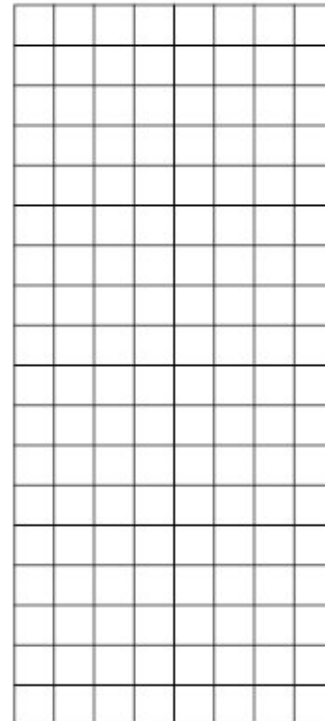
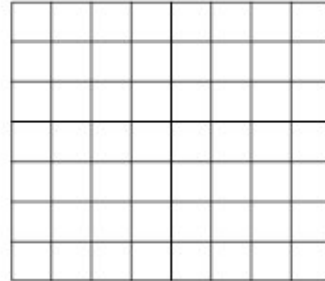


G E B R U I K S A A N W I J Z I N G



Bestnr. 19 22 96

**Conrad leerpakket
elektronica basic**



Alle rechten, ook vertalingen, voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een automatische gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van CONRAD ELECTRONIC BENELUX B.V.

Nadruk, ook als uittreksel is niet toegestaan. Druk- en vertaalfouten voorbehouden. Deze gebruiksaanwijzing voldoet aan de technische eisen bij het in druk gaan. Wijzigingen in de techniek en uitvoering voorbehouden.

© Copyright 2010 by CONRAD ELECTRONIC BENELUX B.V.

Internet: www.conrad.nl of www.conrad.be

© 2010 Franzis Verlag GmbH, D-85586 Poing
www.franzis.de

Auteur: Burkhard Kainka
Art & Design, Satz: www.ideehoch2.de

ISBN 978-3-7723-10031-1

Geproduceerd in opdracht van de firma
Conrad Electronic SE, Klaus-Conrad-Str. 1 , D-92240 Hirschau

Alle rechten voorbehouden, ook die van de fotomechanische weergave en het bewaren in elektronische geheugens. Het maken en verspreiden van kopieën op papier, datadragers of op internet, in het bijzonder als PDF, is uitsluitend met toestemming van de uitgeverij toegestaan en kan anders strafrechtelijke gevolgen hebben.

De meeste productbenamingen van hard- en software en de bedrijfslogo's, die in dit boek genoemd worden, zijn in de regel geregistreerde handelsmerken en moeten zodanig in acht worden genomen. De uitgeverij handhaaft voor de productbenamingen hoofdzakelijk de schrijfwijze van de fabrikant.

Alle in dit boek gepresenteerde schakelingen en programma's zijn met de grootste zorgvuldigheid ontwikkeld, gecontroleerd en getest. Niettemin kunnen fouten in het boek en in de software niet helemaal uitgesloten worden. De uitgeverij en de auteur zijn niet aansprakelijk voor fouten en de eventuele gevolgen hiervan.



Elektrische en elektronische apparaten mogen niet als huishoudafval verwijderd worden. Als het apparaat aan het eind van zijn levensduur is, dient u het te verwijderen volgens de geldende wettelijke voorschriften. Neem contact op met uw handelaar bij wie u het product gekocht heeft of met de verantwoordelijke autoriteiten, om te vernemen hoe u het apparaat op milieuvriendelijke wijze kunt recyclen.



Dit product is overeenkomstig de geldende CE-richtlijnen, indien het volgens de bijgeleverde handleiding gebruikt wordt. Deze handleiding hoort bij dit product en moet meegegeven worden wanneer u het product doorgeeft aan derden.

Leerpakket elektronica begrijpen en toepassen

| | | |
|-----------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | Introductie | 4 |
| | 1.1 Experimenteerbord | 5 |
| | 1.2 Batterij | 6 |
| | 1.3 Lichtdiodes | 7 |
| | 1.4 Weerstanden | 8 |
| | 1.5 NPN- transistors | 9 |
| | 1.5 PNP- transistors | 10 |
| | 1.7 MOSFET | 10 |
| | 1.8 Condensatoren | 11 |
| | 1.9 Elektrolytcondensatoren | 12 |
| 2 | Stroomversterking | 12 |
| 3 | Plus en min omgeruild | 14 |
| 4 | Naloopbesturing | 14 |
| 5 | Aanraaksensor | 16 |
| 6 | Bewegingsdetector | 17 |
| 7 | LED als lichtsensor | 18 |
| 8 | Constante helderheid | 19 |
| 9 | Temperatuursensor | 21 |
| 10 | Aan en uit | 22 |
| 11 | Inschakelen en onderbreken | 23 |
| 12 | Elektronisch knipperlicht | 24 |
| 13 | Eenvoudige LED-knipperlicht | 25 |
| 14 | LED-flitser | 26 |
| 15 | MOSFET-touch-sensor | 27 |
| 16 | Sensor- dimmer | 28 |
| 17 | Elektrometer | 29 |
| 18 | LED's als foto-elementen | 30 |
| 19 | Condensator- temperatuursensor | 31 |
| 20 | Minutenlicht | 32 |
| 21 | Zachte knipperlicht | 33 |

1 Introductie

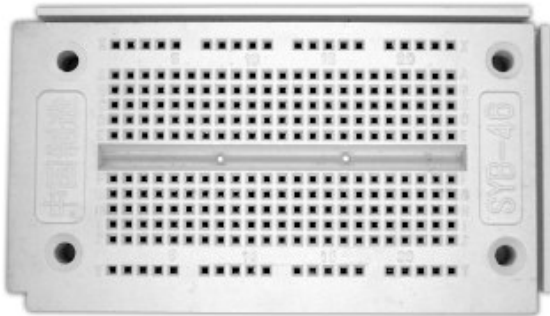
Sinds de uitvinding van de transistor liep de elektronica stijl bergop. Tegenwoordig zijn wij omringd door apparaten waarvan de geïntegreerde schakelingen met vele transistors uitgerust zijn. Echter weten steeds minder mensen nog precies hoe een (enkele!) transistor werkelijk functioneert. De afstand tussen toepassen en begrijpen van de elektronica wordt steeds groter. Oftewel het heel eenvoudig is: neem een paar transistors en voer slechts een paar experimenten uit – en er worden ontelbare mogelijkheden geboden. Vele opgaven kunnen met eenvoudige transistorschakelingen opgelost worden. Wordt dus creatief!

Een transistor is een onderdeel met drie aansluitingen en dient voor het besturen van de elektrische stroom. Hoeveel stroom gaat vloeien, wordt via de stuuransluiting beïnvloedt. Er bestaan eigenlijk alleen twee soorten transistors. De bipolaire (tweepolig) transistors zijn opgebouwd in lagen met N- en P- halfgeleidermateriaal. Afhankelijk van de laagopbouw zijn er NPN- transistors (bijv. BC547) en PNP- transistors (bijv. BC557). Unipolaire (enkelpolig) transistors daarentegen bestaan uit enkel een halfgeleiderkanaal, wiens geleidbaarheid door een elektrisch veld verandert wordt. Daarom worden ze ook veldeffect- transistors (FET) genoemd. Een typische vertegenwoordiger is N- kanaal- MOSFET BS170.

Dit leerpakket vergemakkelijkt u de start in de elektronica. Hier zullen we eerst de onderdelen voorstellen. De aparte experimenten worden op een experimenteerbord uitgevoerd. Voor elk experiment is er een schakelschema en een opbouwfoto. De foto is telkens alleen als voorstel bedoeld. De onderdelen kunnen ook anders geplaatst worden. De aansluitdraden van de enkele onderdelen zijn voor een beter overzicht voor de foto's soms ingekort. U moet de aansluitdraden echter niet inkorten, zodat ze ook voor andere proeven gebruikt kunnen worden.

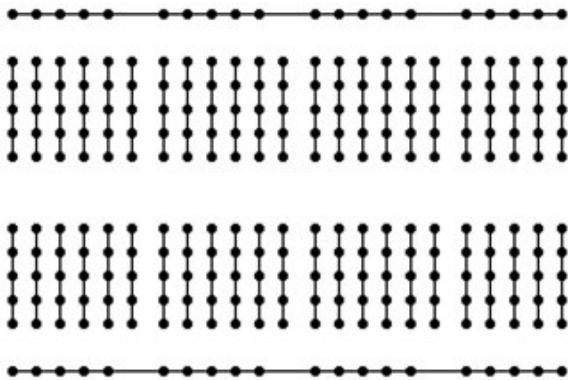
1.1 Experimenteerbord

Alle proeven worden opgebouwd op een laboratorium- experimenteerbord. Het bord met in het totaal 270 contacten in een raster van 2,54 mm zorgt voor zekere verbindingen van de componenten.



Afb. 1: Het experimenteerveld

Het experimenteerbord heeft in het midden 230 contacten, die telkens door verticale stroken met 5 contacten geleidend onderling verbonden zijn. Bovendien zijn er aan de rand 40 contacten voor de voeding, die uit twee horizontale stroken met contactveren en elk 20 contacten bestaan. Het experimenteerbord beschikt daarmee over twee onafhankelijke voedingsrails. Afbeelding 2 toont alle interne verbindingen. U ziet duidelijk de korte contactstroken in het midden en de lange voedingsrails op de zijkanten.



