

# *Elektronica voor Dummies*

2e editie

**Cathleen Shamieh  
Gordon McComb**



**BBNC**  
uitgevers

Amersfoort, 2016

# Inhoud in vogelvlucht

.....

Over de auteurs .....	xvii
Dankwoord .....	xix
<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
<b>Deel I: De basisbeginselen van elektronica .....</b>	<b>7</b>
Hoofdstuk 1: Wat is elektronica en wat kun je ermee? .....	9
Hoofdstuk 2: Elektriciteit sturen om iets te laten gebeuren .....	19
Hoofdstuk 3: Weerstand overwinnen .....	39
Hoofdstuk 4: Benut je capaciteiten: condensatoren .....	65
Hoofdstuk 5: Goede trillingen: spoelen en kristallen .....	93
Hoofdstuk 6: De wijde wereld van de halfgeleiders .....	113
Hoofdstuk 7: Componenten combineren in geïntegreerde schakelingen .....	145
Hoofdstuk 8: Een bonte verzameling componenten .....	169
<b>Deel II: Een goed begin... .....</b>	<b>191</b>
Hoofdstuk 9: Veilig aan de slag .....	193
Hoofdstuk 10: Schema's lezen .....	219
Hoofdstuk 11: Circuits opbouwen .....	239
Hoofdstuk 12: Circuits doormeten .....	257
Hoofdstuk 13: Logische probes en oscilloscopen .....	279
<b>Deel III: De theorie in de praktijk brengen .....</b>	<b>299</b>
Hoofdstuk 14: Enkele eenvoudige leerprojecten .....	301
Hoofdstuk 15: Leuke projecten die in een halfuur klaar zijn .....	325
<b>Deel IV: Het deel van de tientallen .....</b>	<b>349</b>
Hoofdstuk 16: Tien tips voor succes .....	351
Hoofdstuk 17: Tien leveranciers van componenten .....	359
Bijlage A: Informatiebronnen op internet .....	365
Bijlage B: Inhoud van het Voor Dummies-pakket .....	371
Verklarende woordenlijst .....	375
<b>Index .....</b>	<b>385</b>

# Inleiding

---

**B**en je ook zo nieuwsgierig naar hoe jouw iPod nu eigenlijk werkt? Of je mobieltje, de laptop, de stereo, de digitale camera, jouw grote lcd-tv, of eigenlijk ieder elektronisch apparaat dat je maar kunt verzinnen?

Misschien heb je al wel eens gehoord van transistors, condensators en andere elektronische bouwstenen, maar wil je zelf ervaren hoe die dingen nu eigenlijk werken.

Wat je ook van elektronica wilt weten, deze tweede editie van *Elektronica voor Dummies* geeft je de beste start in de fascinerende wereld van de moderne elektronica. Dit is geen slaapverwekkende pil met honderden pagina's droge, bijna onbegrijpelijke theorie, maar een vlot leesbare gids, die je niet alleen in simpele woorden uitlegt hoe elektronica werkt, maar je ook verleidt om zelf te gaan experimenteren, en vaak zelfs helpt om kapotte apparaten te repareren.

## *Waarom je juist dit boek moet hebben*

Elektronica lijkt voor veel mensen op magie, omdat het hierbij draait om een onzichtbare, vaak gevaarlijke kracht: elektriciteit. Mensen worden van jongs af aan gewaarschuwd voor elektriciteit, en bepaald niet gestimuleerd om er mee te gaan experimenteren. Toch is ons moderne leven letterlijk vergeven van de elektronische gadgets en apparaten, en is het eigenlijk maar raar dat zo weinig mensen begrijpen hoe zulke kleine apparaten zo veel kunnen.

Dit boek probeert elektronica uit te leggen op een manier die aansluit bij jouw dagelijkse wereld. We leggen in simpele woorden uit wat elektronica is, uit welke bouwstenen elektronische apparaten zijn opgebouwd en hoe deze bouwstenen werken. Gewapend met deze kennis kun je zelf allerlei elektronische schakelingen en projecten opbouwen. Helaas is het onmogelijk om in dit boek antwoord te geven op alle denkbare vragen die je zou kunnen hebben over elektronica; het is vooral onze bedoeling om je de nodige basiskennis en gevoel voor de materie bij te brengen.

