodra de elektroden weer contact met het water maken. Alleen met een trucje (en een diode) kun je dat verhinderen. Het principe vind je in schakeling (1).

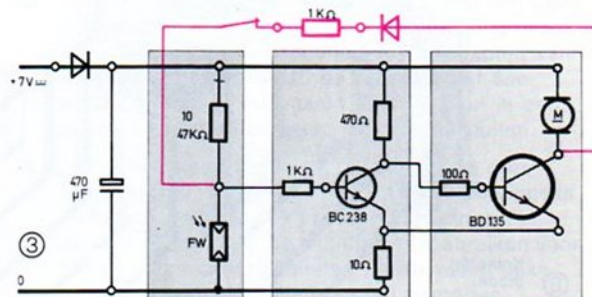
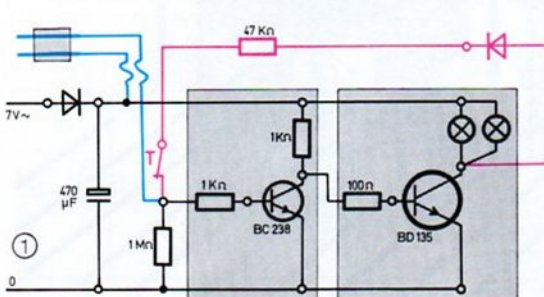
- De rode leiding laten we voorlopig weg. De beide blauwe draden voeren naar de vochtigheidssensor, waarvan het principe op pag. 30 is besproken. De zeer gevoelige V-sensor, zoals afgebeeld in fig. 2, is los verkrijgbaar uit de Servicebox.

- Zolang je de beide elektroden van de V-sensor niet aanraakt, moeten de beide lampjes branden. Raak je de sensor met je vinger aan, eventueel iets natgemaakt, dan gaan de lampjes onmiddellijk uit. (Gebeurt dat niet snel genoeg naar je zin, dan voorzie je de transistoren van een gemeenschappelijke emitterweerstand.) Haal je je vinger weg, dan floepen de lampjes weer aan. Dit aan-uit spelletje, kun je net zolang herhalen als je wilt.
- Laat de lampjes branden en neem de rood getekende leiding met de diode, de 47 k Ω en het verbreekkontakt T in de schakeling op. Met de lampjes gebeurt niets, ook niet als je T indrukt.
- Raak nu de V-sensor aan zodat de lampjes uitgaan. Laat de sensor los. En nu moeten de lampjes uit blijven! Zo niet, dan heb je T waarschijnlijk als maakcontact aangesloten en niet als verbreekkontakt.

Het vasthouden van het signaal »licht uit« is als volgt te verklaren. De lampjes gaan uit omdat je de V-sensor aanraakt. De transistortrap wordt doorgestuurd. Laat je de V-sensor los, dan kan via de rode draad een stroom van voldoende sterkte naar de basis vloeien. Door T in te drukken onderbreekt je de stuurkring van de BC 238 en dan gaan de lampjes weer branden.

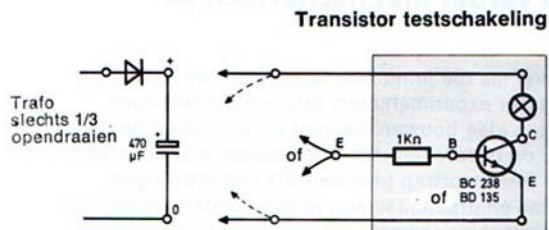
- Maar iedereen kan nu zijn vinger op de V-sensor leggen en daarmee het licht uitdoen. Daarom neem je in de stuurtrap niet 1 M Ω maar een veel kleinere waarde, b.v. 220 k Ω of zelfs 100 k Ω . En dan lukt het niet meer met een droge vinger. Die heeft een te hoge weerstandswaarde. Door je vinger nat te maken, verlaag je zijn weerstand. Een klein trucje waarmee alleen jij het licht kunt uittoveren.

In fig. 3 zie je de schakeling voor het sturen van de motor. De V-sensor is vervangen door een FW. Deze is nu als onderste weerstand in de stuurtrap opgenomen. Hierdoor stopt de motor zodra het licht op de FW wegvalt. Deze schakeling wordt onder andere gebruikt ter beveiliging van bedienend personeel bij zware persen en snijmachines.



Testschakelingen

Twijfel je of een onderdeel nog wel goed funktioneert, dan kun je het met een testschakeling controleren. In de laatste kolom van de stuklijst is voor elke component aangegeven welke schakeling je daarvoor nodig hebt. Voor transistors gebruik je nevenstaande schakeling. Na aansluiting op de juiste polen (volle pijlen) moet het lampje branden. Verbind je daarna E niet met de plus maar met de nul, dan mag het lampje niet branden. Hetzelfde geldt als je de transistor verkeerd om aansluit op de 470 μ F-kondensator. Daartoe maak je de met streepjespijlen getekende verbindingen.



Let er op dat je de trafo niet te ver opendraait, want dan wordt je testschakeling een transistorvernietiger.

Stuklijst

Alle in dit boek genoemde elektronische componenten zijn normale industrieproducten. Wil je je Elektronika Praktikum uitbreiden of defekte componenten vervangen, dan kun je die in elke speciaalzaak verkrijgen. In de hobby elektronikabladen staan advertenties van postorderbedrijven op dit gebied.