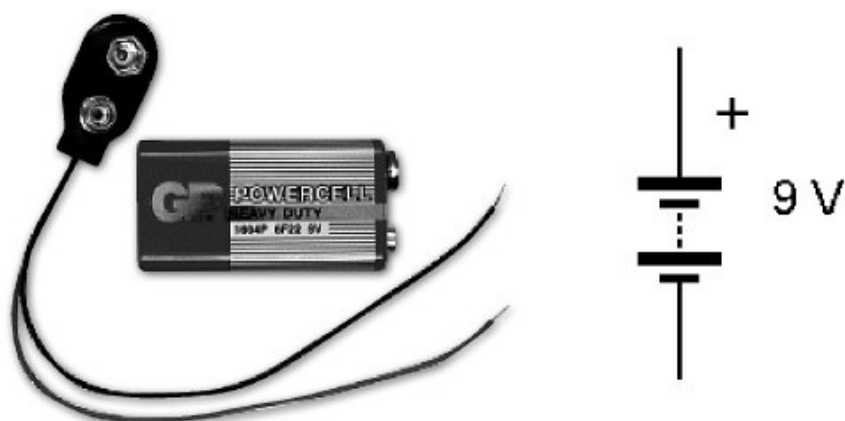
Afb. 2: De interne contactreeksen

Het insteken van de onderdelen vergt relatief veel kracht. De aansluitdraden knikken daardoor gemakkelijk om. Belangrijk is, dat de draden exact van boven af ingebracht worden. Een pincet of een kleine tang kan daarbij nuttig zijn. Een draad wordt zo kort mogelijk boven het bord vastgehouden en dan verticaal naar beneden gedrukt. Op die manier kunt u ook gevoelige aansluitdraden zoals de vertinde uiteinden van de batterijclips inzetten.

Voor de proeven heeft u kortere en langere stukjes draad nodig, die u op lengte moet afknippen van de meegeleverde schakeldraad. Om de isolatie te verwijderen van de draaduiteinden, bleek het praktisch, de isolatie met een scherp mesje rondom in te snijden.

1.2 Batterij

Het volgende overzicht toont de onderdelen zoals ze er in werkelijkheid uitzien en als schemasymbolen zoals ze in de schakelschema's gebruikt worden. In plaats van een batterij kan bijv. ook een stekkernetvoeding gebruikt worden.

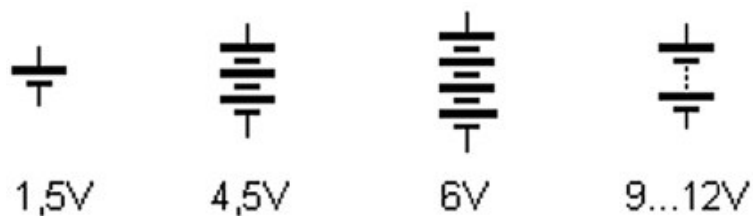


Afb. 3: De batterij en de bijhorende schemasymbolen

Gebruik geen alkalinebatterijen en geen accu's, maar alleen eenvoudige zink-koolbatterijen. Weliswaar heeft een alkalinebatterij een langere levensduur, maar ze levert in geval van een fout, bijv. bij een kortsluiting, net als een accu een zeer hoge stroom van meer dan 5 A. Dit kan dunne draden of zelfs de batterij sterk opwarmen. De kortsluitstroom van een zink-koolbatterij daarentegen is meestal kleiner dan 1 A. Hiermede kunnen wel gevoelige onderdelen reeds vernield worden, maar er bestaat geen gevaar op verbranden.

De meegeleverde batterijclip heeft een aansluitkabel met soepele uiteinden. De kabeleinden zijn gestript en vertind. Op die manier zijn ze stijf genoeg, om ze in de contacten van het experimenteerbord te steken. Toch kan het gebeuren dat ze door veel gebruik hun vorm verliezen. Er wordt aanbevolen, de batterij aangesloten te laten en alleen de clip van de batterij af te trekken.

Een enkele zink-kool- of alkaline-cel heeft een elektrische spanning van 1,5 V. In een batterij staan er meerdere cellen in serie geschakeld. Overeenkomstig geeft het schemasymbool het aantal cellen in een batterij. Bij hogere spanningen is het gebruikelijk de middelste cellen door een stippellijn aan te duiden.



Afb. 4: Schemasymbolen voor verschillende batterijen

1.3 Lichtdiodes

Het leerpakket bevat twee rode LED's alsook een groene en een gele LED. Bij alle lichtdiodes principieel op de polariteit gelet worden. De minaansluiting noemt men de kathode en is de kortere aansluitdraad. De plusaansluiting is de anode. Binnen in de LED ziet u een kelkvormige houder voor het LED- kristal, die op de kathode is aangesloten. De anode- aansluiting is met een extreem dun draadje verbonden met een contact op de bovenkant van het kristal.



Afb. 5: De lichtdiode

1.4 Weerstanden

De weerstanden in het leerpakket zijn koolfilmweerstand met een tolerantie van $\pm 5\%$. Het weerstandsmateriaal is op een keramisch staafje opgebracht en voorzien van een beschermingslaag. De weerstandswaarden zijn door de opgedrukte gekleurde ringen gecodeerd. Naast de weerstandswaarde is ook de nauwkeurigheid aangegeven.



Afb. 6: Een weerstand

Weerstanden met een tolerantie van $\pm 5\%$ zijn er in waarden van de E24-reeks, waarbij elke decade 24 waarden bevat met elk een ongeveer gelijkmatige afstand tot de volgende waarde.

| | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 |
| 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,7 | 3,0 |
| 3,3 | 3,6 | 3,9 | 4,3 | 4,7 | 5,1 |
| 5,6 | 6,2 | 6,8 | 7,5 | 8,2 | 9,1 |

Tabel 1: De weerstandswaarden volgens de normreeks E24

De kleurcode wordt gelezen, uitgaande van de ring die het dichtst bij de rand van de weerstand ligt. De eerste twee ringen staan voor twee cijfers, de derde ring voor de vermenigvuldigingsfactor van de weerstandswaarde in ohm. Een vierde ring geeft de tolerantie aan.

| Kleur | Ring 1 1e cijfer | Ring 2 2e cijfer | Ring 3 multiplicator | Ring 4 tolerantie |
|--------|---------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|
| zwart | | 0 | 1 | |
| bruin | 1 | 1 | 10 | 1 % |
| rood | 2 | 2 | 100 | 2 % |
| oranje | 3 | 3 | 1.000 | |
| geel | 4 | 4 | 10.000 | |
| groen | 5 | 5 | 100.000 | 0,5 % |
| blauw | 6 | 6 | 1.000.000 | |
| violet | 7 | 7 | 10.000.000 | |
| grijs | 8 | 8 | | |
| wit | 9 | 9 | | |
| | | | | |
| goud | | | 0,1 | 5 % |
| zilver | | | 0,01 | 10 % |

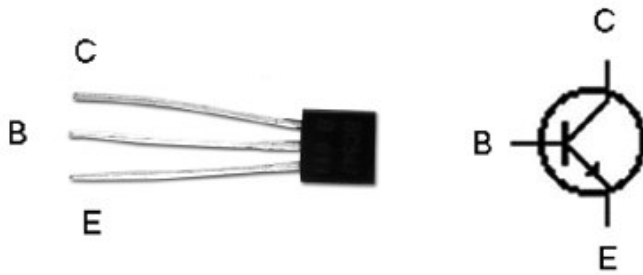
Tabel 2: De kleurcode bij weerstanden

Een weerstand met de gekleurde ringen geel, paars, bruin en goud heeft de waarde 470 Ω bij een tolerantie van 5 %. In het leerpakket bevinden zich telkens twee weerstanden van de volgende waarden:

470 Ω geel, violet, bruin
1 k Ω bruin, zwart, rood
22 k Ω rood, rood, oranje
470 k Ω geel, violet, geel

1.5 NPN- transistors

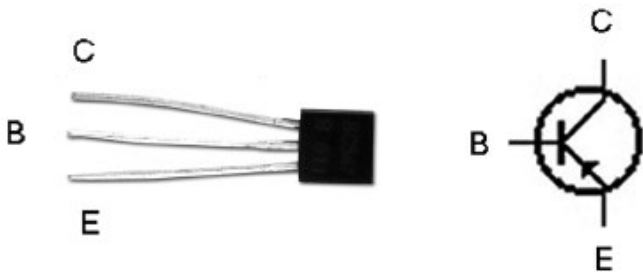
Transistors zijn componenten voor het versterken van kleine stromen. In dit leerpakket zijn er twee silicium- NPN- transistors BC547B. De aansluitingen van de transistor worden emitter (E), basis (B) en collector (C) genoemd. De basisaansluiting bevindt zich in het midden. De emitter ligt rechts, als u naar de opdruk kijkt en de aansluitingen naar beneden wijzen.



Afb. 7: De NPN- transistor BC547

1.6 PNP- transistoren

De PNP- transistor BC557B heeft dezelfde aansluitvolgorde en is alleen in de polariteit verschillend tegenover de NPN- transistor. In het schemasymbool wijst de emitterpijl naar binnen.