We hopen dat je na het lezen van dit boek inziet dat elektronica lang niet zo ingewikkeld is als het lijkt, en dat het gevoel van ongrijpbare magie plaats maakt voor begrip en zelfvertrouwen in het omgaan met de fascinerende wereld van de elektronica.

## *Waarom elektronica zo belangrijk is*

Elektronica is overal om ons heen, en je gebruikt het vrijwel zeker meerdere keren per dag, onder andere voor communicatie, vermaak, en werk. Elektronica zorgt ervoor dat je veilig kunt slapen, in de zekerheid dat je wordt gewaarschuwd bij onraad – of gewoon wanneer het tijd is om op te staan. Elektronica vormt het hart van internet, verkeerslichten en vliegtuigen. Je vindt elektronica in medische apparaten, maar ook in allerlei speelgoed. Het is bijna onvoorstelbaar hoe de wereld er zonder elektronica uit zou zien!

De vraag is natuurlijk wat dit boek te maken heeft met al deze geavanceerde elektronische apparaten en toepassingen. Je moet niet verwachten dat je na het lezen van dit *Voor Dummies*-boek bijvoorbeeld een complete satellietontvanger kunt ontwerpen en bouwen. Toch is er een overeenkomst tussen satellietontvangers en de eenvoudige projecten in dit boek: zelfs de ingewikkeldste apparaten bestaan in principe uit dezelfde onderdelen als simpele circuits, en deze onderdelen werken ook volgens dezelfde regels. En de mensen die al die ingewikkelde elektronische apparaten ontwerpen, zijn ook ooit begonnen met een draadje, een batterijtje en een lampje.

Maak ook niet de vergissing om te denken dat simpele dingen niet nuttig of interessant kunnen zijn. Zo kun je met slechts een paar onderdelen al iets maken wat op het gewenste moment een lichtje laat branden, waarschuwt voor indringers of dingen in beweging zet. Ook bestaan er allerlei zogenoemde geïntegreerde schakelingen oftewel IC's, waar een complete schakeling is ingebouwd. Hiermee kun je op een heel simpele manier ingewikkelde dingen laten gebeuren.

Vooral de stormachtige en onophoudelijke ontwikkeling van IC's is verantwoordelijk voor de moderne wereld om ons heen. Doordat er tegenwoordig talloze miljoenen onderdelen in een klein blokje kunnen worden samengebouwd, kunnen gadgets worden gemaakt die bijna alles doen wat je maar kunt verzinnen. Sommige van deze geavanceerde elektronische bouwstenen zijn ook voor de *Voor Dummies*-lezer bruikbaar; met wat tijd, moeite en bereidheid om te experimenteren kun je bijvoorbeeld een robot bouwen die met de kat speelt, of een systeem dat de verlichting in jouw huis bedient.

Misschien heb je al een hobby die goed te combineren is met elektronica. Wanneer je bijvoorbeeld een modelspoorbaan hebt, kun je elektronica gebruiken om de treinen, de wissels en de verlichting te besturen. Liefhebbers van radiografisch bestuurde auto's, boten of vliegtuigen kunnen extra elektronica in hun voertuigen inbouwen om ze nog realistischer te maken, of om de prestaties te verbeteren.

Het belangrijkste van alles is echter dat elektronica gewoon ontzettend leuk kan zijn. Het geeft enorm veel voldoening om te doorgronden hoe dingen werken, en om zelf werkende dingen te bouwen.

## *Wat we aannemen*

We nemen in dit boek aan dat je nieuwsgierig bent naar elektronica, maar niet of nauwelijks weet hoe het werkt. Aangezien je dit boek hebt gekozen, en niet een boek met alleen maar schakelingen en bouwprojecten, gaan we er ook van uit dat je niet alleen maar dingen wilt nabouwen, maar ook wilt weten hoe onderdelen zoals weerstanden, condensatoren en transistoren nu eigenlijk werken. Dit alles wordt in dit boek uitgelegd, waarbij we ons best doen om de toch wel wat technische informatie op een eenvoudige en begrijpelijke manier te presenteren. Je hoeft geen rekenwonder of een kei in natuurkunde te zijn, maar een beetje basiskennis van wiskunde op het niveau van de middelbare school is wel nuttig. Overigens zullen we je geheugen op dit gebied opfrissen als dat nodig is.

