



**elektor** DIGITALE **BONUS**  
design > share > earn EDITIE

689B  
SINDS 1961

# CIRCUIT SPECIAL 2024

ontwerpideeën, tips en trucs

**7** extra  
schakelingen  
& projecten

Board voor eenvoudige microcontrollerprojecten

Muziekdoosje

PIR-schakelaar

Traagheidsschakelaar voor waarschuwingslichten

Eenvoudige analoge thermostaat

Verzwakker met automatische bereikinstelling

Owon XDM1141 tafelmultimeter

Elektor infographics: schakelingen ontwerpen

Q&A: Natasha Baker van SnapMagic

Knoopelschakelaar met ESP32-C2

Arduino Plug and Make Kit

# Word lid van de Elektor Community



Neem **nu** een  
lidmaatschap!



- ✓ Toegang tot het compleet web-archief t/m 1960!
- ✓ 8x Elektor Magazine (Print)
- ✓ 8x digitaal (PDF)
- ✓ 10% korting in de Elektor Store, en exclusieve aanbiedingen
- ✓ Toegang tot meer dan 5000 Gerberfiles



Ook verkrijgbaar

Het digitale  
lidmaatschap!



- ✓ Toegang tot het compleet web-archief
- ✓ 10% korting in de Elektor Store
- ✓ 8x Elektor Magazine (PDF)
- ✓ Toegang tot meer dan 5000 Gerberfiles



[www.elektormagazine.nl/abo](http://www.elektormagazine.nl/abo)

64<sup>e</sup> jaargang nr. 689B  
Circuit Special 2024 Bonus Edition

Elektor verschijnt acht keer per jaar  
en is een uitgave van

**Elektor International Media B.V.**  
Postbus 11, 6114 ZG Susteren (Nederland)  
Tel.: +31 (0)46 4389444

[www.elektor.nl](http://www.elektor.nl) | [www.elektormagazine.nl](http://www.elektormagazine.nl)

**Voor al uw vragen:** [service@elektor.nl](mailto:service@elektor.nl)

**Lid worden:** [www.elektormagazine.nl/abo](http://www.elektormagazine.nl/abo)

#### Advertenties

Raoul Morreau  
Tel. +31 (0)6 4403 9907 -  
[raoul.morreau@elektor.com](mailto:raoul.morreau@elektor.com)  
[www.elektormagazine.nl/adverteren](http://www.elektormagazine.nl/adverteren)

#### Auteursrecht

© Elektor International Media B.V. - 2024

Niets uit deze uitgave mag verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De auteursrechtelijke bescherming van Elektor strekt zich mede uit tot de illustraties met inbegrip van de printed circuits, evenals de ontwerpen daarvoor. In verband met artikel 30 van de Rijksoctrooiwet mogen de in Elektor opgenomen schakelingen slechts voor particuliere of wetenschappelijke doeleinden vervaardigd worden en niet in of voor een bedrijf. Het toepassen van de schakelingen geschiedt buiten de verantwoordelijkheid van de uitgever. De uitgever is niet verplicht ongevraagd ingezonden bijdragen, die hij niet voor publicatie aanvaardt, terug te zenden. Indien de uitgever een ingezonden bijdrage voor publicatie aanvaardt, is hij gerechtigd deze op zijn kosten te (doen) bewerken. De uitgever is tevens gerechtigd een bijdrage te (doen) vertalen en voor haar andere uitgaven en activiteiten te gebruiken tegen de daarvoor bij de uitgever gebruikelijke vergoeding.



# BONUS: SCHAKELINGEN EN MEER!



Met veel plezier presenteer ik deze bonuseditie van de Elektor Circuit Special 2024. Deze staat vol extra projecten en tutorials voor elektronica-liefhebbers op elk niveau. Of u nu een professionele engineer bent, een weekend-DHZ-maker of een nieuwsgierige student elektronica/elektrotechniek, deze uitgave is bedoeld om u de komende tijd te inspireren en uit te dagen. In deze bonuseditie treft u verschillende spannende projecten aan: een handige PIR-schakelaar, een creatieve analoge thermostaat, een muziekdosje op basis van een ATtiny85, een verzwakker met automatische bereikinstelling en nog veel meer. Klaar om u erin te storten?

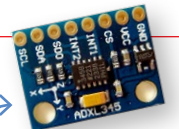
Maar dat is nog niet alles! We hebben ook een uitgebreid interview met Natasha Baker van SnapMagic, slimme technische tips en nuttige productbesprekingen.

Ons doel is om u praktische kennis en creatieve ideeën aan te reiken, zodat u uw passie voor DHZ-elektronica kunt voeden. Dus pak uw gereedschap, maak wat ruimte op uw elektronica-werkbank en ga aan de slag met de bonus-editie. En als u eenmaal met uw eigen projecten aan de slag gaat, deel dan uw vorderingen op het Elektor Labs-platform!

C. J. Abate (Content Director, Elektor)

## IN DIT NUMMER

- 3 Voorwoord**
- 4 Traagheidsschakelaar voor waarschuwingslichten**  
activeer de knipperlichten van uw auto bij hard remmen
- 8 PIR-schakelaar**  
infraroodgevoelige naderingsschakelaar
- 12 Board voor eenvoudige microcontrollerprojecten**
- 16 Muziekdosje**  
modern maar met vintage uitstraling
- 20 Plug and Make Kit**  
een nieuwe manier om Arduino te 'doen'
- 25 Owon XDM1141 tafelmultimeter**  
veel waar voor je geld
- 28 Verzwakker met automatische bereikinstelling**  
verzwakken voor beginners
- 30 Knoopcel-schakelaar met ESP32-C2**  
hardware-ontwerp en optimalisatie
- 34 Elektor infographic: schakelingen en het ontwerpen daarvan**
- 36 Q&A met Natasha Baker**  
SnapMagic's evolutie en toekomst in AI-gestuurd elektronica-ontwerp
- 40 Eenvoudige analoge thermostaat**  
compact en betrouwbaar met een NTC



De gedrukte editie van de Elektor Circuit Special 2024 is verkrijgbaar aan kiosken en in de Elektor-shop op [elektor.nl/circuit-special-2024-nl](http://elektor.nl/circuit-special-2024-nl)



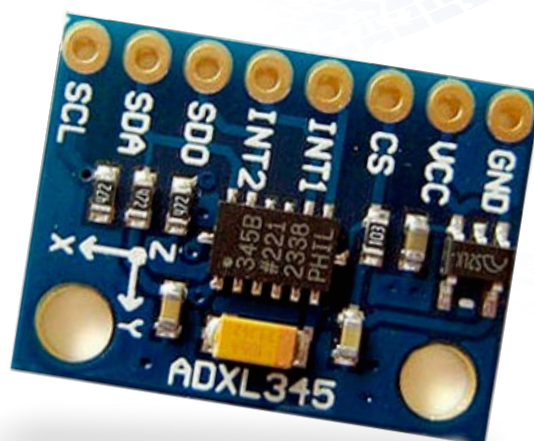


# Traagheidsschakelaar voor waarschuwinglichten

activeer de knipperlichten van uw auto bij hard remmen

Stefano Purchiaroni (Italië)

Het ene moment rijdt u vrolijk rond in uw auto, het andere moet u opeens een noodstop maken: in dat geval zijn oplettendheid en stuurmanskunst van het allergrootste belang en hebt u geen tijd om te zoeken naar de juiste alarmknop op het dashboard om in te drukken! De op een microcontroller gebaseerde traagheidsschakelaar die in dit artikel wordt beschreven, lost dit probleem op elegante wijze op.