Afb. 8: De PNP- transistor BC557

1.7 MOSFET

Ook de veldeffecttransistor (MOSFET) BS170 lijkt aan de buitenkant niet anders dan de bipolaire transistor. Hij is alleen aan de opdruk te herkennen. De aansluitingen van de transistor noemt men Source (S), Gate (G) en Drain (D). De source- aansluiting bevindt zich rechts, wanneer u naar de opdruk kijkt en de aansluitingen naar beneden wijzen.



Afb. 9: De MOSFET- transistor BS170

1.8 Condensatoren

Een belangrijk onderdeel in de elektronica is de condensator. Een condensator bestaat uit twee metalen platen en een isolatielaag. Als hier een elektrische spanning op wordt aangesloten, vormt zich tussen de condensatorplaten een elektrisch krachtveld, waarin energie is opgeslagen. Een condensator met grote platen en een kleine afstand tussen de platen heeft een grote capaciteit en kan dus bij een gegeven spanning veel lading opslaan. De capaciteit van een condensator wordt gemeten in Farad (F).

Het isolatiemateriaal (diëlektricum) vergroot de capaciteit tegenover luchtisolatie. De keramische condensator is van speciaal keramisch materiaal, waarmee een grote capaciteit, bij een kleine afmeting, bereikt kan worden. Het leerpakket bevat een keramische condensator met 10 nF (opdruk 103, 10.000 pF) en twee met 100 nF (opdruk 104, 100.000 pF).



Afb. 10: Een keramische condensator

1.9 Elektrolytcondensatoren

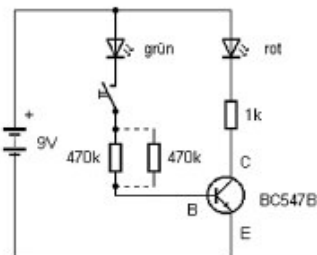
Grote capaciteiten worden bereikt met elektrolytische condensatoren (elco's). De isolatie bestaat hier uit een zeer dunne laag aluminiumoxide. De elco bevat een vloeibaar elektrolyt en een gewikkelde aluminiumfolie met grote oppervlakte. De spanning mag slechts in één richting aangesloten worden. In de verkeerde richting loopt er een lekstroom die de isolatielaag geleidelijk afbreekt, waardoor het onderdeel stuk gaat. De minpool is aangegeven met een witte lijn, en heeft een kortere aansluitdraad. Bij het leerpakket behoren een elco met $10\mu\text{F}$ en twee elco's met $100\mu\text{F}$.



Afb. 11: Een elektrolytische condensator

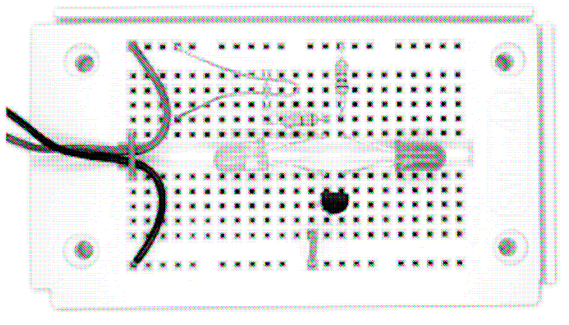
2 Stroomversterking

De schakeling van afb. 12 toont de basiswerking van een NPN- transistor. Er zijn twee stroomkringen. In het stuurstroomcircuit loopt een kleine basisstroom, in het laststroomcircuit een grotere collectorstroom. Beide stromen lopen gemeenschappelijk door de emitter. Omdat de emitter hier op een gemeenschappelijk contactpunt van de schakeling ligt, wordt deze schakeling ook emitterschakeling genoemd. Zodra de basisstroomkring geopend wordt, loopt er ook geen laststroom meer. De basisstroom is veel kleiner dan de collectorstroom. De kleine basisstroom wordt dus versterkt tot een grotere collectorstroom. De basisweerstand is 470-maal groter dan de voorschakelweerstand in het laststroomcircuit. De kleine basisstroom is aan de minimale helderheid van de groene LED herkenbaar. De transistor BC547B versterkt de basisstroom ongeveer 300- maal zodat de rode LED veel lichter is dan de groene LED.



Afb. 12: Een NPN- transistor in emitterschakeling

Schakel een tweede weerstand van $470\text{ k}\Omega$ parallel tot de reeds geplaatste basisweerstand. De basisstroom zal stijgen en ook de collectorstroom wordt groter. De transistor is nu volledig doorgeschakeld, d.w.z. ook een nog grotere basisstroom kan de collectorstroom niet verhogen. Als u een $22\text{-k}\Omega$ -weerstand parallel schakelt, zal de rode LED niet helderder worden. De transistor werkt nu als een schakelaar. Tussen collector en emitter is er slechts nog een heel klein spanningsverschil van ongeveer $0,1\text{ V}$. De collectorstroom is al door de verbruiker begrensd en kan niet verder toenemen. Tussen basis en emitter is een spanning van ongeveer $0,6\text{ V}$, die ook bij een verandering van de stroom slechts minimaal verandert.

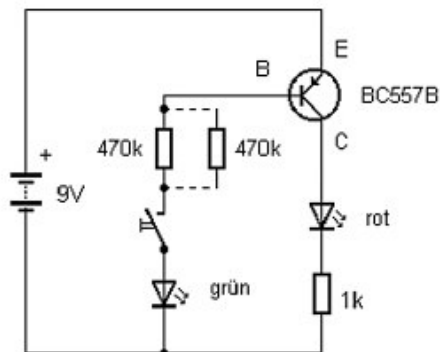


Afb. 13: Stroomversterking

De LED's dienen voor het aangeven van de stromen. De rode LED licht helder op, de groene nauwelijks. Alleen in een volledig donkere kamer is de basisstroom zichtbaar aan de hand van het zwak oplichten van de groene LED. Het verschil wijst op de grote stroomversterking.

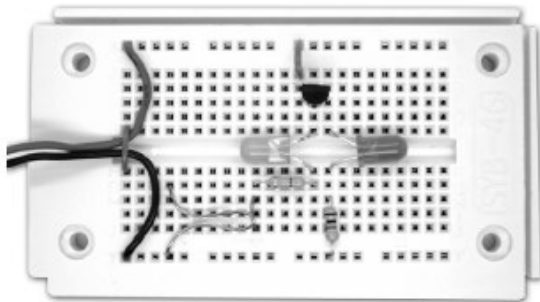
3 Plus en minus omkeren

Een PNP- transistor heeft exact dezelfde functie dan een NPN- transistor maar met een omgekeerde polariteit. De emitter is nu aan de pluspool van de batterij.



Afb. 14: Een PNP- transistor in emitterschakeling

Bouw de schakeling op met de PNP- transistor BC557 en onderzoek ook hier weer de stroomversterking met verschillende basisweerstand. De BC557B geeft eveneens een 300- voudige stroomversterking.



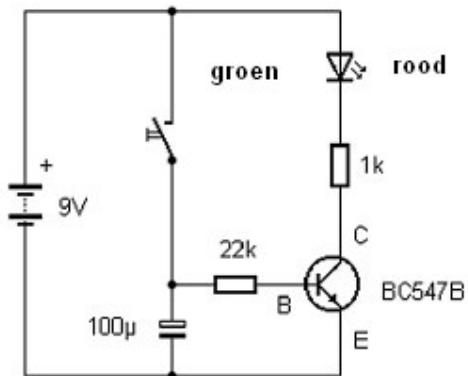
Afb. 15: Stroomversterking van de BC557 onderzoeken

4 Naloopsturing

Het doel van deze schakeling is een LED-zaklamp met vertraagde uitschakeling. De binnenverlichting van auto's functioneert vaak volgens dit principe: nadat u het voertuig heeft verlaten, brandt het lampje nog een bepaalde tijd en gaat daarna uit.

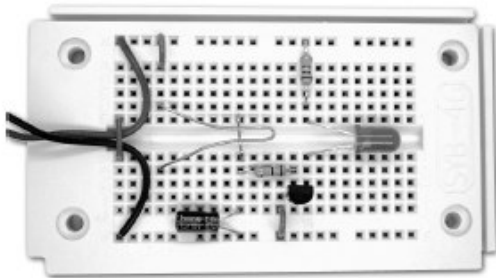
Als u een elco met de juiste polariteit aan een batterij houdt neemt hij een elektrische lading op. Na het scheiden van de batterij blijft deze oplading lang behouden. De elco kan dan met een LED verbonden worden. Dit geeft een korte lichtflits. De elco is onmiddellijk ontladen.

De stroomversterking van een transistor kan gebruikt worden, om de ontlaadtijd van een condensator te verlengen. De schakeling van afb. 16 maakt gebruik van een elco met 100 μF als laadcondensator. Na een korte druk op de druktoets is hij geladen en levert nu gedurende langere tijd de basisstroom voor de emitterschakeling.



Afb. 16: Vertraagde uitschakeling

De ontlaadtijd wordt door de grote basisweerstand aanzienlijk verlengd. Na circa twee seconden is de elco bijna helemaal ontladen. Maar daarna is de basisstroom nog steeds voldoende voor een kleine modulatie van de transistor. De collectorstroom neemt heel langzaam af.