Verder gaan we ervan uit dat je dit boek niet van begin tot einde wilt doorlezen, maar dingen wilt kunnen opzoeken die je interessant lijken. Dit boek bevat daarom allerlei verwijzingen naar eerdere en volgende hoofdstukken. Zo is de eerste helft van dit boek gewijd aan uitleg over de werking van elektronische onderdelen, echter met verwijzingen naar leerzame projecten die in de tweede helft te vinden zijn en vice versa. Op deze manier kun je de nieuwe kennis meteen in de praktijk brengen, of juist opzoeken hoe een circuit dat je hebt gebouwd nu eigenlijk werkt (of, wat ook vaak zal gebeuren, waarom het nog niet werkt).

De inhoudsopgave vóór in dit boek is een prima plaats om te beginnen als je iets wilt opzoeken. De verklarende woordenlijst achterin is handig als je wilt opzoeken wat een bepaalde term ook alweer betekent, en via de index vind je meteen de bladzijde met de informatie die je over een bepaald onderwerp zoekt.

## *Veiligheid vóór alles*

Het lezen van dit boek is een behoorlijk veilige bezigheid; hooguit krijg je hoofdpijn als je een hele dag achtereen doorleest, en in het allergenste geval kun je een papiersnee oplopen. Het werken met elektronica zelf is echter een heel ander verhaal. Je kunt je gemeen branden aan een hete soldeerbout, er kunnen stukjes metaal in je ogen vliegen bij het knippen van draden, en wanneer je met wat hogere spanningen werkt, kun je pijnlijke of zelfs levensgevaarlijke schokken oplopen.

Veiligheid is daarom van het grootste belang in elektronica. Sterker nog: het is zo belangrijk, dat we een groot deel van hoofdstuk 9 aan dit onderwerp gewijd hebben, en in de andere hoofdstukken regelmatig naar dit hoofdstuk verwijzen. Zorg ervoor dat je dit hoofdstuk leest, zeker als dit boek je eerste kennismaking met elektronica is – maar sla het ook niet over als je denkt dat je alles al weet over veiligheid van elektriciteit. Zelfs wanneer je al ervaring met elektronica hebt opgedaan, kan het beslist geen kwaad om je kennis op het gebied van veilig werken weer eens op te

frissen. Wanneer je je houdt aan een paar basisregels, is elektronica een veilige hobby. Zorg ervoor dat dit zo blijft!



We proberen je zo veel mogelijk te waarschuwen wanneer de dingen gevaarlijk (kunnen) worden, maar we kunnen niet iedere situatie voorzien, en ook niet voor ieder klein risico gaan waarschuwen – we zouden dan niet meer toekomen aan de elektronica zelf. Gebruik daarom ook je eigen gezonde verstand, lees veiligheidsaanwijzingen bij gereedschappen en onderdelen, en zorg ervoor dat je altijd alert blijft op mogelijk gevaarlijke situaties.

## *De opbouw van dit boek*

*Elektronica voor Dummies* is zo opgebouwd dat je de dingen die je zoekt vlot kunt terugvinden. Bovendien hebben we er rekening mee gehouden dat je misschien al wat basiskennis van elektronica hebt, zodat je bepaalde hoofdstukken rustig kunt overslaan zonder belangrijke informatie te missen.

We hebben de hoofdstukken ondergebracht in de volgende overkoepelende delen.

