

CE

CONRAD

Introductie

Sinds enkele jaren is er een elektronica-adventskalender met 24 experimenten voor de 24 dagen in december. Dit jaar heet het onderwerp sensoren. Laat u verrassen. Vaak kunnen met heel eenvoudige schakelingen verbazingwekkende resultaten bereikt worden. Dit brengt nieuwe ervaringen en bereid veel plezier.

De elektronica-adventskalender is ideaal voor het gezamenlijk experimenteren van ouders en hun kinderen. Helemaal ongedwongen wordt daarbij de belangrijkste basiskennis overgebracht. Kinderen onder de 14 jaar mogen alleen onder toezicht van een volwassene experimenteren. Let op de veiligheid van uw kinderen bij het omgaan met gereedschap en met de experimenten. Werk alleen met ongevaarlijke spanningen onder 24 V. Wijs uw kinderen op deze mogelijke gevaren.

Vele van de experimenten zijn heel eenvoudig op te bouwen, maar niet altijd makkelijk te begrijpen. Meestal wordt eerst alleen de opbouw en de functie zo eenvoudig als mogelijk beschreven. Dit is voldoende om het experiment met succes uit te voeren. Alleen wie meer wil weten, moet verder lezen om de technische achtergronden in korte vorm te ervaren. Vele kleine en grote variaties zijn mogelijk. Misschien vindt u een paar nieuwe schakelingen voor verdere experimenten. Laat uw creativiteit de vrije loop!

Wij wensen u een prettige en creatieve kersttijd!

Overzicht van alle experimenten:

1	Groen LED-licht	4
2	Stroom bij aanraking	4
3	Stabiele insteekverbinding	5
4	Schakelcontacten	5
5	Meer weerstand	6
6	Hellings- en bewegingssensor	6
7	Schoksensor	7
8	Transistor-schakelaar	7
9	Een alarminstallatie	8
10	Aanraakschakelaar	8
11	Lichtsensoren	9
12	Sensor-dimmer	9
13	Temperatuursensor	10
14	Tweevoudige temperatuursensor	10
15	Elektrisch veld sensor	11
16	Elektrostatistische bewegingsmelder	11
17	Een LED-thermometer	12
18	Temperatuurschakelaar	12
19	Knipperende temperatuurweergave	13
20	De 25 graden thermometer	13
21	Leugendetector	14
22	Elektrosmog-sensor	15
23	Vonk(en)sensor	16
24	De multi-sensor kaart	17
	Bijlage: de componenten	18

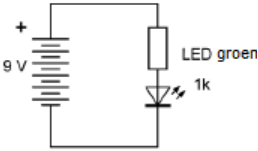
1e dag

1 Groen LED-licht

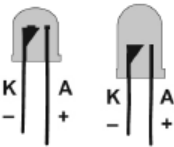
Maak het 1e deurtje open en haal een heel bijzonder component er uit: een groene LED met interne voorschakelweerstand. De LED-behuizing is korter dan bij andere LED's. Daardoor kan deze niet met andere verwisselt worden. Een normale LED mag nooit zonder weerstand op een batterij aangesloten worden. Maar hier is de weerstand reeds ingebouwd. Hij zit als een klein blokje op de positieve aansluiting, terwijl het LED-kristal op de negatieve aansluiting ligt en gevormd is als een kleine kelk.



De positieve aansluiting noemt men ook anode (A) en de negatieve kathode (K). De LED-behuizing heeft een bredere rand onderaan, deze is afgevlakt aan de kathodezijde. Bovendien heeft de kathodeaansluiting een kortere draad dan de anodeaansluiting. Zo zijn er meerdere kenmerken voor de plus- en minpool van de LED. Voor een juiste functie is het belangrijk dat de kathodeaansluiting met de minpool van de batterij wordt verbonden en de anodeaansluiting met de pluspool. De werking van de LED is als een elektrisch ventiel, waar stroom slechts in een richting doorheen wordt gelaten. En zonder stroom is er ook geen licht.



Houdt de LED direct aan de aansluitingen van de batterij. Ze licht helder op. Let op, vermijdt het direct inkijken in een verlichte LED op korte afstand. Vermijdt beslist een kortsluiting van de batterij, dus een directe verbinding van beide polen. De batterij kan daarbij erg heet worden en in extreme gevallen, zoals bij een langdurige kortsluiting, zelfs exploderen. Bovendien verlagen kortsluitingen de levensduur van de batterij.



Elektronische schakelingen worden overzichtelijk in een schakelschema weergegeven. Voor elk component is er een speciaal symbool. Het symbool voor een LED bestaat uit een driehoek voor de anode en een rechte streep voor de kathode. Dit laat de stroomrichting zien. Twee korte pijlen die naar buiten wijzen, staan voor het afgegeven licht. De weerstand wordt als een rechthoekig blokje getekend. Elke weerstand heeft een bepaalde weerstandswaarde. De in de LED ingebouwde weerstand heeft 1000 Ohm = 1 kilo-ohm (1 k Ω , in het schakelschema kort 1 k). Ook zitten beide componenten in dezelfde behuizing worden ze in het schakelschema als twee zelfstandige componenten weergegeven.

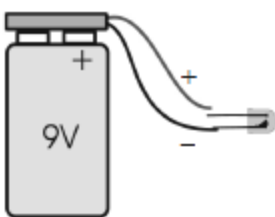
Het schakelschema toont een serieschakeling. De stroom vloeit door de batterij, de LED en de weerstand. De weerstand heeft daarbij de taak om de stroomsterkte tot een zinvolle waarde te begrenzen. Hoe groter de weerstand des te kleiner is de stroomsterkte.

Waarschuwing! Een normale LED mag nooit direct met een spanningsbron verbonden worden, er is altijd een weerstand nodig. Zonder deze voorweerstand zou de LED door teveel stroom vernield worden! In deze speciale LED is de weerstand reeds ingebouwd en mag daarom alleen in dit geval direct aangesloten worden. Om een verwisseling te voorkomen, is deze LED met ingebouwde weerstand uitgevoerd in een bijzondere behuizingvorm. Deze is aanzienlijk korter dan een standaard-LED.

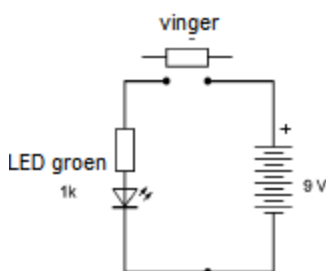
2e dag

2 Stroom bij aanraking

Achter het 2e deurtje bevindt zich een batterijclip voor de 9-V-batterij. Bouw het experiment van de eerste dag nog een keer op, maar nu een beetje anders. Gebruik de batterijclip en let er op, dat de zwarte aansluitdraad de minuspool is en de rode de pluspool. Vermijdt beslist een kortsluiting, dus een direct contact van de rode kabel met de zwarte. Het is een beetje friemelwerk om alle contactplaatsen tegelijkertijd bij elkaar te houden. U kunt de LED naar wens aan- of uitschakelen.



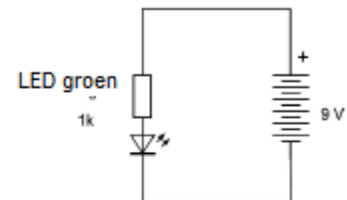
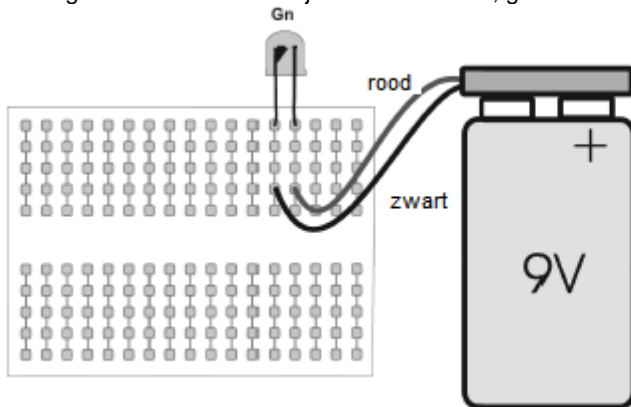
Houdt eenmaal de kathode-aansluiting van de LED direct aan de zwarte draad van de batterij en raak tegelijkertijd de rode draad en de anode-aansluiting met de vinger aan. De LED zal nu zwak oplichten. Voor deze proef kunt u beter de kamer verduisteren om aan het zwakke licht te wennen. Nu kunt u het duidelijk zien. Het contact met de vinger laat een kleine stroom vloeien, waardoor de LED gaat oplichten.



In het schakelschema is een onderbreking van het stroomcircuit te zien, welke met de vinger overbrugd zal worden. De vinger functioneert net al een weerstand, maar deze weerstand is duizend keer groter dan de ingebouwde weerstand in de LED. Overeenkomstig wordt het LED-licht duizend keer zwakker. De helderheid is afhankelijk van het huidvocht en van de druk op de metalen contacten. Als u de vinger iets vochtig maakt, wordt de LED lichter. Dit experiment laat zien, hoe een eenvoudige aanraaksensor opgebouwd is. Later in de kalender wordt het principe nog een keer herhaald en verbeterd.