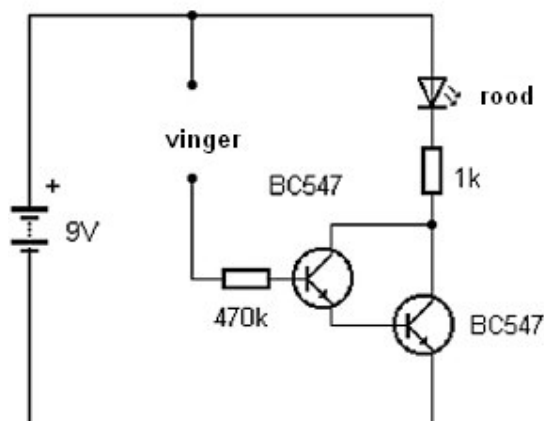
Afb. 17: De zaklamp met vertraagde uitschakeling

Zolang u de toets ingedrukt houdt, licht de LED fel op. Echter volstaat een korte druk op de toets voor het inschakelen van de LED. Daarna blijft deze ongeveer twee seconden vol ingeschakeld en licht dan steeds zwakker op. Na ongeveer een minuut is nog steeds een zwak oplichten merkbaar. In werkelijkheid gaat de LED ook na lange tijd niet volledig uit. De stroom neemt echter af tot een zo kleine waarde, dat hij geen merkbare invloed meer heeft.

5 Aanraaksensor

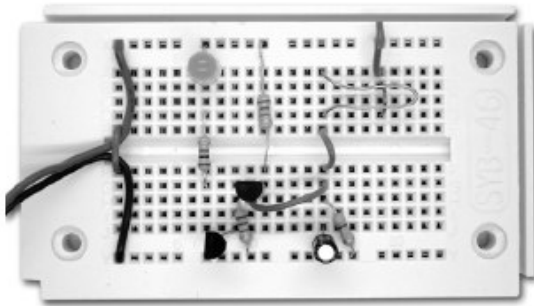
Een lamp kan met een eenvoudige schakelaar geschakeld worden. Met een geschikte transistorschakeling kan ook een aanraaksensor opgebouwd worden. Twee draden of metalen contacten raken zich daarbij niet direct aan, maar moeten met een vinger aangeraakt worden.

De stroomversterkingsfactoren van twee transistors kunnen vermenigvuldigd worden als de versterkte stroom van de eerste transistor als basisstroom van de tweede transistor nogmaals versterkt. De schakeling volgens afb. 18 is de zogenaamde Darlington-schakeling.



Afb. 18: De Darlington- schakeling

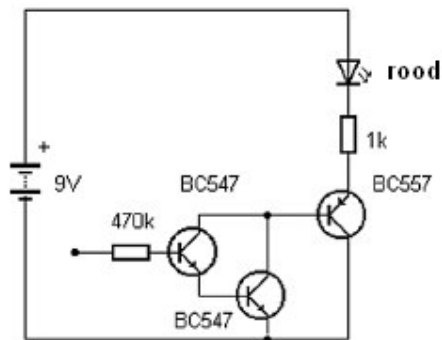
Als u uitgaat van een versterkingsfactor van 300 voor elke transistor, dan heeft de Darlington- schakeling een versterking van 90.000. Nu geleid een basisweerstand van 10 M Ω al genoeg, om de LED in te schakelen. Bij een echte test kunt u in de plaats van de extreem hoogohmige weerstand een aanraakcontact gebruiken. Vanwege de grote versterking is al het licht aanraken met een droge vinger voldoende. De extra veiligheidsweerstand in de toevoer naar de batterij beschermt de transistors in het geval dat de aanraakcontacten per ongeluk direct worden verbonden.



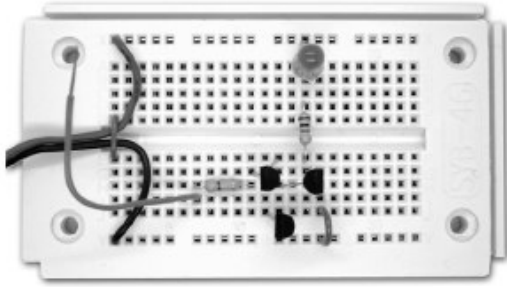
Afb. 19: De aanraaksensor

6 Bewegingsdetector

Deze schakeling bezit een sensordraad op de ingang van de eerste transistor. Als er iemand in de buurt van de draad beweegt gaat de LED oplichten. Door beweging op een geïsoleerde ondergrond wordt elke mens ongemerkt opgeladen. Als men zich dan in de buurt van een geleidende voorwerp beweegt, leiden de elektrostatische krachten tot een verschuiving van de elektrische opladingen, dus tot een kleine stroom welke hoog versterkt wordt. De Darlington- schakeling stuurt een PNP- transistor aan, zodat de stroomversterking nog eens 300 maal groter wordt. Nu zijn reeds minimale picoampere nodig om de LED te laten oplichten.



Afb. 20: Versterking met drie transistoren



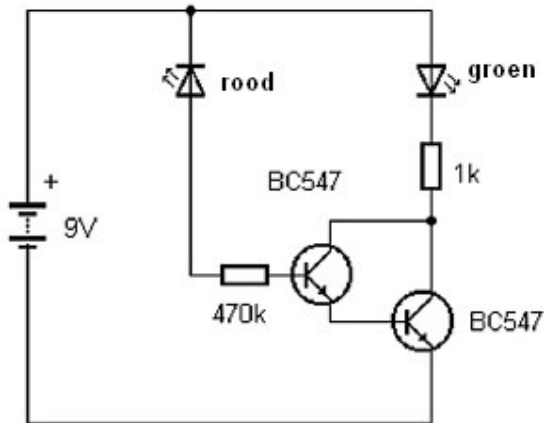
Afb. 20: Sensorversterker voor elektrische velden

Voor de eerste proef van de schakeling is een korte sensordraad van 10 cm heel geschikt. Na een beetje beweging op een geïsoleerde bodem heeft u meestal voldoende elektrische oplading. Beweeg dan uw hand in de buurt van de sensordraad. De helderheid van de LED verandert.

Om de gevoeligheid van de schakeling nog iets op te schroeven, kunt u een langere sensordraad aansluiten. Dit kan een gestripte draad of een geïsoleerde kabel zijn. Nog meer effect krijgt de sensor als u bijkomend de minusaansluiting van de batterij gaat aarden. Hiertoe is het voldoende als een tweede persoon de schakeling aanraakt. Nu wordt het effect al gezien wanneer iemand in een afstand van een halve meter aan de sensor voorbijgaat. Het knipperen van de LED toont de enkele stappen. Bij een directe aanraking van het gestripte draadeinde gaat de LED permanent oplichten. Dit komt door de onvermijdelijke 50-Hz-wisselvelden in de kamer. Daadwerkelijk gaat de LED niet constant oplichten maar knippert met een frequentie van 50 Hz.

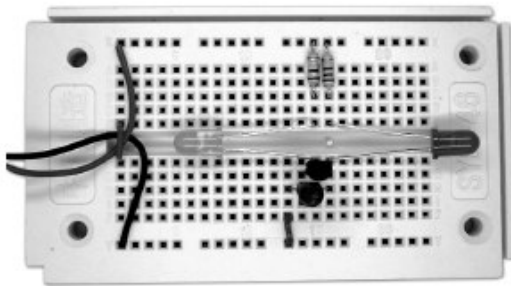
7 De LED als lichtsensor

Deze lichtsensor stuurt de helderheid van de LED. Als er licht op de sensor valt, gaat de LED oplichten, bij duisternis is de LED uit. Eigenlijk loopt er door een diode zo goed als geen stroom, als ze in sperrichting op een spanning wordt aangesloten. In werkelijkheid is er echter een zeer kleine sperstroom bijv. in de buurt van enkele nano-ampère, die in normale gevallen kan worden verwaarloosd. De hoge versterking van de Darlington-schakeling laat echter experimenten toe met extreem kleine stromen. Zo is bijv. de sperstroom van een lichtdiode zelf afhankelijk van de belichting. Een LED is daarmee tegelijkertijd ook een fotodiode. De uiterst kleine fotostroom van de rode LED wordt met twee transistoren zo versterkt, dat de groene LED oplicht.



Afb. 22: Versterking van de LED-sperstroom

Bij de praktische proef is de rechter LED bij een normale omgevingslicht al duidelijk ingeschakeld. Het beschaduwen van de sensor-LED met de hand is te zien aan de helderheid van de indicatie-LED.

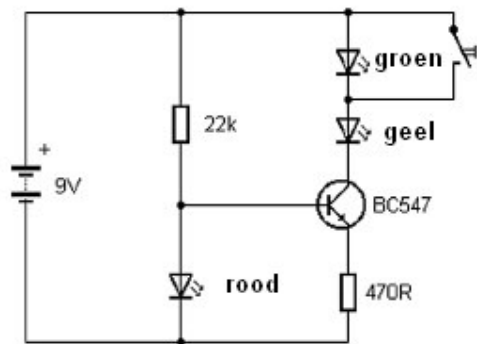


Afb. 23: De LED-lichtsensor

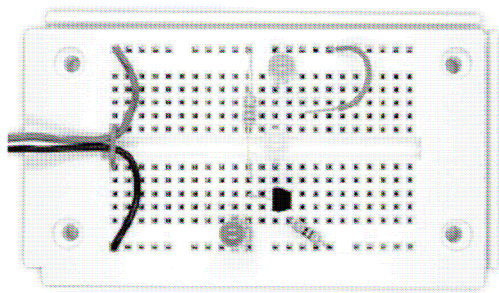
8 Constante helderheid

Soms is er een constante stroom nodig, die zo onafhankelijk mogelijk is van spanningsschommelingen. Een LED zou op die manier met eenzelfde helderheid oplichten, ook als de batterij al een kleinere spanning heeft. De schakeling van afb. 24 toont een eenvoudige stabilisatieschakeling. Een rode LED op de ingang stabiliseert de basisspanning op ongeveer 1,8 V. Omdat de basis-emitterspanning steeds ongeveer 0,6 V bedraagt, ligt er aan de emitterweerstand een spanning van ongeveer 1,2 V. De weerstand bepaalt dus de emitterstroom en zodoende ook de collectorstroom van ongeveer 2,5 mA.