### *Deel I: De basisbeginselen van de elektronica*

In dit eerste deel vind je uitgebreide uitleg over de basis van elektronica, met in hoofdstuk 1 een overzicht van wat elektronica nu eigenlijk is, en wat er allemaal mee mogelijk is. Hoofdstuk 2 vertelt je wat het verschil is tussen spanning en stroom, en welke bronnen van elektrische energie er zoal zijn. In de hoofdstukken 3 tot en met 6 maak je kennis met eenvoudige elektronische onderdelen, zoals weerstanden, condensatoren, spoelen, transformatoren, dioden en transistoren. We leggen uit hoe deze componenten werken, hoe je ze aansluit en welke rol ze spelen in elektronische apparaten. Hoofdstuk 7 legt uit wat geïntegreerde schakelingen (IC's) zijn, wat het verschil is tussen analoge en digitale schakelingen, en hoe enkele klassiekers onder de IC's werken. Hoofdstuk 8 is gewijd aan de diverse andere onderdelen en materialen die onmisbaar zijn in de elektronica, zoals draad, schakelaars en connectoren, maar ook speciale onderdelen zoals luidsprekers en zoemers. In deel I vind je bij de uitleg over de verschillende componenten ook telkens verwijzingen naar simpele zelfbouwschakelingen in deel III, waarin deze componenten worden gebruikt.

### *Deel II: Aan de slag*

In deel II gaan we in op allerlei dingen die je moet hebben en weten voordat je iets kunt gaan bouwen. Zo lees je in hoofdstuk 9 wat je zoal nodig hebt aan gereedschap en basiscomponenten, en hoe je veilig werkt. Hoofdstuk 10 gaat in op elektronische schema's, die je vertellen

hoe de verschillende onderdelen op elkaar aangesloten moeten worden. In hoofdstuk 11 vertellen we welke manieren er zijn om schakelingen tijdelijk en permanent op te bouwen; in dit hoofdstuk brengen we je ook de kunst van het solderen bij. In de hoofdstukken 12 en 13 leggen we de werking uit van de drie belangrijkste elektronische meetinstrumenten: de multimeter, de logische probe en de oscilloscoop.

## ***Deel III: De theorie in praktijk brengen***

Deel III is de plaats waar het echte werk gebeurt. In hoofdstuk 14 bouw je enkele simpele circuits die de principes van de elektronica laten zien, en waarmee je kunt nagaan of een bepaalde component ook inderdaad werkt zoals het hoort. Ga naar dit hoofdstuk als je de theorie aan de praktijk wilt toetsen, of wanneer je ervaring wilt opdoen met het bouwen van eenvoudige schakelingen. Mocht je toe zijn aan wat zwaardere kost, dan kun je je hart ophalen in hoofdstuk 15. In dit hoofdstuk vind je wat ingewikkeldere projecten, die je misschien zelf wel nuttig kunt inzetten in je huis of kantoor.

## ***Deel IV: Het deel van de tientallen***

Zoals je gewend bent van een *Voor Dummies*-boek vind je in het deel van de tientallen allerlei toptienlijstjes met extra informatie en tips over elektronica. In hoofdstuk 16 vind je meer informatie over bouwpakketten die in de handel verkrijgbaar zijn, simulatiesoftware en suggesties voor de uitbreiding van je arsenaal meetapparatuur. Hoofdstuk 17 geeft een overzicht van bekende en betrouwbare elektronicaleveranciers.

## ***De pictogrammen in dit boek***

We kunnen dit boek nu eenmaal niet leveren met bladwijzers en memo-velletjes om allerlei essentiële zaken te markeren, en daarom gebruiken we enkele pictogrammen om je aandacht te vestigen op bepaalde belangrijke dingen.



De informatie bij dit pictogram kan je tijd, moeite en/of geld besparen, en het werken met elektronica nog leuker maken dan het al is.



Elektronica is meestal een erg veilige hobby, maar toch zul je zo nu en dan in situaties belanden die gevaarlijk zijn voor jezelf of jouw spullen. Let daarom extra op wanneer je dit pictogram tegenkomt, want het kan je een hoop ellende besparen, en misschien zelfs je leven redden.



Wanneer je dit pictogram ziet, ben je gestuit op informatie die je beslist moet onthouden bij jouw verkenning van de wereld der elektronica. We gebruiken dit pictogram ook wanneer we een nieuw begrip introduceren; op deze manier kun je deze belangrijke informatie vlot terugvinden.



Nu is dit boek natuurlijk al compleet gewijd aan een technisch onderwerp, maar sommige dingen zijn toch nog wat technischer dan andere. Dit pictogram signaleert extra informatie voor wie het interesseert. Mocht je echter geen zin hebben om je hersens te pijnigen met ingewikkelde dingen, dan kun je deze stukken ook gerust overslaan.