Figuur 1. De kleine GY-291-module van de auteur met de ADXL345-versnellingsmeter van Analog Devices.

Met een versnellingsmeter en een microcontroller activeert dit apparaat zowel de linker- als de rechter knipperlichten wanneer een auto plotseling hard remt. Het beschikt ook over een leerfunctie waarbij de gebruiker een grenswaarde voor de remvertraging kan invoeren waarboven de schakeling wordt geactiveerd. Er is een verbinding nodig naar de 12V-voeding en naar de twee voedingskabels naar de richtingaanwijzers.

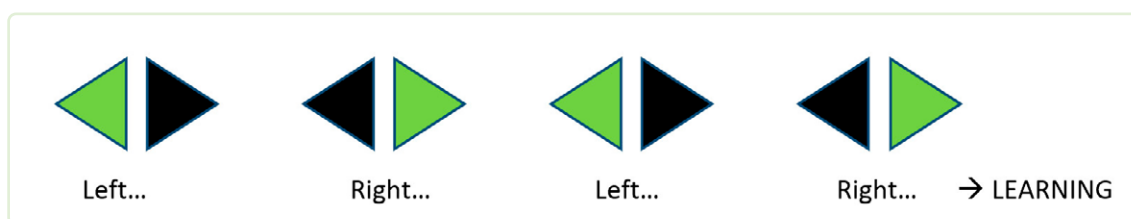
In de jaren '80 en '90 bestonden er soortgelijke schakelingen voor het activeren van de L&R-knipperlichten bij plotseling remmen van de auto; ze waren gebaseerd op een kwikschakelaar die op de juiste manier 'bergopwaarts' was gericht. De MEMS-IC's, die vaak in smartphones worden gebruikt als versnellingsmeter en gyroscoop, worden nu op grote schaal toegepast en zijn goedkoop. De ADXL345 3-assige versnellingsmeter van Analog Devices [1] is niet alleen verkrijgbaar als chip, maar ook in

de vorm van een breakout board zoals in **figuur 1** (GY-291), geproduceerd en gedistribueerd door Chinese bedrijven voor slechts een paar euro.

De aansluitstrip heeft een voedingsingang voor een spanning tussen 3 V en 5,5 V, twee SCL/SDA-datalijnen voor de I<sup>2</sup>C-interface en twee lijnen speciaal voor aanraakmanagement, programmeerbaar voor eenmaal of tweemaal aantikken (in deze toepassing niet gebruikt). In onze applicatie wordt alleen de I<sup>2</sup>C-interface gebruikt om de momentele versnelling langs de X-as te bepalen, waarbij deze wordt verondersteld met de bewegingsrichting van de auto overeen te komen.

De schakeling die op deze pagina's wordt gepresenteerd dwingt beide L&R-lampen te knipperen wanneer de geprogrammeerde remintensiteit wordt overschreden. Alles wordt bestuurd door een PIC12F1822 van Microchip. Om de drempel te programmeren, moet u de leermodus

Figuur 2. De volgorde waarin de LR-richtingaanwijzers moeten worden geschakeld om naar de leermodus te gaan.



activeren door tweemaal snel achter elkaar de linker- en rechter knipperlichten in- en uit te schakelen, zoals geschetst in **figuur 2**.

Als de reeks wordt herkend en binnen een bepaalde tijd wordt uitgevoerd (**FLASHMAX**) wordt de restversnelling **StdAcc**, gelezen bij stilstand, opgeslagen en vervolgens afgetrokken van de daaropvolgende metingen als offset, en worden de richtingaanwijzers continu ingeschakeld totdat er zo sterk wordt geremd als u wilt definiëren als de **MaxAcc**-limiet. Als de vertraging niet binnen een bepaalde tijd plaatsvindt (**MAXLEARNTIM**), wordt de leermodus verlaten – de knipperlichten worden uitgeschakeld en de reeds opgeslagen grenswaarde blijft behouden. Anders wordt de nieuwe gemeten waarde in het geheugen opgeslagen en gebruikt om telkens wanneer wordt geremd te beslissen of de L&R-knipperlichten moeten worden geactiveerd. In **tabel 1** worden de bedrijfsparameters aange-

**Tabel 1. Bedrijfsparameters in de code.**

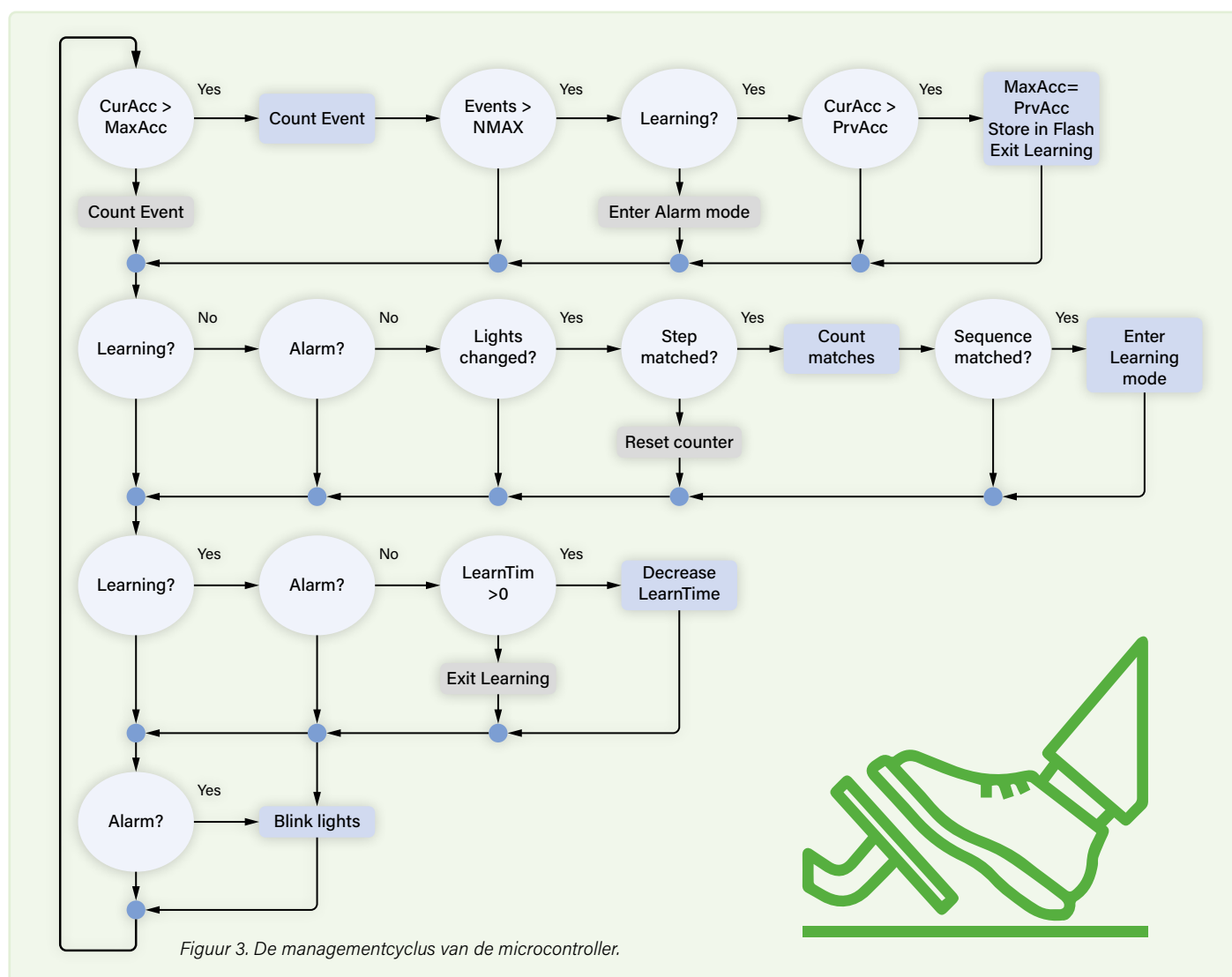
Parameter	Beginwaarde	Betekenis
TIC	50 [ms]	Milliseconden tussen twee opeenvolgende programmacycli
FLASHMAX	2.000 [ms]	Max. tijd om de leermodus te initiëren
MAXLEARNTIM	10.000 [ms]	Max. duur van de leermodus
AMIN	4	Minimale remvertraging die moet worden bereikt tijdens de leerfase
NMAX	1	Max. aantal bevestigingen van het overschrijden van de limiet
TALM	5.000 [ms]	Extra duur alarm na einde overschrijding
TALMCYC	200 [ms]	Duur lamp aan/uit tijdens knipperen