De LED's in de collectorkring behoeven geen voorschakelweerstand, omdat de LED-stroom geregeld wordt door de transistor. De constante stroombron functioneert ook met verschillende belastingen. Het maakt niet uit of u beide LED's in de collectorkring gebruikt of een van de beide kortsluit – de collectorstroom blijft hetzelfde.



Afb. 24: Een gestabiliseerde stroombron

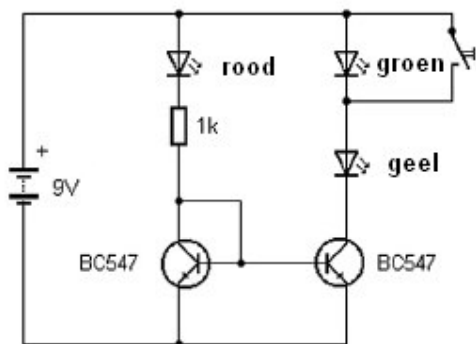


Afb. 24: Stabilisering van de LED-helderheid

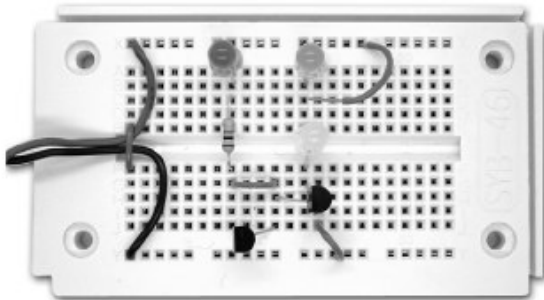
Controleer de resultaten met een nieuwe en met een bijna lege batterij. Zo lang er een zekere restspanning voorhanden is, blijft de helderheid van de LED haast hetzelfde. Bij slechts een LED mag de batterijspanning lager liggen dan bij twee LED's, hier moet ten minste nog 6V aanwezig zijn.

9 Temperatuursensor

Deze schakeling laat via de LED-helderheid de temperatuurverschillen zien. Er is al voldoende om de temperatuursensor met de vinger aan te raken. De schakeling van afb. 26 toont een zogenaamde stroomspiegel. De stroom door de weerstand van $1\text{-k}\Omega$ spiegelt zich in de beide transistors en verschijnt in haast dezelfde grootte opnieuw als collectorstroom van de rechter transistor. Omdat bij de linker transistor basis en emitter zijn samengeschaakeld zijn, ontstaat er automatisch een basis-emitterspanning van ongeveer $0,6\text{V}$, die leidt tot de aangegeven collectorstroom. Theoretisch moet nu eigenlijk de tweede transistor met exact dezelfde gegevens en bij eenzelfde basis-emitterspanning dezelfde collectorstroom vertonen. In de praktijk zijn er meestal echter geringe verschillen. De stroomspiegel is gelijktijdig een constante stroombron. De helderheid van de gele LED verandert zich daarom niet als u de groene LED overbrugd.



Afb. 26: De stroomspiegel



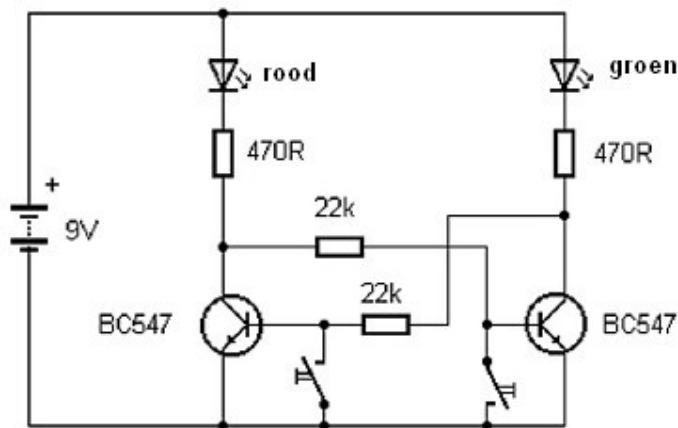
Afb. 27: Transistor als temperatuursensor

De schakeling is geschikt voor een gevoelige temperatuursensor. Raak een van de transistors aan met uw vinger. De daarbij optredende opwarming verandert de uitgangsstroom en wordt zichtbaar als een helderheidsverandering van de LED. Naargelang welke van de beide transistors u aanraakt, kunt u de helderheid iets verhogen of verlagen. Met de vinger kan, afhankelijk van de omgevingstemperatuur, een opwarming van ca. 10 °C geproduceerd worden, die dan goed zichtbaar is. Nog duidelijker wordt het helderheidsverschil, wanneer u een van de transistors voorzichtig met een soldeerbout opwarmt.

10 Aan en uit

Nu wordt het digitaal: terwijl in een analoge schakeling meer of minder stroom loopt, is een digitale schakeling steeds helemaal aan of uit. De schakeling Aan en Uit noemt men ook 1 en 0. De hier gepresenteerde schakeling kan als basismodule voor de computertechniek gezien worden.

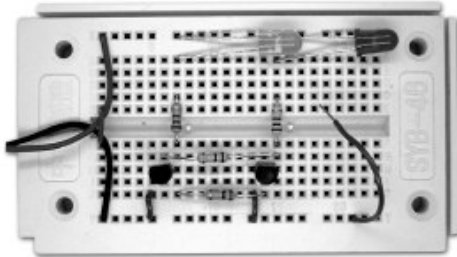
Een schakeling met twee stabiele standen noemt men een tuimelschakeling of flip-flop. Een LED is of "aan" of "uit", maar nooit "half aan". Afbeelding 28 toont de typische schakeling van een eenvoudige flip-flop. In principe bestaat de schakeling uit twee gekoppelde versterkertrappen met gesloten terugkoppeling.



Afb. 28: Een bistabiele flip-flop

De schakeling kantelt in een van de twee mogelijke standen: als de rechter transistor geleidt, is de linker gesperd en andersom. De telkens geleidende transistor heeft een lage collector-

spanning en schakelt daarmee de basisstroom van de andere transistor uit. Daarom is een eenmaal ingenomen schakelstand stabiel, tot deze met een druktoets wordt veranderd.



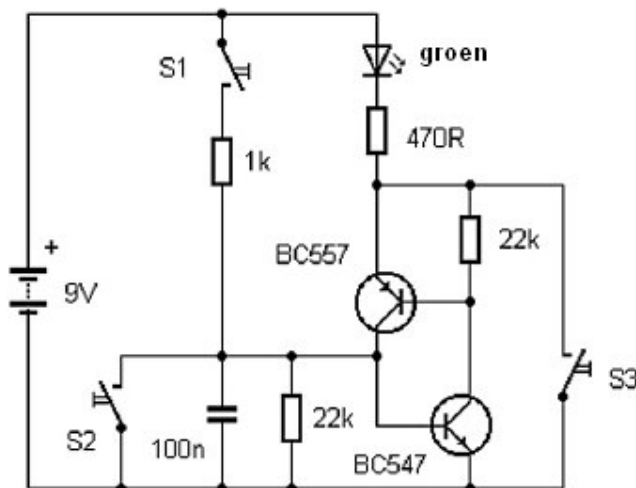
Afb. 29: De kipschakeling

Schakel de voedingsspanning in. U zal merken, dat één van de beide LED's oplicht. Er kan niet worden voorspeld, welke kant ingeschakeld wordt. Vaak beslist de verschillende stroomversterking van de transistors naar welke kant de schakeling kantelt.

Gebruikt nu een draadbrug, waarmee u telkens een van de beide transistors spert. De ingenomen stand blijft na het verwijderen van de brug bestaan. De beide toestanden worden ook aangegeven als gezet (Set, S) en teruggezet (Reset, R), vandaar de naam RS-flip-flop.

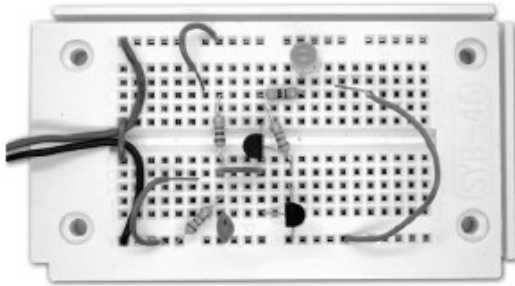
11 Inschakelen en onderbreken

Een bistabiele schakeling kan ook met een NPN- en een PNP- transistor opgebouwd worden. De collectorstroom van een transistor wordt gelijktijdig de basisstroom van de andere transistor. Daarom zijn of beide transistors gezamenlijk gesperd of geleidend. Na het inschakelen is de schakeling eerst in de sperstand. Na kort S1 te verbinden wordt in de geleidende stand geschakeld. Deze toestand blijft zo totdat de voeding onderbroken wordt. Alleen door het uitschakelen van de voeding gaan de transistors terug in de gesperde stand.