3 Stabiele insteekverbinding

Achter het 3e deurtje bevindt zich een kleine experimenteerbord. Dit vereenvoudigd de opbouw van relatief complexe schakelingen. Het bord heeft 170 contacten, die telkens door verticale stroken met 5 contacten geleidend onderling verbonden zijn. Het insteken van de onderdelen vergt relatief veel kracht. De aansluitdraden knikken daardoor gemakkelijk om. Belangrijk is, dat de draden exact van boven af ingestoken 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 batterijclip, zonder ombuigen inzetten. Als alles juist is verbonden, gaat de LED op het bord oplichten.



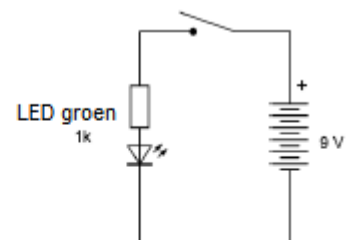
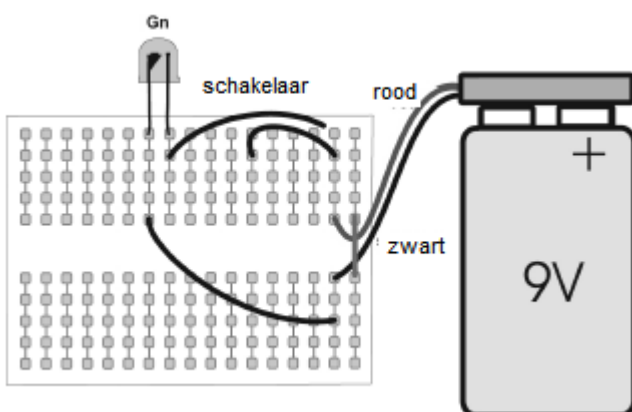
4 Schakelcontacten

Achter het 4e deurtje verschijnt een koperen draad met rode isolering. Met deze draad kan een eenvoudige schakelaar worden opgebouwd. Deze bestaat uit twee blanke draadstukjes die zich pas bij een vingerdruk aanraken. Knip hiertoe met een tang of eventueel een oude schaar draadstukken van 2 cm er af en strip de isolatie volledig er af.



Om de kwetsbare aansluitdraden van de batterijclip te beschermen, wordt bijkomend een korte draad als trekcontasting ingebouwd. De batterijclip blijft altijd verbonden, zodat de aansluitingen niet te veel slijten. Knip een stukje draad van ongeveer 2 cm lengte en strip ca. 7 mm van de isolatie aan de uiteinden. Om de isolatie te verwijderen van de draaduiteinden, bleek het praktisch, de isolatie met een scherp mesje rondom in te snijden. Wees wel voorzichtig dat u de draad niet insnijdt, anders kan deze gemakkelijk breken. Buig de schakeldraden op een manier zodat ze zich net niet aanraken. Door een lichte vingerdruk wordt de schakelaar gesloten en de LED licht op.

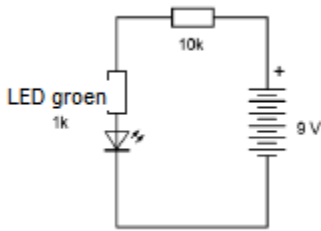
Alternatief kunt u de schakelaar ook zo bouwen, dat hij in de normale toestand gesloten is. Ook een diefstal- of inbraaksensor is daarmee te realiseren. Schuif een stuk papier, dat u aan een touwtje bevestigd tussen de contacten. Het touwtje wordt aan een deur of raam bevestigd. Een dief (of iemand van de familie) zou zonder het te merken het papier uit de schakelaar trekken waarmee de stroomkring gesloten wordt.



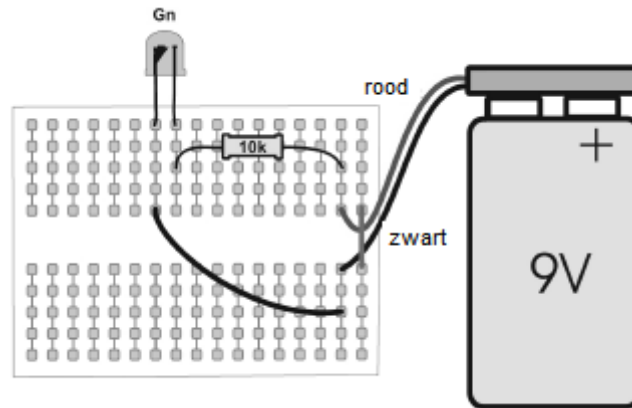
5e dag

5 Meer weerstand

Achter het 5e deurtje wacht een weerstand om gebruikt te worden. Weerstanden zijn gekenmerkt met kleurringen. De kleuren bruin (1), zwart (0), oranje (000) staan voor 10.000 Ohm, dus 10 kilo-ohm (10 kΩ). Er volgt een gouden ring, deze geeft de nauwkeurigheidsklasse van 5% aan. Door de grotere weerstand wordt de LED-stroom duidelijk gereduceerd. Minder stroom betekent minder LED-helderheid en tegelijk een langere levensduur van de batterij. Dankzij de goede efficiëntie van de LED is deze verlichting voor de meeste toepassingen voldoende. Beslis zelf!



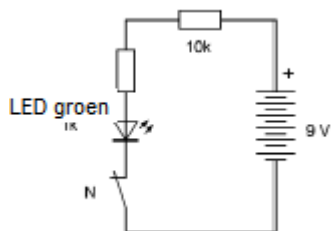
In totaal werkt nu een weerstand van 11 kΩ. Als men er van een LED-spanning van 2 V uitgaat, liggen nog 7 V aan de weerstanden en er vloeit een stroom van ongeveer 0,65 mA. Een 9V-batterij heeft meestal een capaciteit van 500 mAh en zou deze stroom meer dan één maand kunnen leveren. Let bij uw experimenten er op, dat de batterij zo min mogelijk belast wordt, zodat ze ook tot het einde van experimenten volhoudt en eventueel nog voor verdere experimenten gebruikt kan worden.



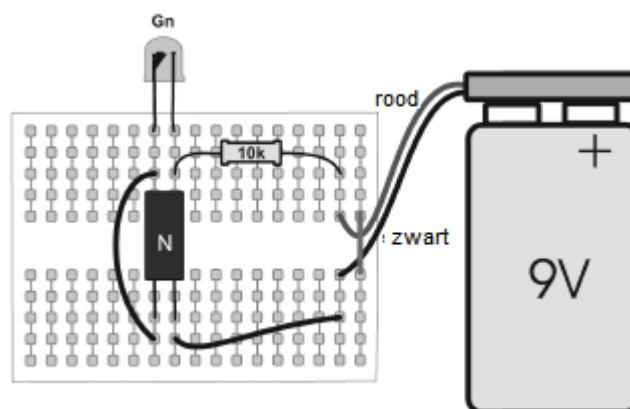
6e dag

6 Hellings- en bewegingssensor

Achter het 6e deurtje vindt u een van de belangrijkste sensoren in deze kalender, de hellingsensor. Hij bestaat uit een schakelcontact, welke in de omhoog gerichte positie door een kleine metalen kogel gesloten wordt. Draait men de sensor om, dan valt de kogel van haar contact en de stroomkring is geopend. Bij sterke trillingen springt de kogel omhoog, het contact is afwisselend gesloten en geopend. Men kan de beweging van de kogel ook horen.



Bouw de hellingsensor in de stroomkring. Test zijn functie door langzaam het experimenteerbord te kippen. Ga het bord ook een keer snel omhoog en omlaag bewegen. De LED knippert.

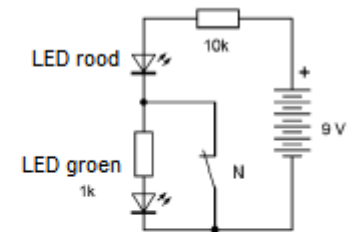
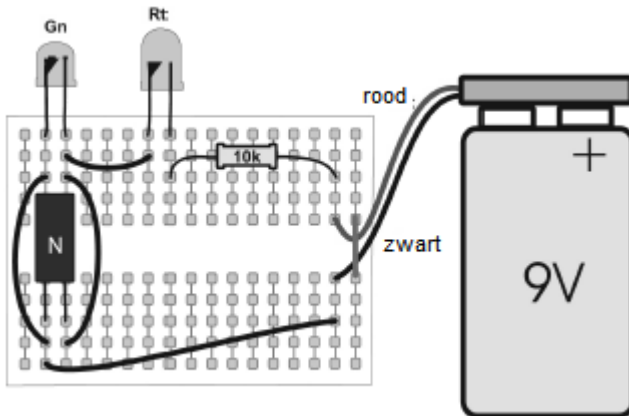


7 Schoksensor



Open het 7e deurtje van uw kalender en haal de rode LED er uit. Let op; een standaard-LED mag nooit zonder voorschakelweerstand op een batterij aangesloten worden, omdat deze voor een maximale stroom van 20 mA gemaakt is. Bouw een serieschakeling van de rode LED en de groene LED met de interne voorweerstand en de extra voorweerstand van 10 k Ω . De hellingsensor moet de groene LED overbruggen. In de normale toestand wordt dan de stroom aan de groene LED voorbij geleid. Of anders gezegd, de groene LED wordt kortgesloten. Maar deze kortsluiting is in dit geval geen fout, omdat de stroom op een andere plaats in de stroomkring begrensd wordt. Er licht dus alleen de rode LED op, terwijl de groene LED uit blijft.