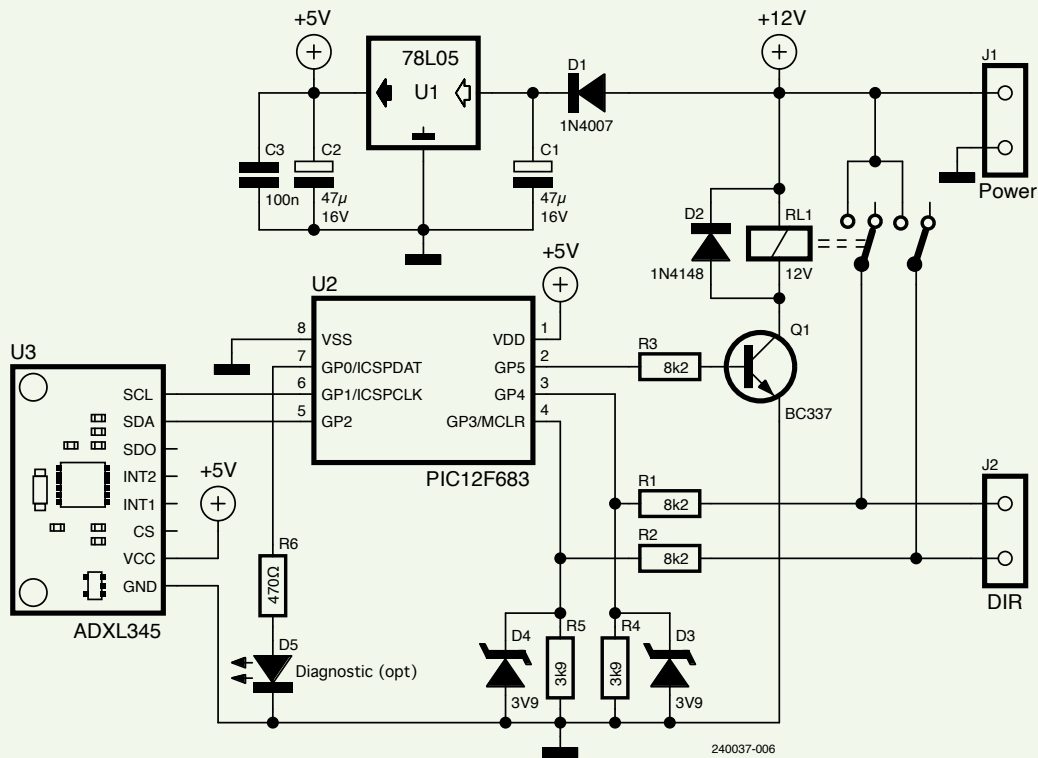
geven die in de code zijn ingesteld, en die in geval van wijziging een hercompilatie nodig maken.

Het stroomdiagram van de processorcyclus, die elke **TIC** milliseconden wordt uitgevoerd, is te zien in **figuur 3**.

### Het schema

De GY-291-module met de geïntegreerde ADXL345-versnellingsopnemer wordt bestuurd door een PIC12F1822-microcontroller van Microchip die er verbinding mee maakt via de beide I<sup>2</sup>C-lijnen (SDA en SCL).





▲ *Figuur 4. Schema van de traagheidsschakelaar.*

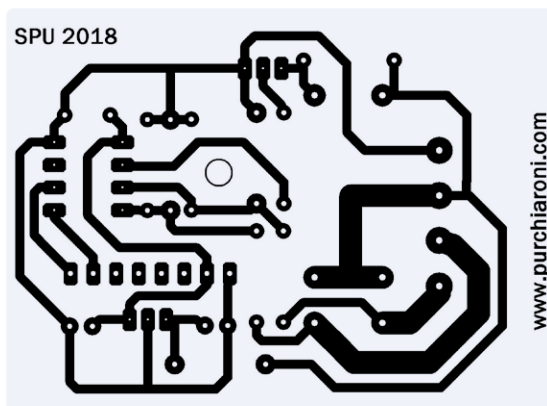
Bovendien detecteert de microcontroller het inschakelen van de knipperlichten, waarvan de spanning wordt verzwakt via weerstandsdelers en verder wordt begrensd door de toevoeging van beschermende zenerdiodes. De uitgang stuurt een voor auto's gecertificeerd relais aan via een NPN-transistor. De beveiligingsdiode over de relaispoel absorbeert de zelfinductie-spanningspieken die ontstaan wanneer de spoel wordt uitgeschakeld. D1 voorkomt schade ten gevolge van een onjuiste aansluiting op de accuspanning.

De zenerdiodes zijn low-power exemplaren. R6 en D5 zijn niet essentieel voor de werking van de schakeling: dit is een diagnostische LED die ik heb gebruikt tijdens de kalibratie. Ze ontbreken daarom op de print die voor schakeling is ontworpen.