Afb. 30: Geleiden en sperren

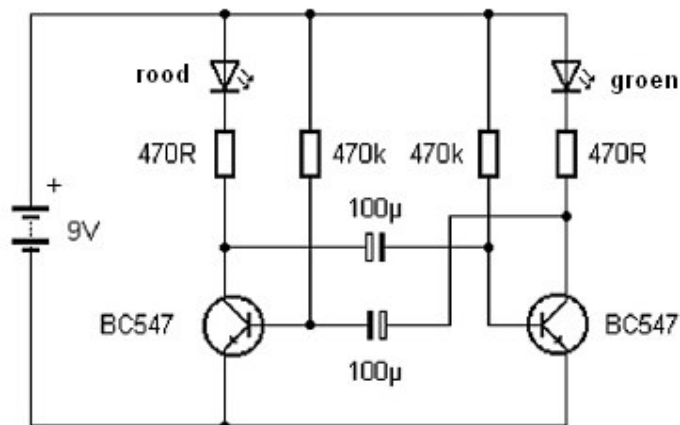
Na een korte verbinding van S1 wordt de schakeling gestart en de LED gaat oplichten. Met S2 daarentegen kan de geleidende toestand onderbroken worden. S3 schakelt weliswaar de LED in, verbreekt echter tegelijkertijd de geleidende toestand van de transistoren. Na het openen van S3 zal de LED daarom niet oplichten.



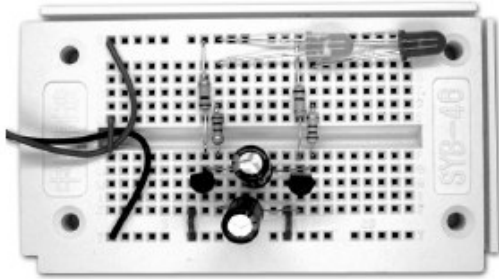
Afb. 31: Aan of uit

12 Elektronisch knipperlicht

Dit elektronisch knipperlicht werkt in de wisselwerking: twee LED's moeten automatisch omgeschakeld worden, zodat steeds alleen één van de beide oplicht. De symmetrische knipperschakeling van afbeelding 32 noemt men ook een multivibrator. De terugkoppeling gebeurt via twee condensatoren. Bij de elco's moet u op de polariteit letten, opdat de spanning aan de collector gemiddeld hoger is dan aan de tegenoverliggende basis. De toestand van de schakeling blijft steeds zo lang stabiel, zolang de condensatoren nog omgeladen worden. Daarna kantelt de schakeling in de desbetreffende andere toestand. Met twee elco's van $100\ \mu\text{F}$ bereikt men alleen een minimale knipperfrequentie en wel minder dan 5 keer wisselen in één minuut.



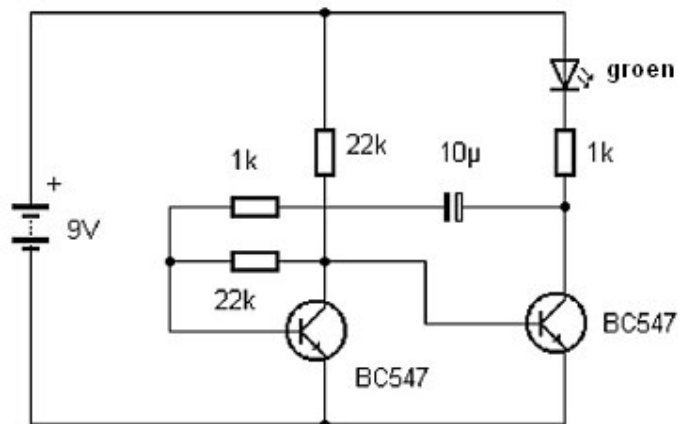
Afb. 32: De multivibrator



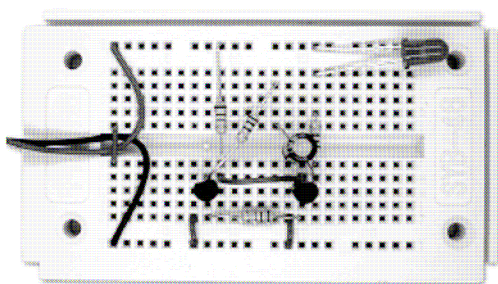
Afb. 33: Een langzame knipperlicht

13 Eenvoudige LED- knipperlicht

Een knipperlicht bij een auto bestuurt meestal alleen een lamp. Hier wordt een verdere flip-flop opgebouwd, die zelfstandig heen en weer schakelt. De schakeling heeft alleen één condensator nodig. Twee transistors in emitterschakeling vormen een versterker. De terugkoppeling van de uitgang naar de ingang loopt over een condensator, die zich steeds weer oplaadt en ontlad.



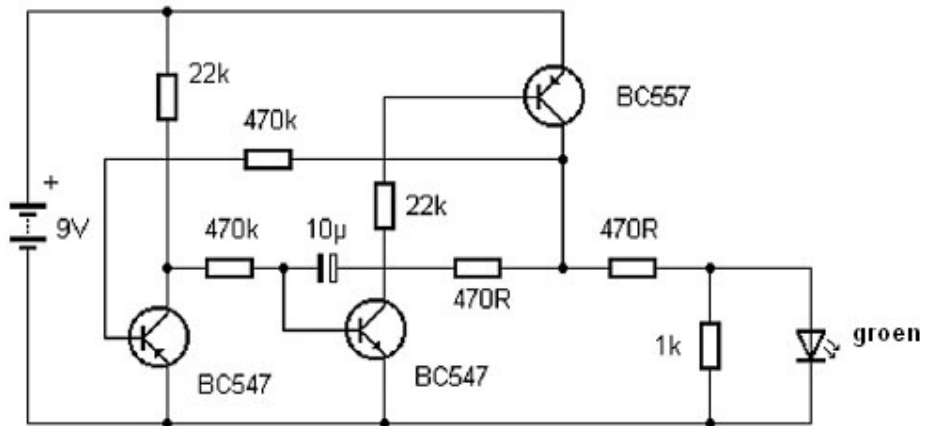
Afb. 34: Eenvoudige multivibrator



Afb. 35: De LED-knipperlicht

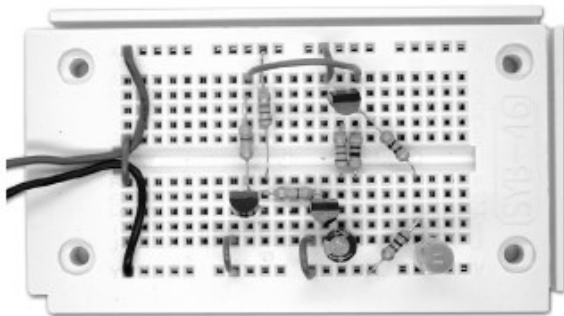
14 LED- flitser

Deze schakeling produceert regelmatige korte flitsen. Zo lang de condensator nog geladen wordt blijven alle drie transistoren gesperd. De spanning aan de basis van de middelste transistor loopt langzaam omhoog. Bij circa +0,6 V gaat deze dan geleiden en levert de basisstroom voor de PNP- transistor. Zijn collectorspanning stijgt en schakelt de LED in. Gelijktijdig levert de elco een krachtige en korte basispulsstroom. De linker transistor in de schakeling zorgt voor het juiste werkpunt van de schakeling. Er ontstaat een lichtflits van ongeveer eens per seconde.



Afb. 36: De flitsschakeling

Verwijder de parallel tot de LED liggende 1-kΩ-weerstand uit de schakeling: de pauze tussen de lichtflitsen wordt aanzienlijk langer. De linker transistor spert pas als de elco volledig ontladen is. Pas dan stijgt langzaam zijn collectorspanning om een nieuwe impuls mogelijk te maken.

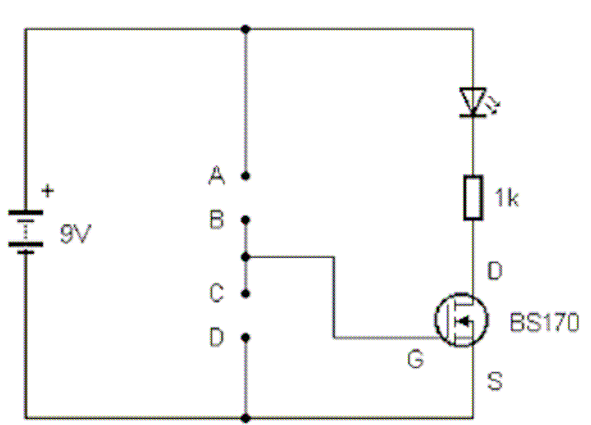


Afb. 37: LED-flitser

15 MOSFET- touch- sensor

De schakeling met de MOSFET BS170 (metaal- oxide- halfgeleider- veldeffecttransistor, in het Engels metal oxide semiconductor field-effect transistor) stuurt een LED door twee contactparen die direct verbonden of met de vinger aangeraakt kunnen worden. Na een korte verbinding van de contacten blijft de desbetreffende toestand voor langere tijd behouden.