Klop nu eenmaal op de tafel. De kogel in de hellingsensor springt daarbij iets omhoog en opent het contact kortstondig. U ziet een flits bij de groene LED. Test verschillende ondergronden en opstellingsplaatsen. Krijgt u het voor elkaar om de sensor zo te plaatsen, dat herkent wordt als een persoon dichterbij komt?

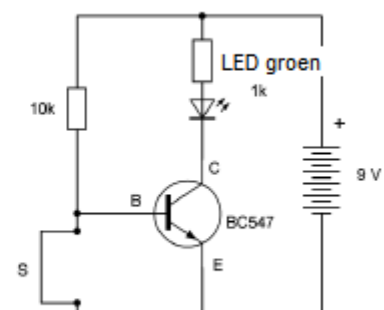
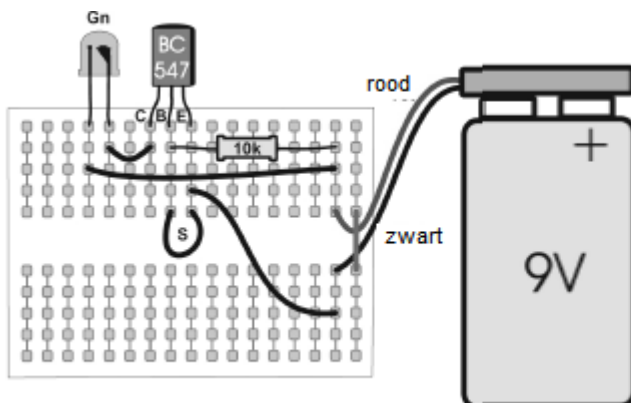


8 Transistor schakelaar



Achter het 8e deurtje verschijnt een component met drie aansluitdraden, een transistor van het type BC547C. De aansluitingen noemt men basis (B), emitter (E) en collector (C). De basis-aansluiting is in het midden, de emitteraansluiting rechts, als u op de platte zijde met de opdruk kijkt, en de collector links. Bouw de transistor in de stroomkring, zodat hij de groene LED kan inschakelen. De weerstand van 10 k Ω zorgt voor de noodzakelijke basisstroom. De draadlus S zal echter basis en emitter kortsluiten en leidt daarmee de basisstroom af, de LED gaat niet oplichten. Wordt deze verbinding onderbroken, schakelt de transistor de LED in. Bindt een dun touwtje aan de draadbrug en het andere uiteinde op een deur. Bij het openen van de deur wordt de draadbrug uitgetrokken en activeert zodoende het alarm.

Een transistor is bedoeld ter versterking van stroom. Als een kleine basisstroom vloeit, veroorzaakt dit een veel grotere collectorstroom. Men kan de transistor als een schakelaar gebruiken. Een geleidende verbinding tussen collector en emitter ontstaat, als een kleine stroom door de basis vloeit. Maar de stroomrichting moet kloppen. Bij de hier gebruikte NPN-transistor moet de emitter met de minpool van de batterij verbonden zijn.

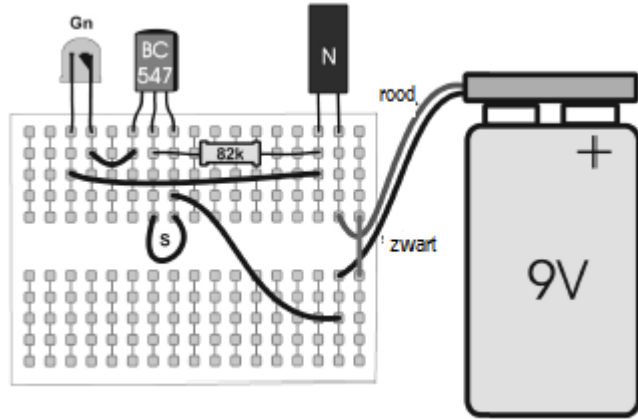
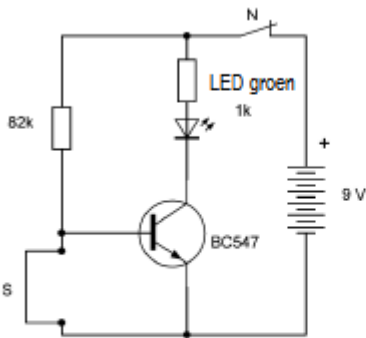




9 Een alarminstallatie

Achter het 9e deurtje bevindt zich nog een weerstand. Deze heeft 82 kΩ (grijs, rood, oranje). Bouw deze in plaats van de tot nu toe gebruikte 10 kΩ –weerstand in de basisstroomkring in. Bijkomend is er nu een hoofdschakelaar in de vorm van de hellingschakelaar N. Alleen de bezitter weet, hoe deze alarminstallatie uitgeschakeld wordt, namelijk door omdraaien.

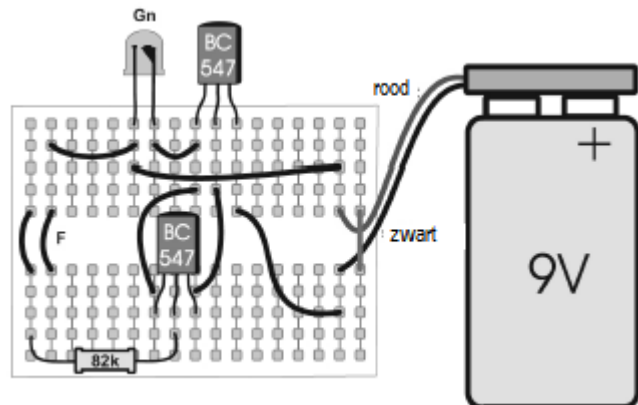
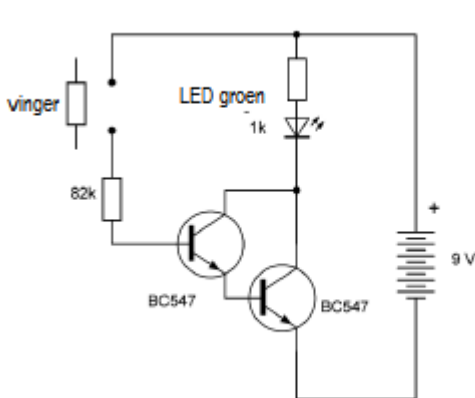
De verbeterde alarminstallatie werkt net als voorheen maar met een kleine lusstroom. De sensorschakeling kan daarom heel lang op een batterij werken. In de actieve toestand vloeit een sensorstroom van ongeveer 0,1 mA. Bij een batterijcapaciteit van 500 mAh zou de installatie 5000 uren met een batterij kunnen werken, dus langer dan een half jaar.



10 Aanraakschakelaar

Achter het 10e deurtje verschijnt nog een transistor BC547C. Met twee transistors wordt er nog een grotere versterking bereikt, omdat de al versterkte stroom van de eerste transistor door de tweede transistor nog een keer versterkt wordt. Er is nu slechts de geringe stroom door een vinger voldoende om een LED volledig in te schakelen. Bouw hiertoe twee blanke draden in de schakeling. Door aanraken van beide draden licht de LED op.

Deze schakeling noemt men na de uitvinder Darlington-schakeling. Een transistor BC547C heeft een stroomversterkingsfactor van ongeveer 500. Beide transistors bereiken gezamenlijk een 250.000-voudige stroomversterking. Er is daarom al een sensorstroom voldoende van ver onder een micro ampère, om een LED in te schakelen.