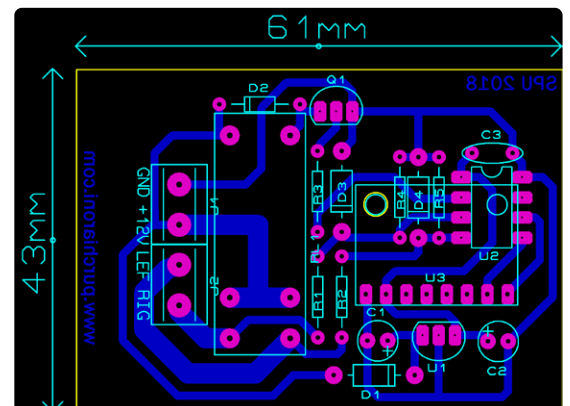
De layout van deze print is te zien in **figuur 5 (links)** en moet worden opgeschaald naar de afmetingen die

zijn aangegeven naast de componentenopstelling van **figuur 5 (rechts)**. Er zijn geen jumpers aanwezig en de print is enkelzijdig.

**Figuur 6** en **figuur 7** tonen respectievelijk een 3D-weergave van de opgebouwde print en de schakeling zoals die tijdens de ontwikkelingsfase op breadboard was opgebouwd. Let op de knoppen en LED's die op het breadboard zijn gemonteerd om de richtingaanwijzers en de bijbehorende bedieningshendel te simuleren. De eerste versie bevredigde mij niet omdat de GY-291-module een beetje wiebelde. Ik heb de layout opnieuw ontworpen om ruimte te maken voor een afstandsbus die tussen D3 en R4 moet worden gemonteerd. Hierdoor wordt het geheel bijzonder stabiel. Na assemblage werd deze mechanisch verbeterde versie (**figuur 8**) ingebouwd in een kleine plastic behuizing en werden de bedrijfsparameters gekalibreerd via verschillende testritten.



▶ *Figuur 5. De enkelzijdige print (links) en de componentenopstelling (rechts).*





## Installatie

Om de schakeling in het voertuig te installeren, moet u vier draden van het elektrische systeem van de auto lokaliseren: +12 V, GND, richtingaanwijzer-L en richtingaanwijzer-R. Deze moeten worden aangesloten op de printkroonstenen op de print. Voer eerst een test uit, waarbij u handmatig +12 V en indicatielampjes aansluit, om te zien of deze oplichten. Normaal gesproken zijn de andere draden (negatief) van de lampen verbonden met massa, maar dit wordt niet toegestaan en een verificatie is altijd de moeite waard. Het is het beste om de schakeling in een laag schokabsorberend polyurethaanschuim te plaatsen om foutieve metingen te voorkomen. Het apparaat moet met de connectorzijde in rijrichting worden gemonteerd, zodat de versnellingswaarde correct kan worden uitgelezen. ◀

240037-03



### Waarschuwing!

Elke wijziging aan het elektrische systeem van een auto kan leiden tot verlies van de garantie en kan (afhankelijk van het land waar u woont) juridische implicaties hebben. Daarom is dit project uitsluitend voor didactische doeleinden bedoeld.

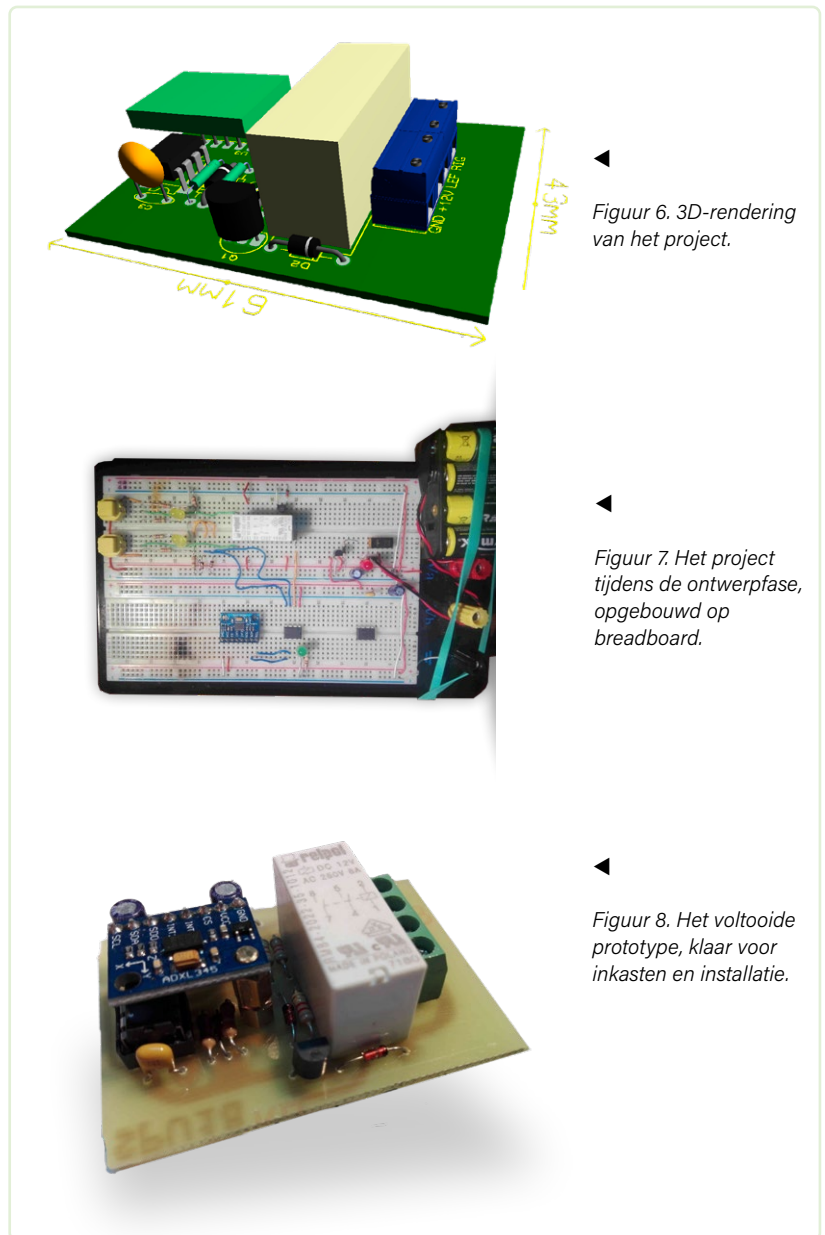


### Over de auteur

Gepassioneerd door elektronica en programmeren, deelt Stefano Purchiaroni zijn werk en projecten in publicaties en biedt hij ook gratis roboticalessen aan voor tieners op een school. Hij is momenteel werkzaam bij Telespazio en werkt in een satellietcentrum nabij de hoofdstad.

### Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via [info@purchiaroni.com](mailto:info@purchiaroni.com) of naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.com](mailto:redactie@elektor.com).



◀ Figuur 6. 3D-rendering van het project.

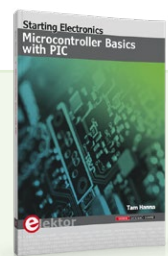
◀ Figuur 7. Het project tijdens de ontwerpfase, opgebouwd op breadboard.

◀ Figuur 8. Het voltooide prototype, klaar voor inkasten en installatie.