Aantal	Benaming	Artikel no.	Verkrijgbaar	
			in aanv. doos	aantal
1	Schakelpaneel 259×187 mm	3 38069 1		
10	Kontaktsteen doos	4 38227 1		
10	deksel	4 38228 1	em 12	3
	Transistorsteen			
2	doos	4 38229 1		
2	deksel	4 38230 1	em 12	1
16	Kontaktveer voor K- en Tr-steen	4 37918 2	em 12	6
4	Stekker, rood *	3 31337 1	em 7	10
4	Stekker, groen *	3 31336 1	em 7	10
1	Draad, blauw, 1-aderig 2000 mm lang *	4 36383 5		
1	Schakeldraad 0,8 mm	4 38619 5		
20	Kontaktpennen B 1×0,2×20	1 49500 3	em 12	10
2	Kontakt tongen 0,8×70	4 38609 7		
1	Luidspreker 8 Ω /60 mm met draad	4 38611 7		
3	Lampjes 6 V/50 mA zonder sokkel 70 mm	4 38608 7	em 12	3
1	Handboek	6 39410 6		

De met * gemerkte artikelen zijn los verkrijgbaar uit de Servicebox.

Aantal	Benaming	Artikel no.	Testschakeling op. pag.
Halfgeleiders			
1	Transistor BC 238	4 35651 7	zie boven
1	Transistor BD 135	4 36929 7	zie boven
2	Diode 1 N 4001	4 36926 6	21
1	Lichtdiode 5082-4487	4 37492 2	24 + 45
Elektrolyt condensatoren			
1	470 μ F/16 V	4 36948 6	31 + 50
2	220 μ F	4 35654 7	31 + 50
1	47 μ F	4 38488 6	31 + 33
1	10 μ F	4 38489 6	39
Schijfcondensatoren			
2	100 nF	4 36418 6	39
2	47 nF	4 36470 6	39
Weerstanden			
1	1 Watt 10 Ω	4 38057 6	17
1	22 Ω	4 38355 6	17
1	47 Ω	4 38607 6	17
1	100 Ω	4 38047 6	17
1	0,25 Watt 100 Ω	4 35657 6	17
1	220 Ω	4 36951 6	17
1	470 Ω	4 37076 6	45
2	1 k Ω	4 36953 6	45
2	10 k Ω	4 36958 6	45
1	22 k Ω	4 36959 6	45
1	47 k Ω	4 37208 6	52
1	100 k Ω	4 36430 6	52
1	220 k Ω	4 36862 6	52
1	1 M Ω	4 36863 6	52

En nu verder met fischertechnik

Met de kennis die je nu hebt opgedaan, wil je vast en zeker verder experimenteren. Grotere schakelingen naar eigen idee bouwen. Je kunt bij voorbeeld de motor niet met de besproken monoflop sturen, maar daaraan nog een transistortrap (met een BD 135) toevoegen. De pauzes en draaitijden kun je dan zonder gevaar voor de transistor binnen veel wijdere grenzen veranderen. Nog beter is het de motor te sturen met een triggertrap die je aan de monoflop koppelt.

Wat je allemaal met een Darlington kunt doen, heb je gezien. Nog mooier wordt het met een drietraps Darlington, bestaande uit $2 \times$ BC 238 en een BD 135 als eindtransistor, in combinatie met de luidsprekerschakeling van pag. 33. Wanneer je de weerstand (100 k Ω) voor de basis heel even met je vinger aanraakt, hoor je onmiddellijk een krachtige netbrom van 50 Hz! Je hebt die als een antenne opgevangen en aan de 1.000.000 keer versterkende Darlington doorgegeven. Dit effect kun je in een »tast« schakelaar of andere wonderbaarlijke kunststukjes toepassen.

Deze en vele andere schakelingen — je vindt ze ook in hobby-bladen — kun je met behulp van de aanvullingsdozen em 12 bouwen. Elke doos bevat 1 transistor- en 3 kontaktstenen.

Transistoren, dioden en andere componenten kun je voor weinig geld in elke speciaalzaak kopen. En mocht je nog problemen hebben? Wel, een briefje an:

Fischer-Werke, Abt. Elektronika,
7244 Tumlingen-Waldachtal 3

is voldoende. De afdeling elektronika zal je graag met raad en daad bijstaan als je er niet helemaal uit komt met het bouwen van schakelingen naar eigen idee.

De volgende stap met je fischertechnik Elektronika

Waarschijnlijk heb je wel eens van IC's gehoord. Integrated Circuits. Complexe schakelfuncties op kleine plaatjes die je zowel in zakrekenmachientjes als in grote computers vindt. Ze zijn er al een aantal jaren, maar vooral de laatste tijd wordt er veel over gesproken. Ze worden gebruikt in de ruimtevaart, in satellieten, maar ook voor de automatisering van productieprocessen. Je vindt ze evengoed in moderne wasmachines als in de minicomputers die overal op kantoor hun intrede doen. En zelfs in de supermarkt met z'n elektronische kassa's.

Misschien wil je het niet geloven, maar die hele elektronische technologie berust op één simpel principe: een schakelaar kent maar twee standen. Aan of uit. Op dit principe zijn alle logische schakelingen gebouwd die onze elementaire denkgeregels kunnen uitvoeren. De vakman spreekt van digitaaltechniek. De bouwstenen daarvoor zijn geïntegreerde schakelingen, de IC's.

Hoe je met IC's moet werken en hoe je ze kunt gebruiken voor het sturen van fischertechnik modellen, wordt behandeld in een pas verschenen IC-digitaal Praktikum voor alle fischertechnik-fans. Ongelooflijk wat je allemaal met de IC's kunt doen. Bovendien leer je spelenderwijs ook nog strikt logisch denken — en een stukje symbolische logica. Wie op de middelbare school verzamelingenleer (moderne wiskunde) als vak heeft, komt een aantal oude bekenden tegen. Al met al geen slechte zaak om dit Praktikum te volgen voor later. Waar nog bij komt dat je al je andere fischertechnik dozen er bij kunt gebruiken.

Logisch, dat je die volgende stap wilt doen. Op naar het IC-digitaal Praktikum.