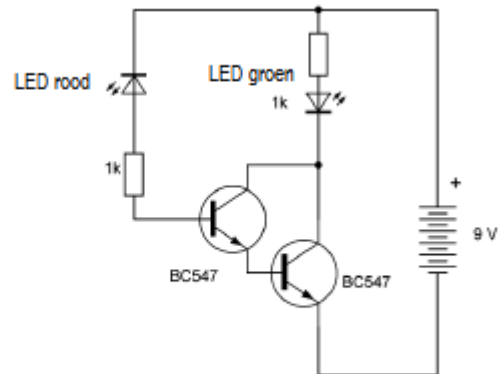
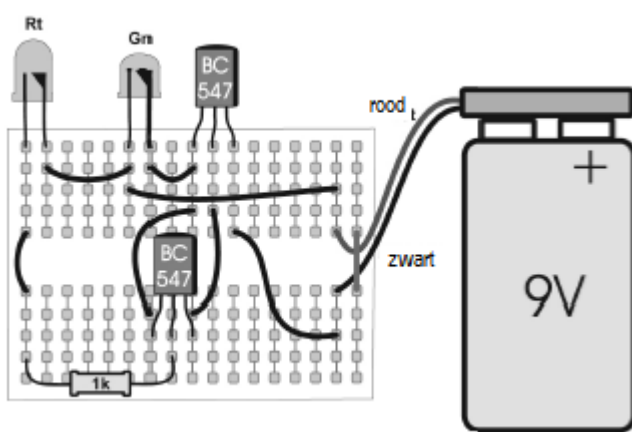


11 Lichtsensor

11e dag

Maak het 11e deurtje open. Hier verschijnt een weerstand met 1 k Ω (bruin, zwart, rood). De rode LED wordt deze keer niet als lichtbron maar als lichtsensor toegepast. Deze wordt in sperrichting met de kathode aan de pluspool ingebouwd. Normaalgesproken vloeit er dan geen stroom. Als er echter helder licht op de LED valt, toont de diode een geringe geleiding en er vloeit een kleine stroom. Deze wordt versterkt door de transistors en laat de groene LED oplichten. Plaats uw experimenteerbord onder een lichtbron. De groene LED licht op. Als u nu over de rode LED met de hand een schaduw legt, brandt de groene LED zwakker of gaat helemaal uit. Test uw lichtsensor onder verschillende lichtcondities. Ook bij een relatief zwakke licht is er nog een reactie herkenbaar.

In deze schakeling functioneert de rode LED als een fotodiode. Bij helder licht laat zij een heel kleine stroom met een paar nano-ampère door. De Darlington-schakeling zorgt voor voldoende versterking. De 1 k Ω -weerstand aan de basis dient als bescherming. Hij wordt alleen gebruikt voor het geval dat de rode LED verkeerd om ingebouwd wordt.

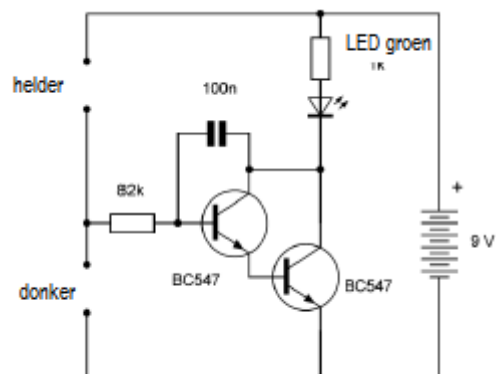
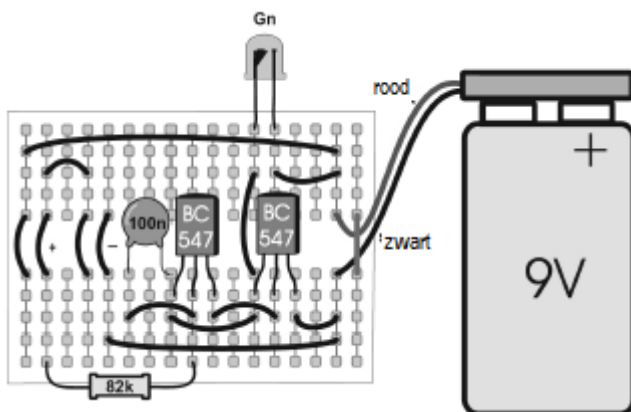


12 Sensordimmer

12e dag

Achter het 12e deurtje wacht een nieuw component om gebruikt te worden. Het betreft een keramische ronde plaatcondensator met een capaciteit van 100 nanofarad (100 nF, opdruk 104). Bouw de condensator in uw Darlington-schakeling, die bijkomend twee aanrakingsensoren van elk twee blanke draden krijgt. Door kort aantippen met de vinger van het contact boven kunt u de LED helderder maken, met het contact onder wordt deze donkerder. Als u geen van de sensorcontacten aanraakt, blijft de helderheid lange tijd bijna onveranderd. De condensator werd namelijk op een gemiddelde spanning opgeladen en levert nu de nodige stroom voor de transistors. Pas na enige minuten wordt de LED herkenbaar zwakker.

Een condensator bestaat uit twee metalen folies en daartussen een isolatielaag. Hij functioneert als opslag voor elektrische lading. In verhouding tot een accu wordt er echter heel weinig lading opgeslagen. De capaciteit van een condensator wordt aangegeven in Farad. 1F is een vrij grote capaciteit. De meeste condensatoren bezitten slechts een paar microfarad (μ F), nanofarad (nF) of picofarad (pF). De opdruk 104 staat voor 100.000, dus 100 nF komen overeen met 100.000 pF.



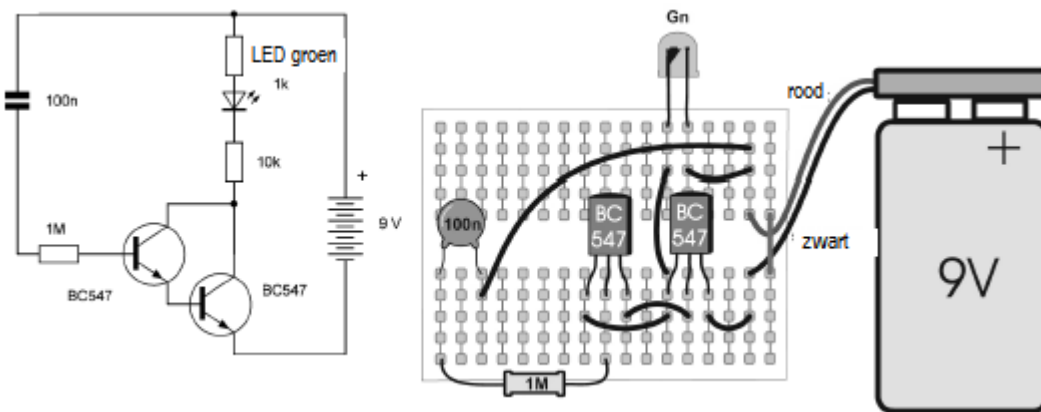


13 Temperatuursensor

In vak nr. 13 vindt u een weerstand met 1 mΩ (1 mega-ohm, bruin, zwart, groen). De condensator moet nu tegen de pluspool van de batterij aangesloten worden. Hij laadt zich via de weerstand van 1 mΩ op en levert zolang de stroom voor de Darlington-schakeling. De LED gaat voor een paar seconden in zijn volle helderheid oplichten en wordt dan zwakker. Daarna blijft de LED één tot twee minuten minder oplichten, maar bijna met constante helderheid.

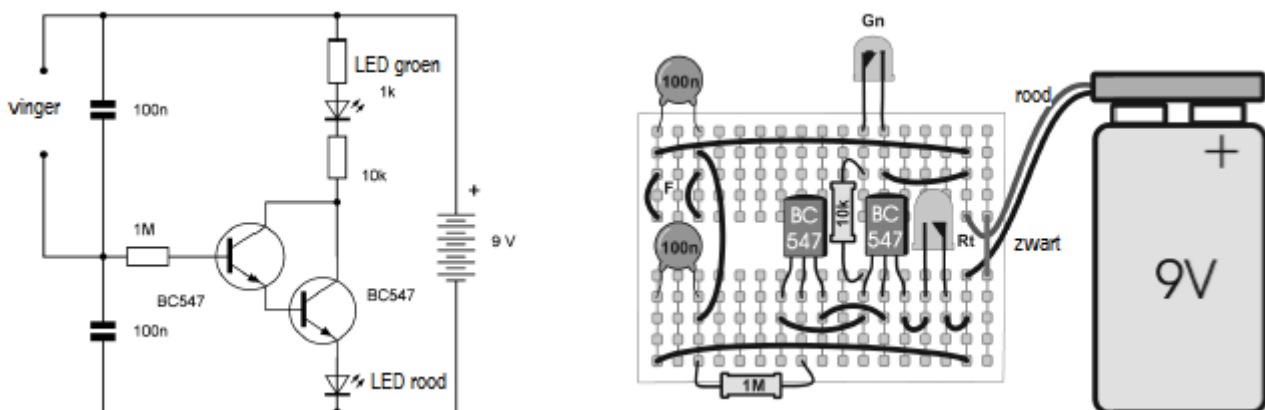
Bijkomend is de condensator een bruikbare temperatuursensor. Bij een lichte aanraking met de vinger wordt hij opgewarmd. Daarbij wordt de LED donkerder. Als u de vinger weghaalt, koelt de condensator af en de LED wordt weer helder. Een verandering is zelfs te herkennen als u uw vinger een paar millimeter naast de condensator houdt. De warmtestraling voldoet dan voor een minimale temperatuurverandering.