### Gerelateerd product

➤ T. Hanna, *Microcontroller Basics with PIC* (Elektor 2020)  
[www.elektor.nl/19188](http://www.elektor.nl/19188)



### WEBLINKS

- [1] ADXL345-datasheet: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>
- [2] Elektor Labs-pagina bij dit artikel: <http://www.elektormagazine.com/labs/hazard-lights-inertial-switch>



# PIR-schakelaar

infraroodgevoelige naderingsschakelaar

Giuseppe La Rosa (Italië)

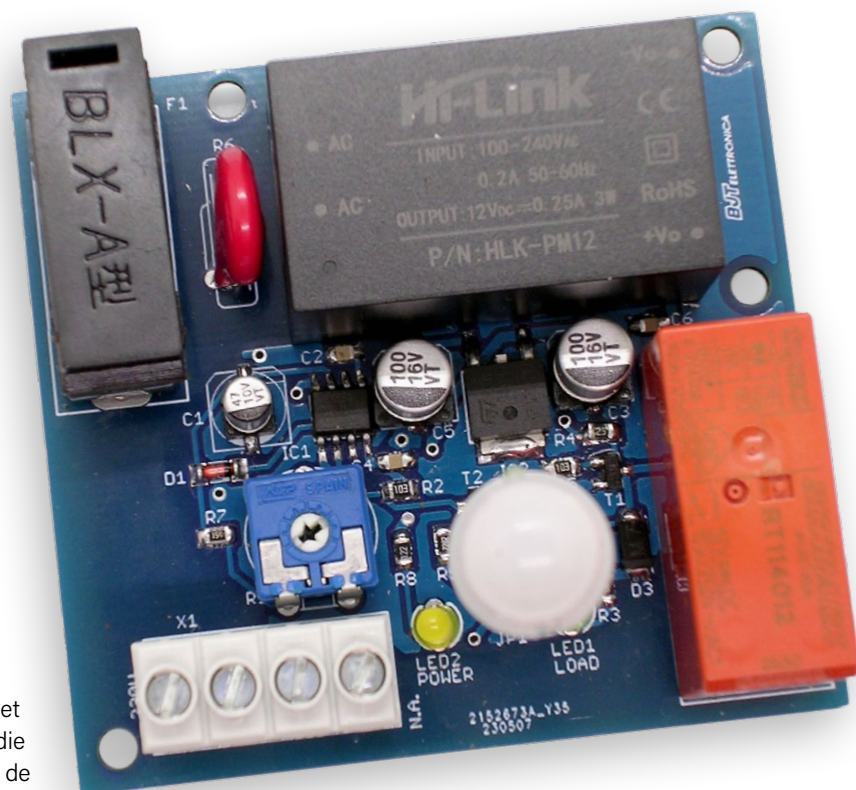
Op zoek naar een naderingsschakelaars voor zelfbouw? Deze PIR-schakelaar kan handig zijn voor het inschakelen van verlichting of andere elektrische apparaten in kelders, garages of openbare plaatsen waar het onmogelijk of onhandig is om een schakelaar op een gemakkelijk bereikbare plaats te installeren.

Deze passief-infrarood-schakelaar (PIR) - in **figuur 1** is het prototype te zien - maakt gebruik van een PIR-sensor die de warmte detecteert die door het menselijk lichaam in de vorm van onzichtbare infrarood-straling wordt afgegeven. De sensor is gemonteerd op een geminiaturiseerde HC-SR505 module, die de besturingselektronica bevat, met een ruststroom van minder dan 50  $\mu\text{A}$ . De detectiehoek bedraagt 100° en het maximale bereik is 5 m. De module heeft een digitale uitgang met een actief hoog-niveau van 3,3 V en een laag niveau van 0 V. In feite is het voldoende om het apparaat op een geschikte plaats te installeren. De schakeling activeert de aangesloten belasting gedurende een tijd die instelbaar is met een trimmer en deactiveert deze aan het einde van het ingestelde interval.

Voor plaatsing in open ruimtes, zoals tuinen of binnenplaatsen, is het voldoende om een schemerschakelaar in serie met het apparaat aan te sluiten om te voorkomen dat het bij daglicht wordt geactiveerd; dat spaart energie. Als het apparaat bijvoorbeeld bij de ingang van een winkel wordt geïnstalleerd, kan het ook als deurbel of nachtalarm werken, waarbij de activeringstijd van de sirene op ongeveer 30 seconden wordt ingesteld.

## De schakeling

Het hart van de schakeling (zie **figuur 2**) wordt gevormd door IC1, een NE555-timer van Texas Instruments, hier geconfigureerd als



Figuur 1. Het prototype.

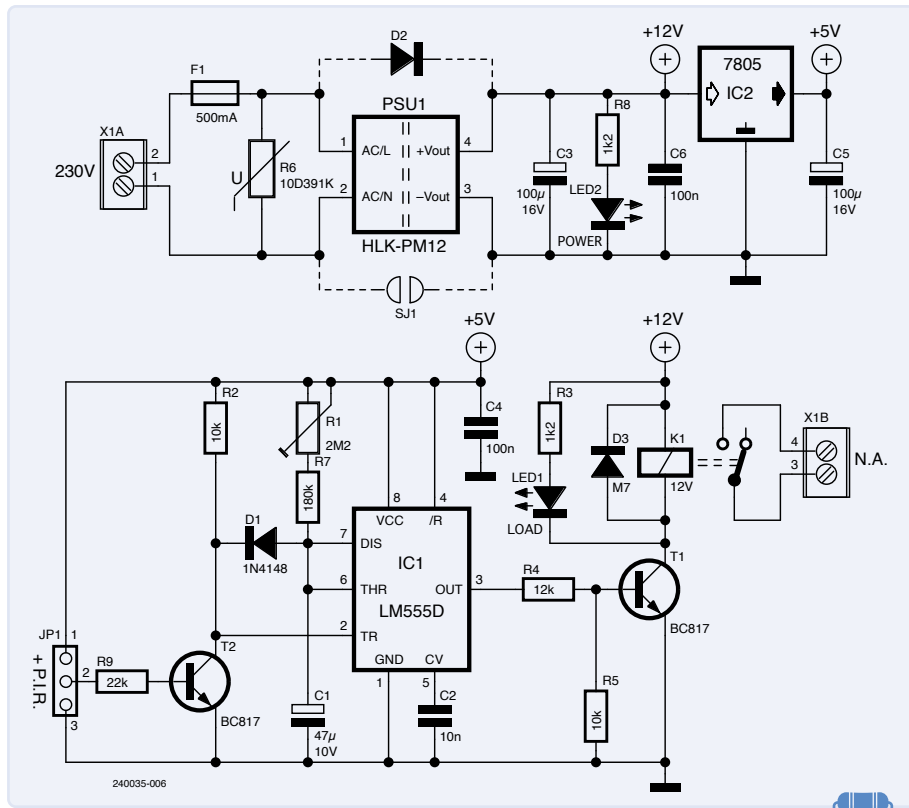
monostabiele multivibrator. Het doel is om de vast ingestelde vertraging van 10 seconden van de PIR-module te verlengen. Wanneer de uitgang van deze module (aangesloten op JP1) hoog wordt, wordt transistor T2 opengestuurd zodat pin 2 van IC1 laag wordt en C1 ontladen blijft via diode D1. De uitgang van de 555, pin 3, die normaal laag is, wordt dan meteen hoog, waardoor T1 in geleiding gaat en relais K1 activeert. Zolang het signaal van de PIR-sensor op JP1 hoog blijft, blijft uitgang pin 3 van IC1 hoog; als de PIR-sensor niet meer actief is, wordt zijn uitgangsspanning op JP1 laag. T2 blokkeert dan, pin 2 van IC1 wordt weer hoog en C1 begint zich op te laden tot de drempelspanning van pin 6 van het IC. Op dat moment - na een tijd die afhangt van de stand van trimmer R1 - wordt pin 3 van IC1 weer laag en wordt K1 gedeactiveerd.