De NPN- transistor werd bij de eerste proef met een eenvoudige basisschakeling reeds voorgesteld. Er moet een basisstroom lopen zodat een collectorstroom mogelijk is. Een hierop lijkende proef met de MOSFET BS170 laat een heel andere werking zien. De MOSFET heeft drie aansluitingen Gate (G), Source (S) en Drain (D): De gestuurde stroom is dit keer niet afhankelijk van de ingangsstroom, maar van de binnenkomende spanning tussen G en S. Wanneer aan de gate een positieve spanning van ongeveer 2 V of meer aanwezig is, geleid de transistor. De gate- aansluiting is volledig geïsoleerd en vormt een kleine condensator met ca. 60 pF. Is de gate opgeladen, dan blijft de gate spanning daarom lang behouden.

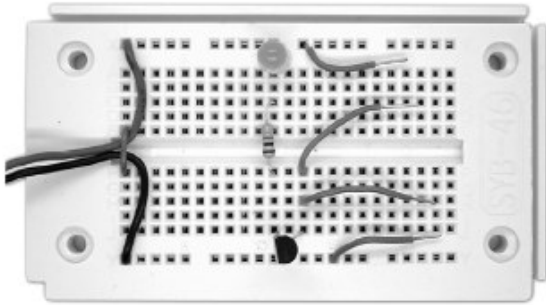


Afb. 38: Basisschakeling van de MOSFET

Verbind een keer kort de aansluitingen A en B om de gate op te laden. De LED gaat branden en blijft aan. Verbind de contacten C en D om de gate te ontladen en de LED uit te schakelen. Alle beide toestanden blijven relatief lang behouden. De proef demonstreert daarmee de principiële werkwijze van een dynamisch geheugen, welke eveneens een elektrische lading bewaard om een één- en nultoestand te tonen. Tegelijkertijd is de schakeling een eenvoudige aanraakschakelaar, het aanraken van de contacten A en B resp. C en D geeft hetzelfde effect dan een direct contact.

Echter opletten! Een gate spanning van meer dan 20 V is niet toegestaan en kan de transistor vernielen! Daarom moet men voorzichtig zijn met elektrostatische oplading. Dus altijd eerst een aansluiting van de voeding aanraken om eventuele opladingen af te leiden.

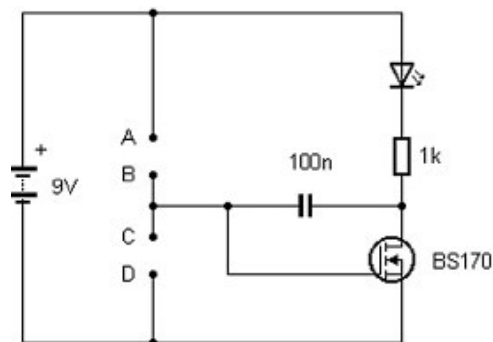
Extra gevaar bestaat voor de transistor wanneer twee personen dezelfde schakeling aanraken. Omdat beide verschillend opgeladen kunnen zijn, kan de ontlading via de transistor gaan, die deze vernield.



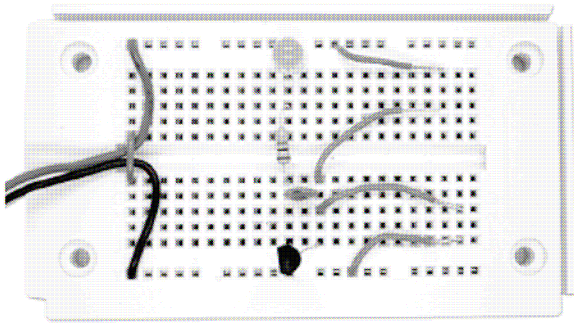
Afb. 39: Laden en ontladen van de gate

16 Sensordimmer

Met een extra condensator tussen gate en drain blijven ook tussenstanden tussen "helemaal aan" en "helemaal uit" behouden. Zakt de spanning aan de gate, wordt de drain stroom kleiner en daarmee ook het spanningsverlies aan de LED en haar voorschakelweerstand. De drain spanning stijgt dus. Dit is alleen mogelijk wanneer de condensator opgeladen wordt. Elke verandering van de drain spanning veroorzaakt een verandering van de gate spanning. Bij een kleine ingangsstroom verandert de LED- helderheid daarom alleen langzaam. Door het aanraken van de contacten A en B wordt de LED lichter. Om deze donkerder te sturen moeten daarentegen C en D aangeraakt worden. Deze reactie op een aanraking is kan in snelheid variëren. Het lichter maken gebeurt vanwege de grotere laadspanning sneller dan het donkerder maken.



Afb. 40: De touch- dimmer

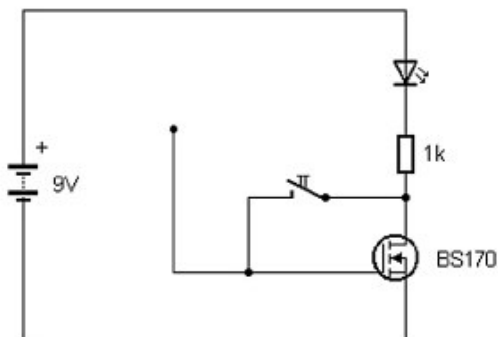


Afb. 41: Verstelbare helderheid

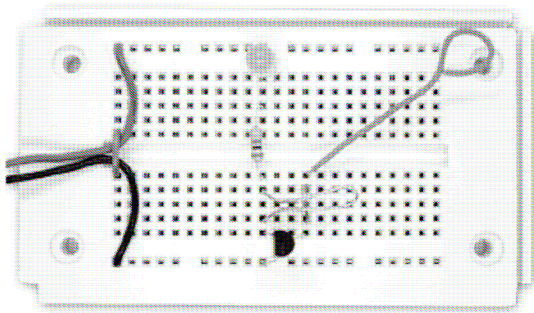
17 Elektrometer

Met een elektrometer kunnen kleine elektrische ladingen aangetoond worden. Elektrisch geladen voorwerpen of personen dragen een elektrisch veld met zich mee, dat geïsoleerde voorwerpen in de nabijheid door influentie kan opladen. Dit is ook van toepassing bij de geïsoleerde gate van de BS170. Een geïsoleerde draad wordt op de ingang van de schakeling aangesloten. Elektrische ladingen in de omgeving beïnvloeden dan de LED-helderheid. U kunt bijv. een kunststof liniaal aan een doek wrijven en in de buurt van de schakeling houden. Houdt hierbij een veilige afstand van 10 cm aan zodat de MOSFET niet kan beschadigen.

De begintoestand na het inschakelen kan niet bepaald worden, de transistor kan dus helemaal gesperd of helemaal geleidend zijn. In beide gevallen zijn kleine verschillen van de gate spanning zonder effect. Om die reden is er een startschakelaar, waarmee de gate en drain kort verbonden worden. Daarbij wordt de gate spanning ingesteld op het gemiddelde van ongeveer 2 V.



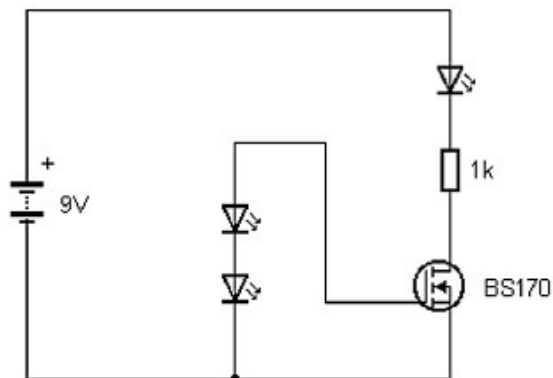
Afb. 42: De elektrometer



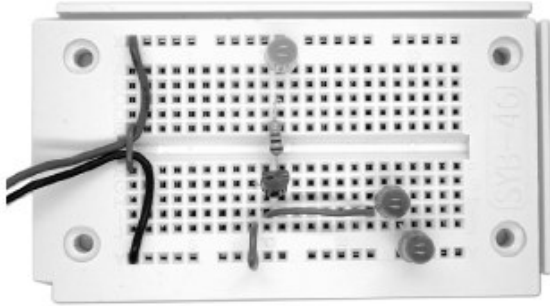
Afb. 43: Aantonen van elektrische ladingen

18 LED's als foto-elementen

Deze proef is een verdere mogelijkheid om een eenvoudige lichtsensor te bouwen. We maken gebruik van een BS170. Twee LED's dienen als lichtsensoren. Met twee NPN-transistors in Darlington- schakeling kon in hoofdstuk 7 een LED gebruikt worden als lichtsensor. Hetzelfde doel bereikt een enkele MOSFET door de bijna oneindig grote ingangsweerstand. Echter zijn nu twee LED's nodig als lichtsensoren. De LED's worden ingezet als foto-elementen die een spanning kunnen leveren. De BS170 geleidt vanaf een gate spanning van 2 V. Twee LED's kunnen gemeenschappelijk, bij voldoende verlichting, de noodzakelijke spanning produceren. Er is zelfs al bij een mindere helderheid de reactie te herkennen. Experimenteer ook met verschillende LED's. Een groene LED levert iets meer spanning dan een rode.