Dit gedrag is typisch voor sommige keramische condensatoren en is afhankelijk van het gebruikte materiaal. Met stijgende temperatuur neemt de capaciteit af. Bij gelijke oplading stijgt daarbij de condensatorspanning, wat in deze schakeling ertoe leidt, dat de basisstroom minder wordt. Het experiment toont duidelijk de werkwijze van een infrarode bewegingsmelder, waarbij dezelfde procedures aflopen en met een nog betere versterker uitgerust zijn. Bovendien lijkt het gedrag van de condensator op een extreem grote weerstand. Daadwerkelijk is dit te wijten aan een complexe procedure binnenin de condensator, de diëlektrische remanentie. Als de LED na een paar minuten te zwak wordt kunt u de condensator uithalen en andersom weer inbouwen. Daarmee begint alles weer opnieuw.



14 Dubbele temperatuursensor

Achter het 14e deurtje verschijnt een verdere condensator met 100 nF (opdruk 104). Hiermede kan een tweede temperatuursensor in de schakeling ingebouwd worden. Beide sensoren zijn verschillend in hun functie. Een opwarming van de condensator boven maakt de LED donkerder. Een opwarming van de condensator onder daarentegen verhoogt de helderheid. Door afwisselend beide sensoren aan te raken kunt u dus de helderheid verhogen of verlagen. De rode LED in deze schakeling is niet alleen mooi om te zien, zij heeft ook een belangrijk doel, zij verhoogt de spanning op de ingang van de schakeling. De onderste condensator kan namelijk alleen dan als temperatuursensor werken, als hij een niet te kleine spanning heeft. Ook hier geldt weer, dat de schakeling na een paar seconden volledig op te lichten slechts ongeveer één tot twee minuten een gemiddelde, stuurbare LED-stroom levert. In deze tijd kunt u de LED-helderheid door temperatuurveranderingen sturen. Als de LED te zwak oplicht, kunt u de bovenste condensator door kort met de vinger aan te raken iets ontladen en daarmee de stroom weer verhogen.

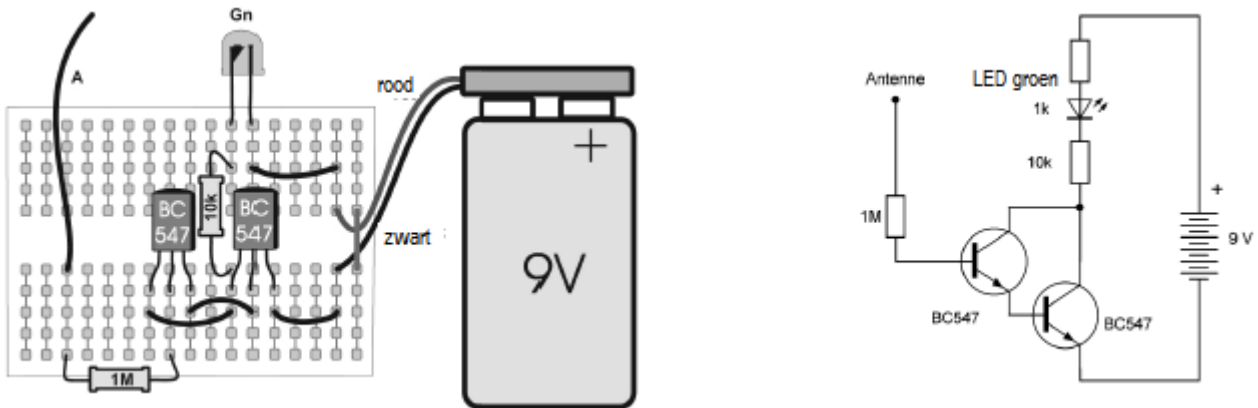


15 Elektrisch veld-sensor

15e dag

Achter het 15e deurtje vindt u nog een stuk draad van circa 30 cm. Deze wordt als antenne voor elektrische velden gebruikt. Als basis dient weer de Darlington-schakeling. Houdt u hand in de buurt van de antenne en beweeg uw schoenen op een isolerende ondergrond zoals een tapijt of laminaat. De LED gaat in het ritme van uw beweging knipperen. Dit functioneert zonder directe aanraking door elektrische krachten, die op de elektronen in de antennedraad inwerken en deze aantrekken of afstoten. Deze procedure noemt men ook elektrische influentie. Als de LED steeds iets oplicht, ligt dit meestal aan elektrische wisselvelden, veroorzaakt door kabels. Vouw de antennedraad dan iets op om hem korter te maken.

In de nabijheid van elektrische leidingen zijn er wisselvelden, die schijnbaar het permanent oplichten van de LED veroorzaken. Daadwerkelijk is de LED 50 keer per seconde aan en weer uit. Men kan dit door een snelle oogbeweging herkennen. Houdt de antenne dicht bij een lampenkabel. U kunt zo testen of de kabel op een stopcontact is aangesloten. Zelfs elektrische leidingen in een muur kunnen met deze schakeling gevonden worden.

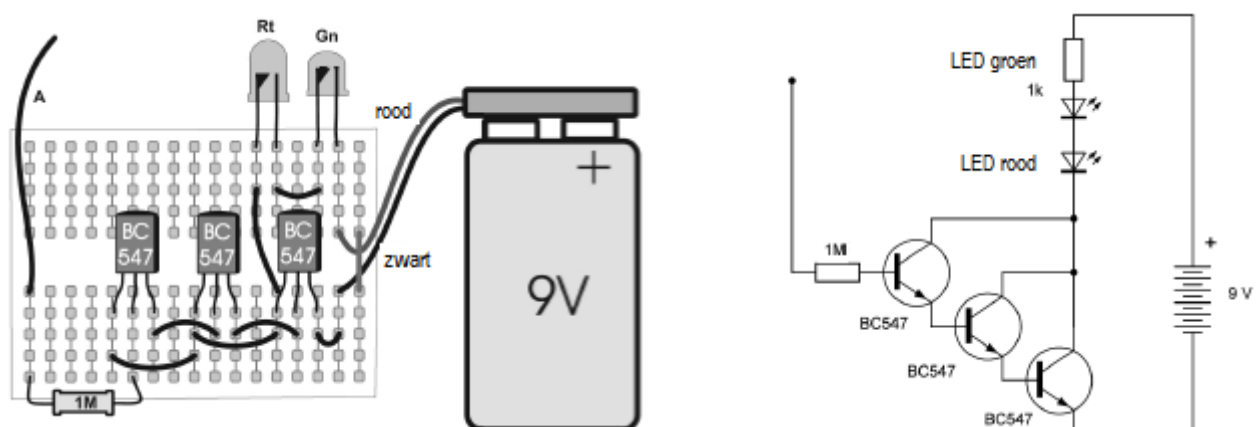


16 Elektrostatische bewegingsmelder

16e dag

Achter het 16e deurtje vindt u een derde transistor. Hiermede kunt u de versterking duidelijk verhogen. Uw elektrisch-veld-sensor wordt daardoor zo gevoelig, dat hij zelfs op personen reageert, die zich op een grotere afstand van ca. 1 of 2 meter bewegen. Uw sensor moet hierbij zo ver als mogelijk uit de buurt van elektrische leidingen opgesteld zijn.

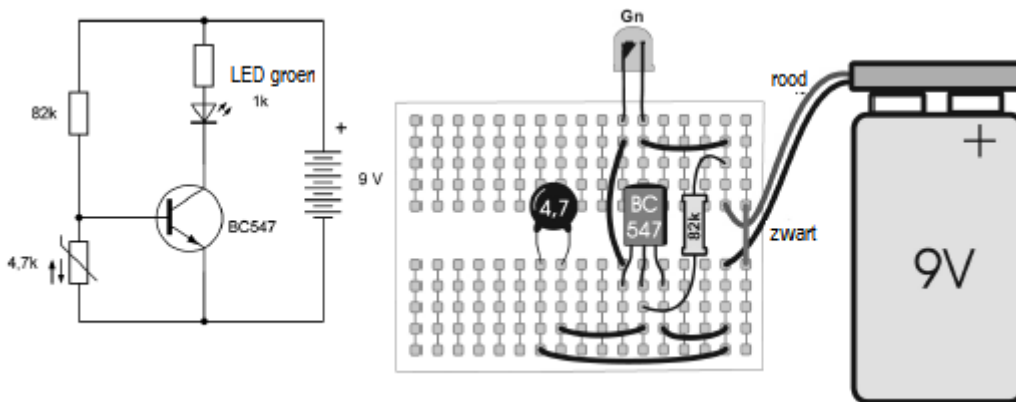
De sterkte van de oplading van een persoon is afhankelijk van de luchtvochtigheid, het soort bodembedekking en van de schoenen. Vooral in de winter kan vanwege de droge lucht een aanzienlijke oplading tot pijnlijke stroomstoten leiden. De statische oplading kan zelfs kleine componenten vernielen. Echter zijn de gebruikte transistors niet erg gevoelig en er zijn geen voorzorgsmaatregelen nodig.