De tijd die C1 nodig heeft om op te laden volgt uit deze formules:

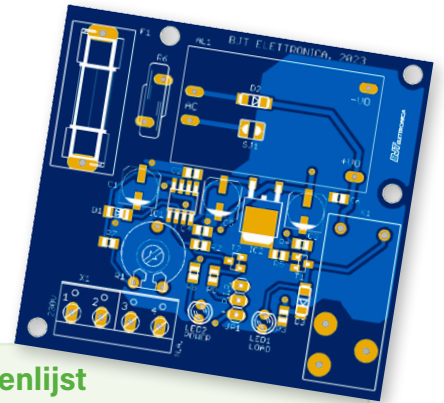
$$T_{\min} [\text{s}] = 0,0011 \times R7 [\text{k}\Omega] \times C1 [\mu\text{F}] = 0,0011 \times 180 \times 47 = 9,3 \text{ s}$$

$$T_{\max} [\text{s}] = 0,0011 \times (R7+R1) \times C1 = 0,0011 \times 2380 \times 47 = 123,046 \text{ s}$$





Figuur 2. Het schema van de PIR-schakelaar.



De eerste formule geeft de minimale tijd, wanneer de trimmer is ingesteld op 0  $\Omega$ , terwijl de tweede formule de maximale tijd geeft wanneer de trimmer is ingesteld op zijn maximum van 2,2 M $\Omega$ .

U ziet dat een interval tussen 9,3 s en ongeveer 2 min mogelijk is. Als u een ander bereik nodig hebt, kan de waarde van R1 – met behoud van de waarden van R7 en C1 die in dit project zijn gebruikt – als volgt worden berekend:

$$R1 \text{ [k}\Omega\text{]} = (T \text{ [s]} / (0,0011 \times C1 \text{ [\mu F]})) - R7 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

De schakeling wordt gevoed door voedingsmodule PSU1 op de print, maar het is ook mogelijk om in plaats daarvan een externe 12V-voeding te gebruiken. In dat geval kunnen PSU1 en varistor R6 worden weggelaten en wordt beveiligingsdiode D2 (type M7) op de print gesoldeerd zoals aangegeven in het schema en wordt jumper SJ1 overbrugd met een klodertje soldeertin.

Regelaar IC2 levert een gestabiliseerde 5 V voor zowel de PIR-sensor op JP1 als IC2. Diode D3 beschermt als vrijlooptiode transistor T1 tegen de negatieve spanningsspieken die worden gegenereerd door de inductieve belasting die de elektromagneet van relais K1 vormt wanneer de stroom wordt uitgeschakeld. LED1 (in serie met R3) geeft de aanwezigheid van de voedingsspanning aan.

### Praktische realisatie en test

Voor de schakeling is een dubbelzijdige print ontworpen; de layout kan als pdf-bestand worden gedownload van [1]. U ziet aan het prototype in figuur 1 dat de meeste componenten van het SMD-type zijn, plus nog enkele through-hole componenten. De componentenopstelling is te zien bij de onderdelenlijst.

Voor het monteren van de onderdelen zijn enkele specifieke gereedschappen en wat handigheid nodig. De soldeerbout moet een dunne spitse stift hebben (voor SMD geschikt) en het vermogen mag niet meer zijn dan 12 W (beter is een soldeerstation voor SMD). De soldeer-

### Onderdelenlijst

#### Weerstanden:

(alle SMD 0805 tenzij anders vermeld):

- R1 = 2M2 instelpotmeter 10 mm
- R2, R5 = 10 k
- R3, R8 = 1k2
- R4 = 12 k
- R6 = 10D39 1k-varistor
- R7 = 180 k
- R9 = 22 k

#### Condensatoren:

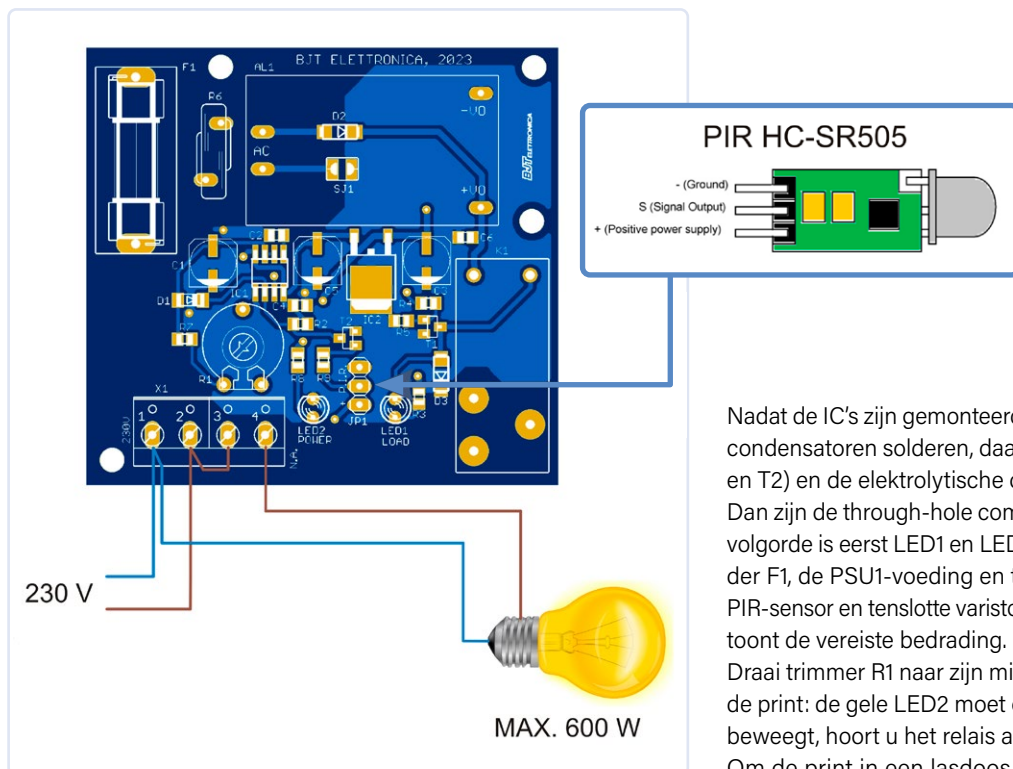
- C1 = 47  $\mu$ /16 V elco (5X5)
- C2 = 10 n (0805)
- C3, C5 = 100  $\mu$ /16 V elco (6X5)
- C4, C6 = 100 n (0805)