## Hoofdstuk 1

# Wat is elektronica en wat kun je ermee?

.....

### *In dit hoofdstuk:*

- ▶ Wat elektrische stroom precies is
  - ▶ De kracht van elektronen
  - ▶ Hoe je elektronen in goede banen (ge)leidt
  - ▶ Circuits: een kwestie van de eindjes aan elkaar knopen
  - ▶ Elektronen temmen met componenten
  - ▶ Elektrische energie toevoeren aan van alles en nog wat
- .....

Zoals de meeste mensen heb je waarschijnlijk wel een vaag idee van wat elektronica inhoudt. Je hebt zo goed als zeker wel ervaring met complete apparaten en gadgets, zoals computers, mp3-spelers, digitale camera's, tv's en radio's. Wat er binnenin gebeurt, is echter minder bekend; voor de meeste consumenten is het voldoende dat al deze spullen op bijna magische wijze reageren op knopjes en zelfs lichte aanraking, en doen wat ervan verwacht wordt.

Misschien weet je al wel dat er in ieder apparaat talloze onderdelen zitten die op precies de juiste manier verbonden zijn, en er zo voor zorgen dat er iets nuttigs gebeurt. En nu wil jij weten *hoe* dit gebeurt.

In dit hoofdstuk lees je dat elektronen die gezamenlijk bewegen een elektrische stroom opleveren, en dat het besturen van elektrische stroom de basis is van alle elektronica. We leggen uit wat elektrische stroom precies is, en hoe je ervoor zorgt dat de stroom ook blijft stromen. Als laatste geven we een overzicht van enkele dingen die je met elektronica kunt doen.

## *Wat is elektronica nu eigenlijk?*

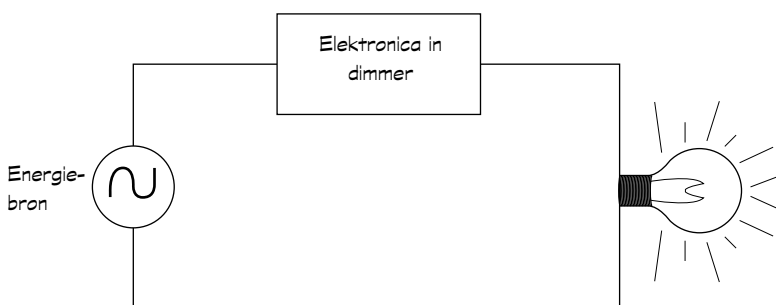
Wanneer je een lichtsakelaar bedient, doe je eigenlijk niets anders dan dat je een *circuit* sluit. Dit circuit wordt gevormd door een bron van elektrische energie (simpel gezegd: de elektriciteitsmaatschappij), draden en een lamp. Wanneer de schakelaar op 'aan' staat, is het circuit gesloten en kan er een elektrische stroom door de lamp lopen. Zo'n circuit met alleen

een bron, een schakelaar en een lamp is een *elektrische* schakeling, die weinig anders kan dan elektrische energie van de bron naar de lamp doorlaten of tegenhouden, afhankelijk van de stand van de schakelaar.

Bij een *elektronische* schakeling gebeurt meer, en wordt de elektrische stroom op een bepaalde manier geregeld. Een dimmer is een voorbeeld van een elektronische schakeling, omdat dit apparaat kan regelen hoeveel stroom aan de lamp wordt doorgegeven (zie figuur 1.1).

Voordat we verder ingaan op de manier waarop elektronica stroom kan regelen, moeten we eerst uitleggen wat stroom precies is, en hoe je met stroom een lamp laat branden.

**Figuur 1.1:**  
De dimmer  
in dit circuit  
regelt de  
hoeveelheid  
stroom die  
de lamp  
krijgt



## Met de stroom meegaan

Wanneer mensen het hebben over ‘elektriciteit’, gaat het meestal over elektrische stroom (zie de kadertekst ‘Wat is elektriciteit?’). *Elektrische stroom* is de beweging van piepkleine elektrisch geladen deeltjes die *elektronen* worden genoemd. Maar waar vind je die elektronen nu eigenlijk, en hoe krijg je ze in beweging? Om die vragen te beantwoorden, moeten we het hebben over atomen.