17e dag

17 Een LED-thermometer

Open het 17e deurtje en neem een verdere temperatuursensor er uit. Het betreft hier een temperatuurafhankelijke weerstand met $4,7\text{ k}\Omega$ bij een temperatuur van $25\text{ }^\circ\text{C}$. Met oplopende temperatuur wordt de weerstand geringer. Het component noemt men ook NTC-weerstand (negatieve temperatuur-coëfficiënt). Daarmee kan niet alleen een temperatuurverandering herkend worden maar ook een gelijkblijvende temperatuur. Bouw de NTC-weerstand in een eenvoudige transistorschakeling. Bij een temperatuur van $25\text{ }^\circ\text{C}$ zal de LED niet oplichten. Bij ongeveer $20\text{ }^\circ\text{C}$ is de sensorweerstand net zo ver gestegen, dat de LED oplicht. U kunt herkennen, hoe de verwarming in de kamer ingesteld is. Raak de sensor aan met de vingers, om hem op te warmen en de LED uit te schakelen. In principe kan de sensor ook als voorweerstand voor een LED gebruikt worden. Echter zijn dan extreme temperatuurveranderingen nodig, om duidelijke helderheidsverschillen te zien. De temperatuurschakeling maakt de verandering duidelijker, omdat de transistor pas boven een basisspanning van $0,5\text{ V}$ merkbaar geleidend wordt. De NTC-sensor vormt samen met een weerstand van $82\text{ k}\Omega$ een spanningsdeler. Een batterijspanning van 9 V en een sensorweerstand van $4,7\text{ k}\Omega$ resulteren in een basisspanning van iets minder dan $0,5\text{ V}$. Dit is te weinig om de transistor in te schakelen. Bij $20\text{ }^\circ\text{C}$ daarentegen heeft de NTC-sensor al een weerstand van circa $6\text{ k}\Omega$, de basisspanning bedraagt $0,6\text{ V}$ en de transistor is geleidend. Tussen Aan en Uit is een zachte overgang. De nauwkeurigheid van de sensorweerstand bedraagt 20% , dit komt overeen met een afwijking van ca. 5 graden. De temperatuurdrempel wordt bijkomend ook veranderd door de batterijspanning. Is de spanning alleen nog 7 V , verschuift de inschakeltemperatuur ongeveer 5 graden naar beneden.

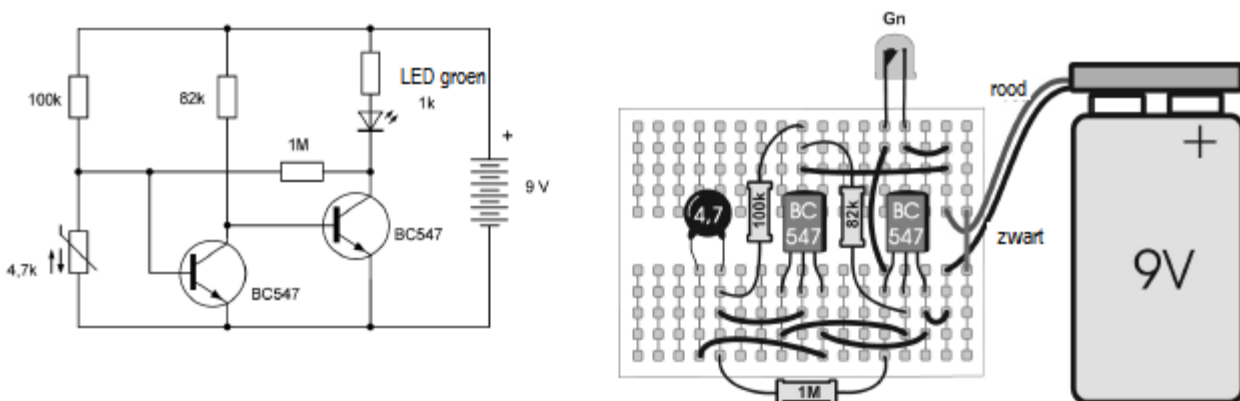


18e dag

18 Temperatuurschakelaar

In het vak nr. 18 vindt u een weerstand met $100\text{ k}\Omega$ (bruin, zwart, geel). Hij wordt benodigd om de schakeling met een tweede transistor uit te breiden. Daarbij wordt de functie van de sensor omgekeerd. De LED gaat nu bij een hoge temperatuur oplichten. Bovendien zijn er geen zachte helderheids-overgangen meer, maar de transistors schakelen de LED plotseling aan of uit. Bij een temperatuur van $25\text{ }^\circ\text{C}$ en daarboven is de LED aan, pas bij een iets lagere temperatuur gaat deze plotseling uit. Raak de NTC-sensor aan met de vinger, om de LED in te schakelen, of plaats de schakeling op de verwarming.

Het abrupte omschakelen wordt door een terugkoppeling via de $1\text{ m}\Omega$ -weerstand bereikt. Zo een schakeling noemt men ook tuimelschakeling of flip-flop, omdat de toestand abrupt kantelt. Tussen inschakelpunt en uitschakelpunt is er een kleine opening, die noemt men ook hysteresis. De sensorschakeling werkt daarbij net zoals een thermostaat bij een strijkijzer.

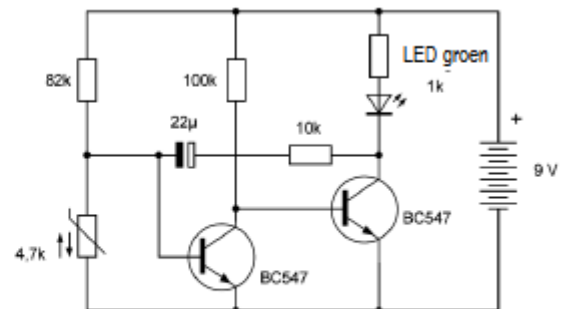
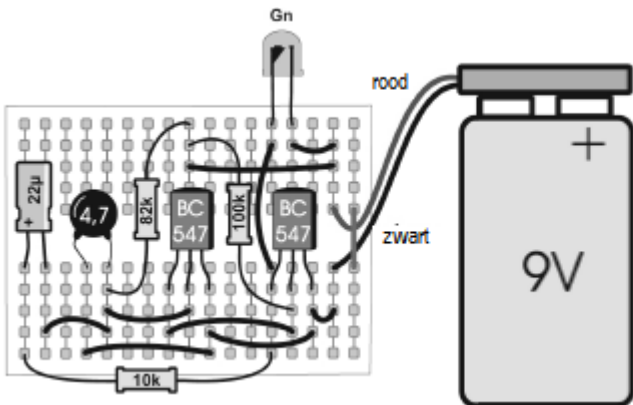


19 Knipperende temperatuurweergave

19e dag

Open het 19e deurtje en haal een verdere condensator er uit. Deze keer betreft het een elektrolytcondensator (elco) met een capaciteit van $22\ \mu\text{F}$ (microfarad). De capaciteit wordt daardoor 220-keer groter dan bij de reeds aanwezige keramische plaatcondensator. Maar pas op, bij een elco moet u op de inbouwrichting letten. Hij heeft een plus- en een minpool. De minpool wordt in het schakelschema aangegeven als zwarte streep en op de elco is deze door een witte streep gekenmerkt.

Deze elco wordt nu samen met een $10\ \text{k}\Omega$ -weerstand in de terugkoppeling ingebouwd. Het resultaat is, dat de groene LED in een strakke temperatuurbereik knippert. Daaronder blijft deze uit en daarboven blijft ze aan. Raak de sensor met de vinger aan, totdat de LED knippert. Probeer een keer om de sensor door een lichte aanraking op een constante temperatuur met gelijkblijvend knipperen te houden.