#### Halfgeleiders:

- D1 = 1N4148 (MINIMELF)
- D2, D3 = M7-diode
- T1, T2 = BC817
- LED1 = LED geel 3 mm
- LED2 = LED groen 3 mm
- IC1 = LM555D
- IC2 = 7805DT

#### Diversen:

- PSU1 = HLK-PM12 voeding (printmontage)
- PIR-sensormodule = HC-SR505
- K1 = 12V-relais, 12 A, RT114012
- F1 = 500 mA zekering
- X1 = 4-polige printkroonsteen
- SJ1 = soldeerjumper
- Zekeringhouder 5x20 mm, printmontage



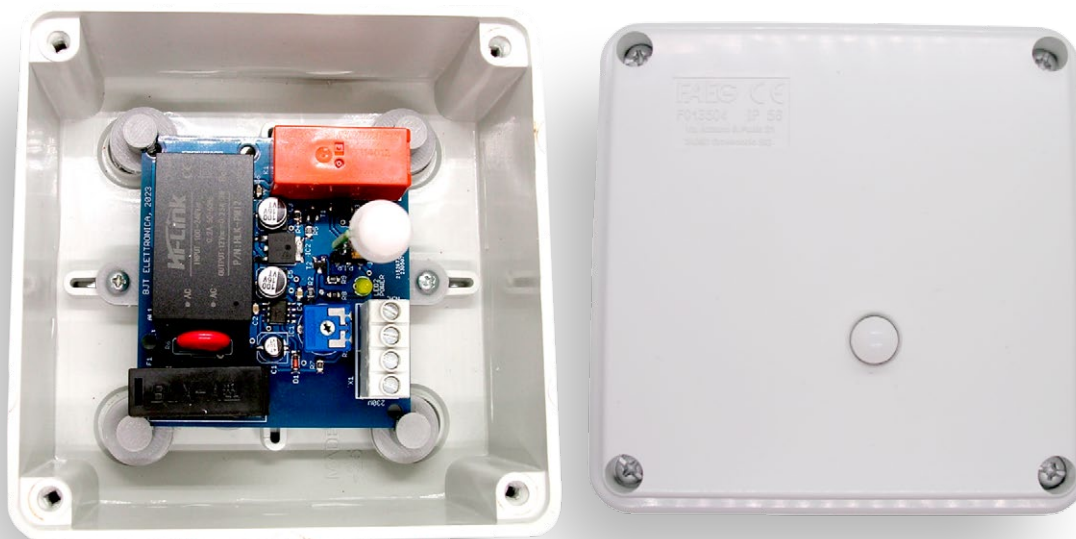
Figuur 3. Bedrading van de PIR-sensorprint.

draad moet 0,5 mm dik zijn en het handmatige oppakken en plaatsen van de kleine componenten moet worden uitgevoerd met het juiste gereedschap, eventueel ook met behulp van een vergrootglas. Aan de componentenzijde van de print plaatst u eerst IC1 en IC2, waarbij u de juiste oriëntatie controleert en pas dan de pinnen soldeert.

Nadat de IC's zijn gemonteerd, kunt u de keramische weerstanden en condensatoren solderen, daarna de diodes, de beide transistoren (T1 en T2) en de elektrolytische condensatoren (C1, C3 en C5). Dan zijn de through-hole componenten aan de beurt. De aanbevolen volgorde is eerst LED1 en LED2, dan printkroonsteen X1, zekeringhouder F1, de PSU1-voeding en tot slot trimmer R1, busstrip JP1 voor de PIR-sensor en tenslotte varistor R6. Hierna kunt u gaan testen. **Figuur 3** toont de vereiste bedrading.

Draai trimmer R1 naar zijn minimumwaarde en sluit spanning aan op de print: de gele LED2 moet oplichten. Als u uw hand voor de sensor beweegt, hoort u het relais aantrekken en moet LED1 oplichten.

Om de print in een lasdoos te installeren, zoals **figuur 4**, is in een 3D-printbare houder ontworpen die in de figuur goed zichtbaar is. Op de projectpagina bij dit artikel [1] kunt u het betreffende STL-bestand downloaden. Twee zelftappende schroeven van 2,9x9,5 mm worden gebruikt om de houder met de print in de lasdoos te bevestigen. Het deksel van de doos moet worden voorzien van een 10mm-opening voor de PIR-sensor (zie figuur 4). Bij het sluiten van de doos steekt de Fresnel-lens van de PIR-sensor door het gat. Als de aansluitingen van de PIR-sensor te kort zijn, kunnen ze worden verlengd met stukjes montage draad.



Figuur 4. De PIR-schakelaar gebruiksklaar in zijn uiteindelijke behuizing.

## Alternatief

Dit project kan natuurlijk ook op gaatjesprint worden opgebouwd als u de SMD-componenten vervangt door hun through-hole equivalenten en het schema van figuur 2 volgt. Een korte video van de werkende schakelaar staat op YouTube [2]. Indien gewenst kan de auteur de print voor dit project leveren. ◀

240035-03



## Over de auteur

Giuseppe La Rosa, van jongs af aan gefascineerd door elektriciteit, studeerde in 2002 af in Elektronica en Telecommunicatie aan het I.T.I.S. "G. Ferraris" in Acireale, Sicilië. Later begon hij microcontroller-systemen te bestuderen, met name PIC-microcontrollers en het Arduino UNO open-source platform. In de loop der jaren heeft hij verschillende prototypes ontworpen, veel waarvan zijn gepubliceerd in elektronictijdschriften. Momenteel houdt hij zich bezig met beveiligingssystemen (videobewaking en inbraakbeveiliging) en software voor verkooppunten.

## Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via [lrgeletronic@hotmail.com](mailto:lrgeletronic@hotmail.com) of naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.com](mailto:redactie@elektor.com).



## Gerelateerd product

> **Ersa i-CON PICO Soldering Station (80 W) (SKU 20186)**  
[www.elektor.nl/20186](http://www.elektor.nl/20186)



## WEBLINKS

- [1] Projectpagina bij dit artikel: <https://elektormagazine.nl/240035-03>  
 [2] Korte demovideo op YouTube: <https://youtu.be/aF8rz2Bjr3U>

# Word lid van onze Community



[www.elektormagazine.nl/community](http://www.elektormagazine.nl/community)

**elektor**  
 design > share > earn



# Board voor eenvoudige microcontroller-projecten

Rob Van Hest (Nederland)

In de loop van een jaar of vijf heb ik projecten gepost met PIC12F microcontrollers en overgebleven printjes. Met behulp van overgebleven onderdelen kunt u snel prototypes maken, maar de resultaten zijn niet zo professioneel als zou kunnen. Omdat de basisschakelingen rond een microcontroller altijd hetzelfde zijn, waarom ontwerpen we er dan geen print voor die bruikbaar is voor veel toepassingen? Hier presenteer ik een printje van 37×55 mm voor een breed scala aan eenvoudige microcontrollerprojecten, met standaard-componenten en jumpers.