Afb. 44: LED's als foto-elementen

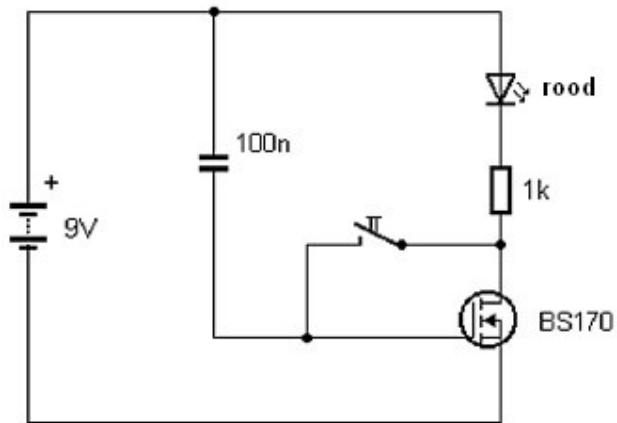


Afb. 45: De Lichtsensor

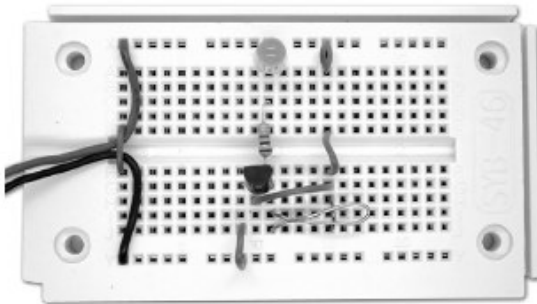
19 Condensator- temperatuursensor

Een keramische condensator met 100 nF kan als temperatuursensor ingezet worden. Deze condensator heeft een grote temperatuurcoëfficiënt. De capaciteit wordt minder bij opwarming. Bij deze proef moet eerst de schakelaar gesloten en daarna weer geopend worden. De gate spanning wordt daarbij automatisch op de drempelspanning van ongeveer 2 V ingesteld, de LED gaat oplichten. Aan de condensator van 100 nF ligt een spanning van ca. 7 V.

Raak nu de condensator licht met uw vinger aan waardoor hij opgewarmd wordt. De in de condensator opgeslagen lading blijft constant. Maar doordat zich de capaciteit vermindert, loopt de condensatorspanning op. Dit leidt tot een kleinere gatespanning en daarmee tot een geringere drainstroom. Al een lichte aanraking is voldoende om de LED- helderheid duidelijk te verlagen. De schakeling reageert op kleine temperatuurschommelingen gevoeliger dan de transistorschakeling volgens hoofdstuk 9. Zodra zich een sensorcondensator afgekoeld heeft, zal de LED weer helder branden.



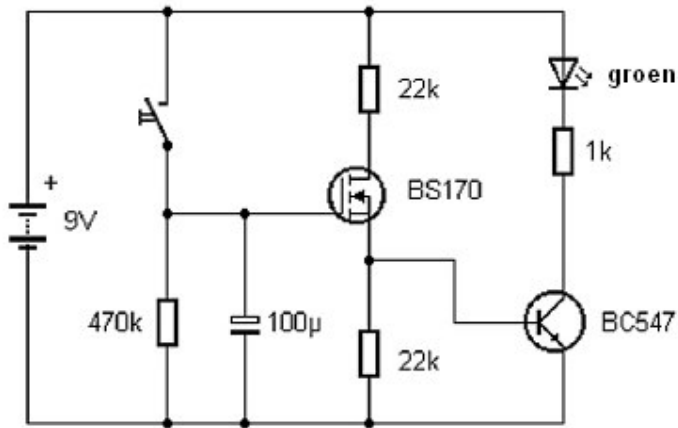
Afb. 46: Resultaat condensatorspanning



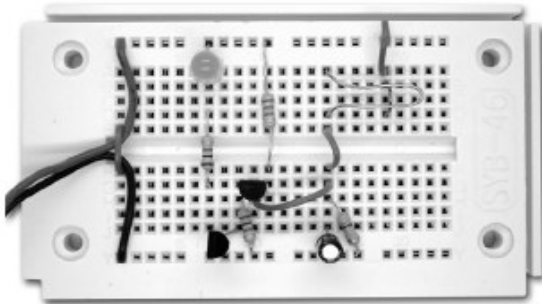
Afb. 47: De temperatuursensor

20 Minutenlicht

Het licht wordt ingeschakeld met een druk op de toets en blijft dan ongeveer 1 minuut ingeschakeld. De overgang tussen licht en donker is heel zacht, gaat wel relatief snel. Met de druk op de toets wordt de elco opgeladen op 9 V. Hij ontladst zich via de 470-k Ω -weerstand. Zo lang de gatespanning boven ca. 2,6 V ligt, geleidt de FET en levert de basisstroom voor de NPN- transistor welke de LED inschakelt. Als de ingangsspanning daalt, geleidt de FET zwakker. Zodra de basisspanning van de NPN- transistor onder ca. 0,6 V daalt vloeit er geen merkbare collectorstroom meer, de LED gaat dus uit.



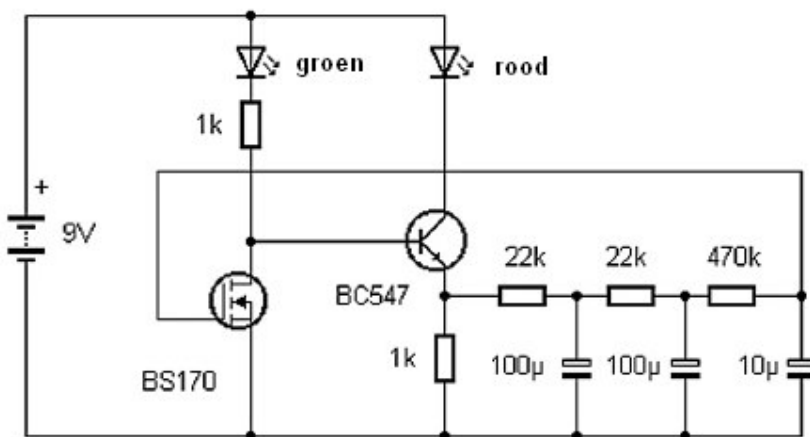
Afb. 48: Langzame condensatorontlading



Afb. 49: Het minutenlicht

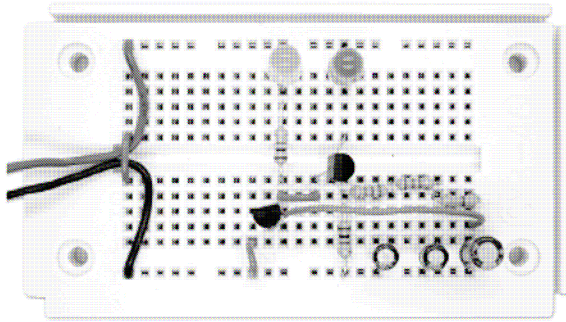
21 Zachte knipperlicht

Een LED-knipperlicht met een zachte op- en aflopende helderheid kan bij een geschikte frequentie ontspannend zijn voor de kijker. De helderheid volgt een sinusloop. Deze schakeling stuurt twee LED's precies in tegenfase. Het licht wisselt dus voortdurend met zachte overgangen tussen rood en groen.



Afb. 50: Een faseverschuiving oscillator

Bij de start van de schakeling zijn de elco's nog ontladen. De BS170 spert en de NPN-transistor geleidt. Er brandt dus eerst alleen de rode LED. Vervolgens probeert de schakeling op een gemiddelde stroom te stabiliseren maar slingert steeds en produceert een sinusvormige signaal, waarbij eenmaal de ene en dan de andere transistor geleidt.



Afb. 51: Het soft- knipperlicht

FRANZIS AKADEMIE



Die Franzis Akademie

100% Know-how vom ältesten Technikverlag Deutschlands für die Aus- und Weiterbildung in allen Bereichen der Elektronik und Elektrotechnik. Die Franzis Akademie informiert über neueste Entwicklungen, Trends und Techniken. Die Anmeldung erfolgt kostenlos über: www.elo-web.de

Das Franzis Know-how-Zertifikat

Experimentieren, lernen, weiterbilden! Testen Sie Ihr erworbenes Wissen in kleinen spezifischen Tests und erwerben Sie Ihr persönliches Franzis Zertifikat unter: www.elo-web.de/zertifikat



Schnell und einfach zum Ziel!

Sie beantworten bis zu fünf Fragen in einem Onlinetest. Die Fragen können Sie leicht und schnell beantworten, wenn Sie die Experimente in diesem Lernpaket erfolgreich durchgeführt haben.

Mit diesem offiziellen und unvergleichbaren Zertifikat der Franzis Akademie weisen Sie Ihr Wissen in diesem „Spezialgebiet“ nach. Sie erhöhen damit Ihre Chance im Job. Dieses einmalige Zertifikat können Sie Ihrer Bewerbung nach dem Studium, im Beruf oder auf einen Ausbildungsplatz beifügen.

Erwerben Sie das persönliche Zertifikat kostenlos unter www.elo-web.de/zertifikat. Sie erhalten das Zertifikat nach dem erfolgreichen Bestehen des Onlinetests per E-Mail von der Franzis Akademie zugeschickt.

www.elo-web.de