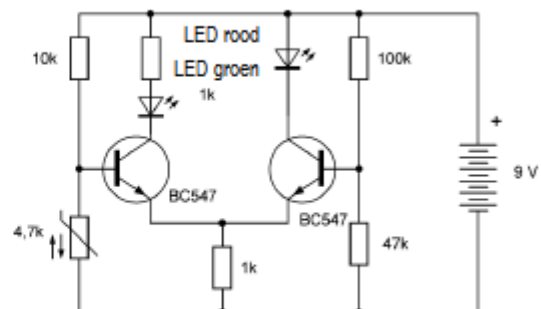
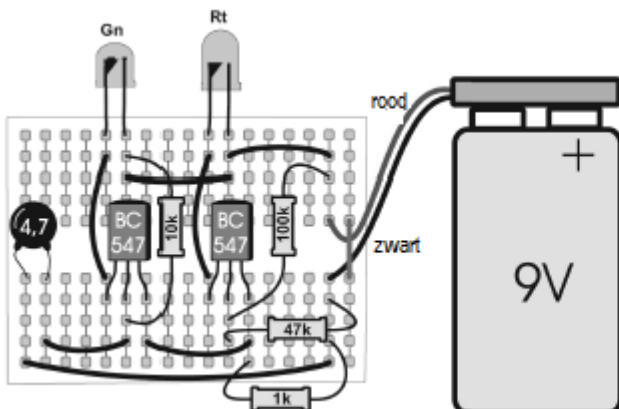
20 Het 25 graden thermometer

20e dag

In het vak nr. 20 vindt u een weerstand met $47\ \text{k}\Omega$ (geel, violet, oranje). Hij is bewust precies 10 keer groter dan de sensorweerstand van de NTC-weerstand bij $25\ ^\circ\text{C}$ en is in deze schakeling bedoeld als vergelijking. Bij deze temperatuur lichten beide LED's gelijk helder. Als het duidelijk warmer wordt, dan licht de rode LED helderder, bij een duidelijk lagere temperatuur licht de groene LED helderder. Deze thermometer kan toegepast worden om verwarmingskosten te besparen, omdat een temperatuur rond $20\ ^\circ\text{C}$ optimaal is en ligt in het groene bereik.

De schakeling heeft twee spanningsdelers en een verschilversterker. De gezamenlijke emitterstroom deelt zich in afhankelijkheid van het spanningsverschil tussen beide ingangen op de transistors op. Bij $25\ ^\circ\text{C}$ ligt bij beide spanningsdelers dezelfde spanning, zodoende zijn de LED-stromen hetzelfde. Bij dalende temperatuur stijgt de weerstand van de sensor en daarmee ook de basispanning van de linker transistor. Daardoor wordt de groene LED lichter en de rode LED donkerder. Andersom overweegt het rode licht bij een temperatuur boven $25\ ^\circ\text{C}$.

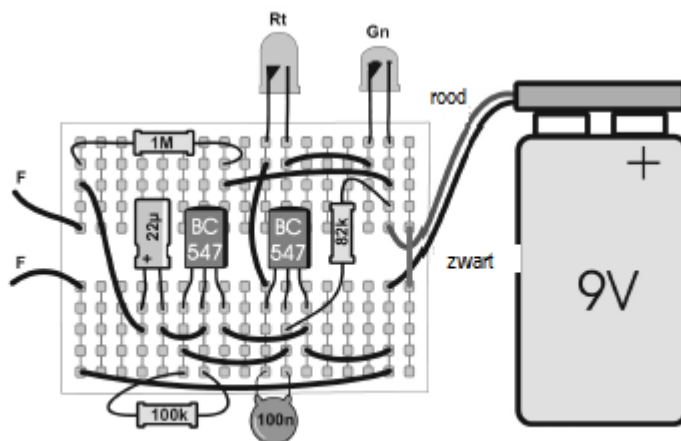
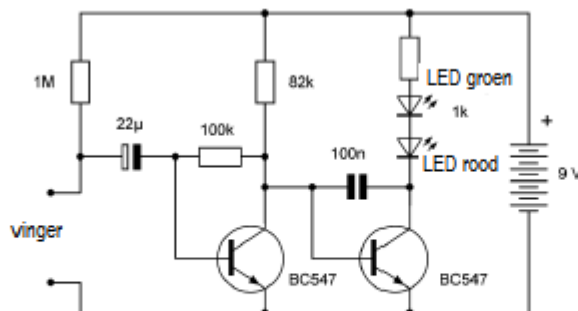
De verschilversterker is een belangrijke schakeling bij het nauwkeurig evalueren van spanningen en wordt ook in de zogenaamde operationele versterkers toegepast. Hier herkent men al een voordeel van de schakeling, omdat de werking verdergaand onafhankelijk is van de bedrijfsspanning. Ook bij een niet meer zo volle batterij verkrijgt men steeds het correcte resultaat.



21 Leugendetector

Achter het 21e deurtje bevindt zich nog een draad met een lengte van 30 cm. Hiermede wordt nu een leugendetector opgebouwd. Twee draden met deze lengte moeten hiertoe telkens voor de helft gestript worden. De beide blanke stukken wikkelt men iemand om de wijsvinger en de ringvinger van dezelfde hand. Wikkel de draden niet te los, maar ook niet zo vast, dat de bloedtoevoer beperkt wordt. De schakeling reageert dan op het huidvocht van de persoon. Na een bepaalde tijd van ontspanning is er dan een gemiddeld constant LED-licht te zien. Maar als zich iemand bij een leugen betrappt voelt, stijgt de doorbloeding en zodoende de geleiding van de huid. De LED's lichten feller op.

De schakeling vormt een eenvoudige signaalversterker met een lage grensfrequentie, die ook langzame veranderingen van de ingangsspanning doorgeeft. Zonder de koppelcondensator van $22\ \mu\text{F}$ is er een geringere LED-stroom. De stroom door de LED's wordt voornamelijk door de $82\text{-k}\Omega$ -weerstand en het gedrag van de linker transistor bepaald. De schakeling wordt ook stroomspiegel genoemd, omdat beide transistors een vergelijkbare collectorstroom hebben. Dit evenwicht wordt echter door veranderingen van de ingangsspanning verstoord, de uitgangsstroom dus overeenkomstig de huidweerstand groter of kleiner. Een extra condensator van $100\ \text{nF}$ reduceert de bovenste grensfrequentie en wordt benodigd om niet bedoelde hoogfrequente trillingen te onderdrukken.

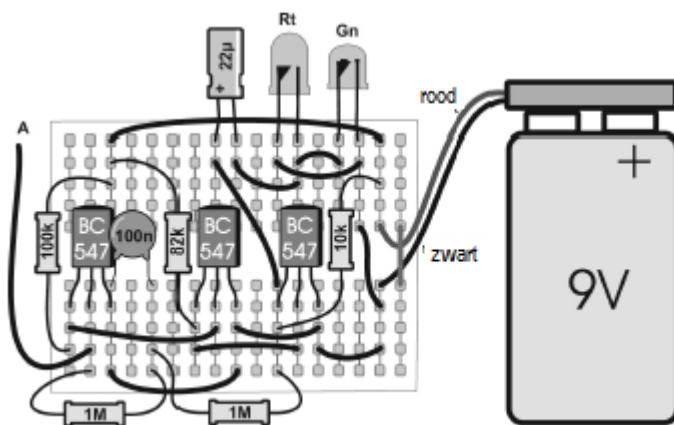
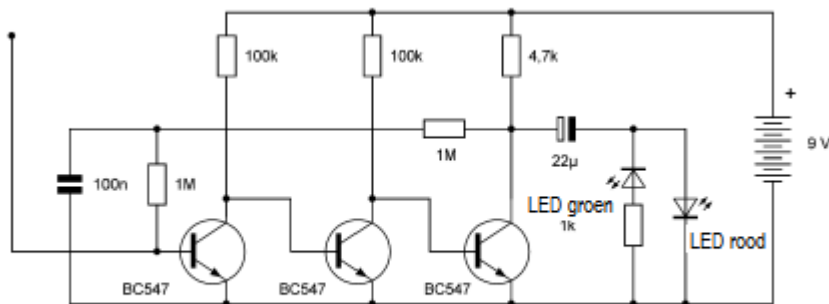


22 Elektromog-sensor

22e dag

Achter deurtje nr. 22 bevindt zich nog een weerstand met $1\text{ m}\Omega$ (bruin, zwart, groen). Daarmee bouwt u een gevoelige versterker met 3 transistors, welke ook als hoogfrequente ontvanger werkt. De schakeling reageert op alle soorten wisselvelden en toont deze door meer of mindere helderheid van beide LED's. Houdt de antenne draad in de buurt van stroomnetleidingen, om 50 Hz-wisselvelden te zien. Ontdek ook andere bronnen van elektromagnetische velden, vanaf de spaarlamp tot een draadloos telefoon.

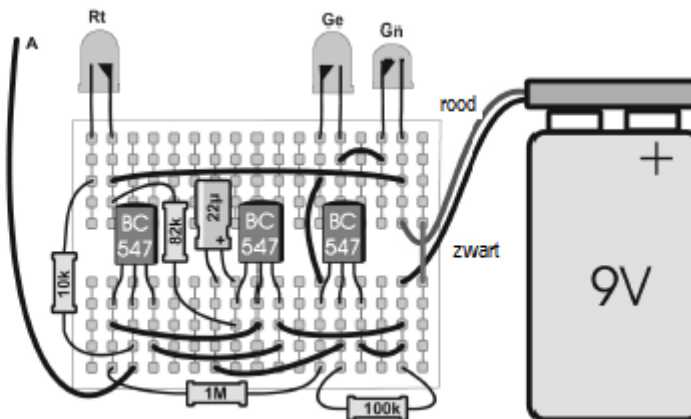
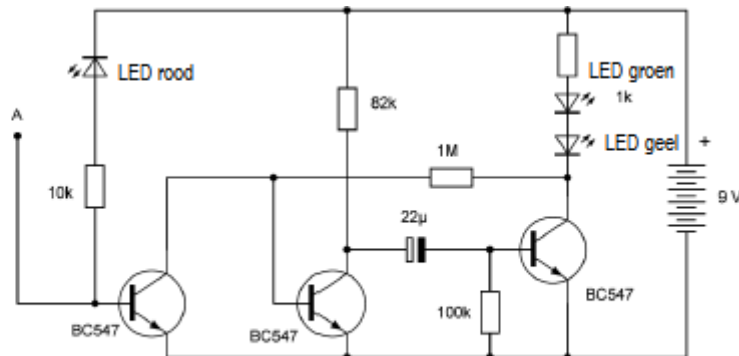
De drietraps versterker bezit een tegenkoppeling, die het werkpunt instelt, dus voor een gemiddelde uitgangsspanning zorgt. De tegenkoppeling is echter door de 100 nF condensator opgeheven, zodat de hoogste versterking bereikt wordt. De versterkte wisselspanning gaat via de elco naar de twee LED's, die hier gelijktijdig als gelijkrichterdiodes werken.