## Elektronen en lading

*Atomen* zijn de bouwstenen van alles wat er bestaat, of het nu door mensen gemaakt is of niet. Atomen zijn zo klein, dat één klein stofdeeltje al uit talloze miljoenen atomen bestaat. Nu mogen atomen al klein zijn, ze bestaan zelf weer uit nog kleinere deeltjes: elektronen, protonen en neutronen. De elektronen zijn deeltjes met een negatieve lading, terwijl protonen juist een positieve lading hebben; neutronen hebben geen lading. De protonen en neutronen zitten samen in de *kern* van een atoom; de elektronen zweven hier in een wolk omheen aan de buitenkant van het atoom.



*Elektrische lading* is een eigenschap die bepaalde deeltjes zoals elektronen en protonen hebben, en beschrijft hoe deze deeltjes op elkaar reageren. Er zijn twee soorten elektrische lading, met de enigszins willekeurig gekozen namen ‘positief’ en ‘negatief’ (men had net zo goed ‘noord’ en

## Wat is elektriciteit?

De simpele vraag 'wat is elektriciteit' kent helaas geen simpel, eenduidig antwoord, en leidt zelfs onder wetenschappers nog tot verwarring en tegenstrijdigheden. Algemeen kun je echter zeggen dat elektriciteit beschrijft hoe bepaalde natuurkundige deeltjes op elkaar reageren wanneer ze bij elkaar in de buurt zijn. Om een beter beeld te krijgen van wat elektriciteit inhoudt, geven we hier enkele begrippen die met elektriciteit te maken hebben:

✓ **Elektrische lading.** Dit is een fundamentele eigenschap van deeltjes die bepaalt hoe ze op elkaar reageren. Lading is er in twee smaken: positief en negatief. Deeltjes met dezelfde lading stoten elkaar af, terwijl deeltjes met tegengestelde lading elkaar aantrekken.

✓ **Elektrische energie.** Dit is een vorm van energie die voortkomt uit het gedrag van elektrisch geladen deeltjes. Dit is ook waarvoor je de maandelijkse elektriciteitsrekening betaalt.

✓ **Elektrische stroom.** Dit is niets anders dan de beweging van elektrisch geladen deeltjes. In dit hoofdstuk gaan we uitgebreid in op elektrische stroom.

Simpel gezegd kun je het woord 'electriciteit' prima gebruiken als je met collega's een praatje maakt over je nieuwe beeldscherm of wasmachine. In de wetenschap moet alles echter zo nauwkeurig mogelijk gedefinieerd zijn en wordt dit woord amper gebruikt; hier gebruikt men dan altijd begrippen zoals stroom, spanning, vermogen enzovoort.

'zuid' of desnoods 'Peppie' en 'Kokkie' kunnen kiezen, maar die namen waren al bezet). De manier waarop deze deeltjes op elkaar reageren, is heel simpel: deeltjes met dezelfde lading stoten elkaar af, deeltjes met tegengestelde lading trekken elkaar aan. Dit betekent dus dat elektronen en protonen elkaar aantrekken.

In het ideale geval bevat een atoom evenveel elektronen als protonen, zodat er per saldo geen positieve of negatieve lading overblijft en het atoom *elektrisch neutraal* wordt genoemd. De aantrekkingskracht tussen positieve en negatieve lading zorgt ervoor dat de protonen en elektronen van een atoom bij elkaar blijven. De elektronen die dicht bij de kern (en dus dicht bij de protonen) zitten, worden sterker aangetrokken door de protonen dan de elektronen die meer aan de buitenkant zitten. Bij allerlei soorten atomen kunnen deze buitenste elektronen dan ook van het ene naar het andere atoom overspringen.

## Leiding geven aan elektronen

In materialen zoals plastic houden de atomen ook de buitenste elektronen stevig bij zich, zodat deze nauwelijks naar een ander atoom kunnen overspringen. Dit betekent dat de elektronen niet door het materiaal kunnen bewegen, en er dus ook geen stroom kan lopen. Deze materialen worden *isolators* genoemd. In materialen zoals koper en andere metalen kunnen de elektronen juist heel erg gemakkelijk van het ene naar het andere atoom overspringen. Deze materialen worden *geleiders* genoemd.