23 Vonk(en) sensor

In vak nr. 23 vindt u een gele LED. Zij wordt in serie met de groene LED als tijdschakelaar gebruikt. Voor het inschakelen is een elektrische impuls nodig of een lichtflits. De schakeling heeft dus twee sensoren, een antenne voor elektrische velden en de rode LED als fotodiode. U kunt een elektrische aansteker op een afstand van ongeveer 10 cm gebruiken, om een elektrische impuls te genereren. Maar ook een gewone aansteker met een vuursteentje kan de LED's inschakelen, omdat deze een heldere lichtflits produceert. Na een paar seconden gaat het licht weer uit. Er zijn nog andere mogelijkheden om de procedure te activeren. Houdt bijv. uw hand in de nabijheid van de antenne en beweeg uw voeten omhoog en omlaag. De schakeling reageert dan op statische opladingen en de daarmee verbonden elektrische velden.

De tijdschakelaar zorgt er voor, dat de basisstroom van de rechter transistor alleen zo lang vloeit, totdat de 22- μ F-elco helemaal opgeladen is. Daarna schakelen zich de LED's vanwege de terugkoppeling abrupt uit. Het betreft dus een tuimelschakeling, die zich na korte tijd automatisch weer uitschakelt (mono stabiele kanteltrap, monoflop). De linker transistor krijgt alleen een heel kleine collectorstroom via de terugkoppelingsweerstand van 1 m Ω . Daarom is een heel kleine basisstroom op de ingang voldoende, om het schakelproces te activeren.



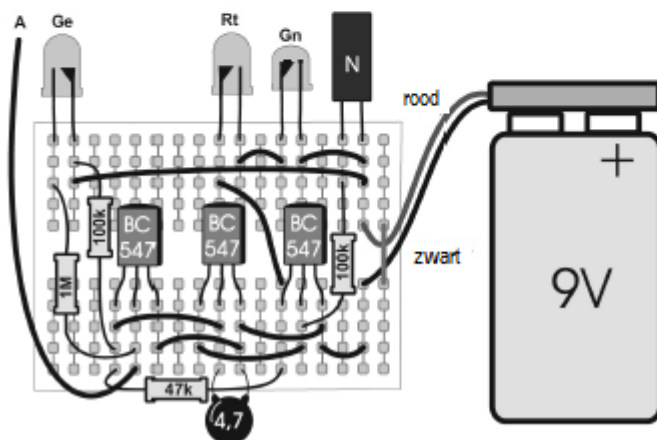
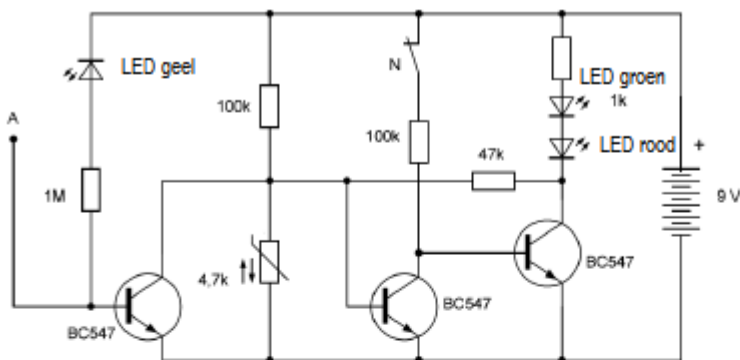
24 De multi-sensor kaars

24e dag

Achter het laatste deurtje verschijnt een weerstand met 100 k Ω (bruin, zwart, geel). De afsluitende schakeling van deze kalender is een LED-licht dat op verschillende manieren in- en uitgeschakeld kan worden. Vele van de eenvoudige sensoren uit de vorige schakelingen worden hier gezamenlijk toegepast. Voor het inschakelen is er een temperatuursensor, een lichtsensor en een elektrisch veldsensor. Voor het uitschakelen van het licht wordt de helling- of schoksensor gebruikt. Raak de NTC-sensor aan. Afhankelijk van de vingertemperatuur duurt het ongeveer 10 seconden of langer, dan gaat het licht aan. Voor het uitschakelen klopt u eenvoudig eenmaal op de tafel.

Als u het inschakelen van het licht via de temperatuursensor te lang duurt, raakt u kort het blanke uiteinde van de antenne aan. Daardoor genereert u een elektrische impuls. Of u drukt op een lichtschakelaar of u gebruikt een elektrische aansteker. In beide gevallen genereert u een hoogfrequente impuls, welke door de antenne wordt opgevangen en de LED's inschakelt.

En uiteindelijk is er nog de lichtsensor in vorm van een gele LED. U kunt het licht met een sterke zaklamp inschakelen, of u gebruikt een foto-flitslicht. Door zacht op de tafel te kloppen of op het bord, kunt u het licht steeds weer uitschakelen. Zoek naar verdere en vooral onopvallende methoden, die de LED's als bij toverslag laat in- en uitschakelen



Bijlage : De componenten

1. LED groen kort met interne voorweerstand 1k Ω
2. Batterijclip
3. Mini-experimenteerbord
4. 30 cm draad
5. Weerstand 10 k Ω
6. Hellingsensor
7. LED rood
8. NPN-transistor BC547C
9. Weerstand 82 k Ω
10. NPN-transistor BC547C
11. Weerstand 1 k Ω
12. Keramische plaatcondensator 100 nF
13. Weerstand 1 M Ω
14. Keramische plaatcondensator 100 nF
15. 30 cm draad
16. NPN-transistor BC547C
17. NTC-sensor 4,7 k Ω
18. Weerstand 100 k Ω
19. Elco 22 μ F
20. Weerstand 47 k Ω
21. 30 cm draad
22. Weerstand 1 M Ω
23. LED geel
24. Weerstand 100 k Ω



Dit product is vervaardigd overeenkomstig de geldende Europese richtlijnen en bezit het CE-kenmerk. Bij elk ander gebruik of wijziging van het product bent u verantwoordelijk voor het aanhouden van de geldende bepalingen. Bouw daarom deze schakelingen op zoals dit in deze handleiding is beschreven. Het product mag alleen inclusief de handleiding aan derde doorgegeven worden.



Dit symbool betekent dat dit product niet als normale huishoudelijke afval mag worden behandeld. Als het product aan het eind van zijn levensduur is, dient u het te verwijderen volgens de geldende wettelijke voorschriften. Breng het naar een plaats waar elektrische en elektronische apparatuur worden gerecycled. Verwijdering via het huishoudafval is verboden! Informeer bij uw gemeente over het voor u geldende afvalbrengpunt.

Waarschuwing! Oogbescherming en LED's:

Kijk nooit op korte afstand direct in een verlichte LED dit kan het netvlies beschadigen!

Dit geldt vooral voor heldere LED's met doorzichtige behuizing alsook in bijzondere mate voor Power-LED's. Bij witte, blauwe, violette en ultraviolette LED's geeft de schijnbare helderheid een verkeerde indruk van het werkelijke gevaar voor de ogen. Wees vooral voorzichtig bij gebruik van verzamellensen. Gebruik de LED's zoals in deze handleiding beschreven, maar nooit met grotere stromen!

© 2015 Franzis Verlag GmbH, Richard-Reitzner-Allee 2, 85540 Haar

Alle rechten voorbehouden, ook die van fotomechanische druk en opgeslagen op elektronische media. Het maken en verspreiden van kopieën op papier, gegevensdragers of op het internet, vooral als pdf-bestand, is alleen toegestaan met uitdrukkelijke toestemming van de uitgever. Het niet in acht nemen kan strafrechtelijk vervolgd worden.

De genoemde productbenamingen van hard- en software zijn in de meeste gevallen geregistreerde handelsmerken en vallen als zulke onder de wettelijke bepalingen.

De uitgever neemt bij de productbenamingen hoofdzakelijk de schrijfwijze van de producent over.