In het verleden heb ik een aantal projecten op Elektor Labs geplaatst die twee dingen gemeen hadden:

- ze maken gebruik van een PIC12F-microcontroller;
- er is geen speciale print voor ontworpen, omdat ik een overgebleven print van een ander project heb hergebruikt, met een heleboel aanpassingen.

## Tijd voor wat anders!

Ik heb een kleine (37×55 mm) print ontworpen (**figuur 1**) die voor een aantal van mijn projecten kan worden gebruikt (momenteel acht, maar er zitten er meer in het vat). Gemeenschappelijke componenten voor (bijna) alle projecten zijn:

- een relais plus drivertransistor;



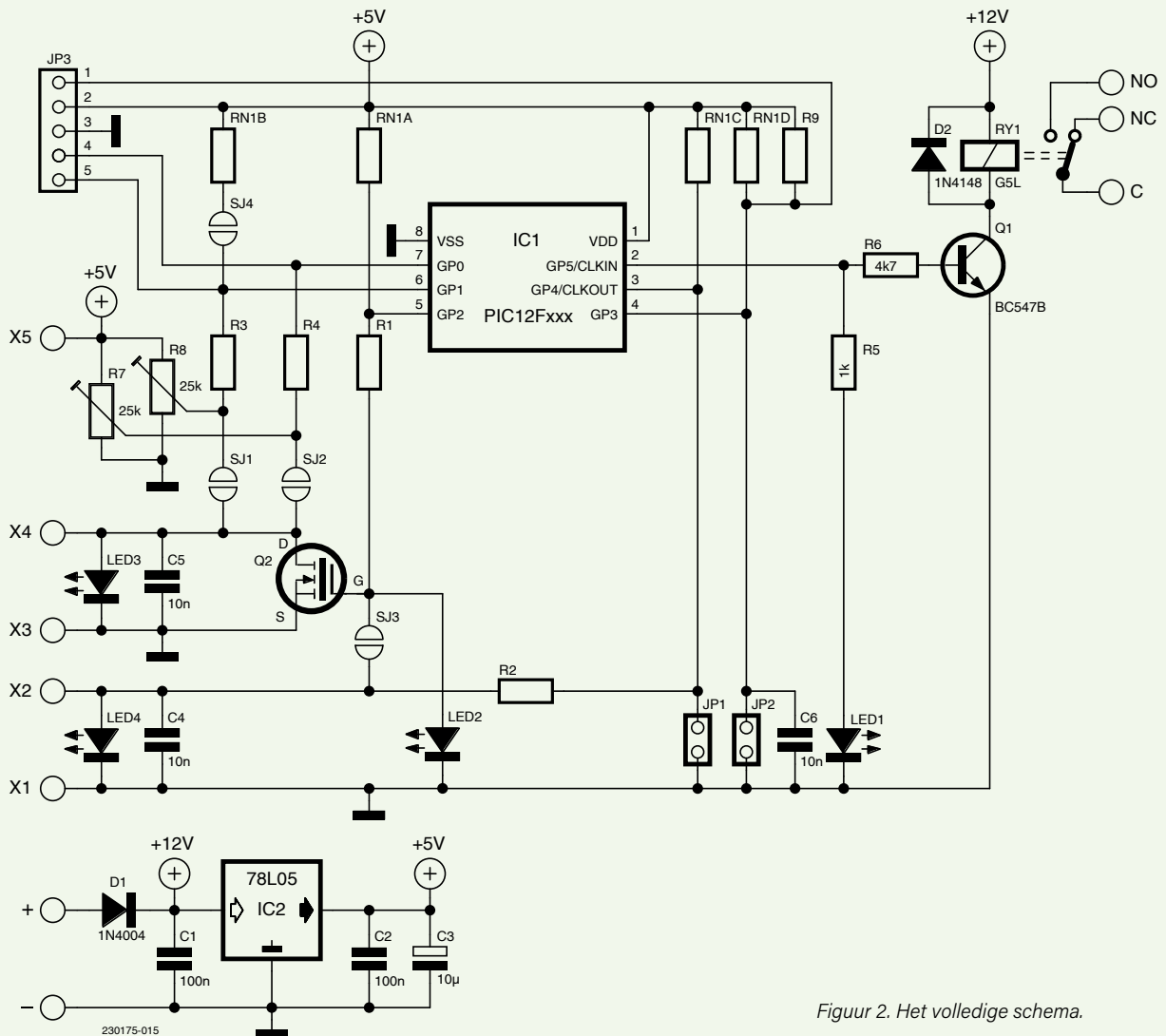
Figuur 1. De gemonteerde testprint.

- een LED als statusindicatie voor het relais;
- een 8-pins voetje voor een PIC12Fxxx-microcontroller;
- een simpele voeding met een 78L05 (optioneel);
- twee jumpers voor functies zoals reset en setup;
- een 5-polige connector om de PIC te programmeren of rand-apparatuur aan te sluiten.

Het schema (**figuur 2**) bevat alle mogelijke componenten, maar ze hoeven (of kunnen) niet allemaal tegelijk op de print te worden gemonteerd.

IC2, D1 en C1...3 vormen een simpele voeding. Zo kan de print worden gevoed met 8...12 VDC. D1 beschermt tegen ompoling van de voedingspanning. Als een voeding van 3...5 V wordt gebruikt (bijvoorbeeld batterijen) wordt C1 niet gemonteerd en worden IC2 (tussen ingang en uitgang) en D1 vervangen door draadbruggen.

X1 en X3 zijn massa-aansluitingen, en X5 voert +5 V. Op X2 en X4 zijn I/O-pinnen toegankelijk. X2 kan worden aangesloten op GP2 (R1 gemonteerd en SJ3 doorverbonden) of GP4 (R2 gemonteerd), X4 op



Figuur 2. Het volledige schema.

GP0 (R4 gemonteerd en SJ2 doorverbonden) of GP1 (R3 gemonteerd en SJ1 doorverbonden). SJ4 wordt doorverbonden en RN1B gemonteerd als GP1 een pull-up nodig heeft.

C4 en/of C5 worden gebruikt voor ruisonderdrukking als X2 en/of X4 als ingangen worden gebruikt. C6 heeft dezelfde functie voor de reset-/GP3-ingang.

In plaats van C4 kan LED LD4 worden gemonteerd; in dat geval moet GP2 als uitgang worden geconfigureerd, SJ3 wordt doorverbonden en R1 is de serieweerstand. Als alternatief wordt GP4 geconfigureerd als uitgang en is R2 de serieweerstand.

Op dezelfde manier kan in plaats van C5 LED LD3 worden aangebracht. In dat geval moet GP0 worden geconfigureerd als uitgang, SJ2 worden doorverbonden en is R4 de serieweerstand. Als alternatief wordt GP1 geconfigureerd als uitgang, SJ1 doorverbonden en is R3 de serieweerstand.

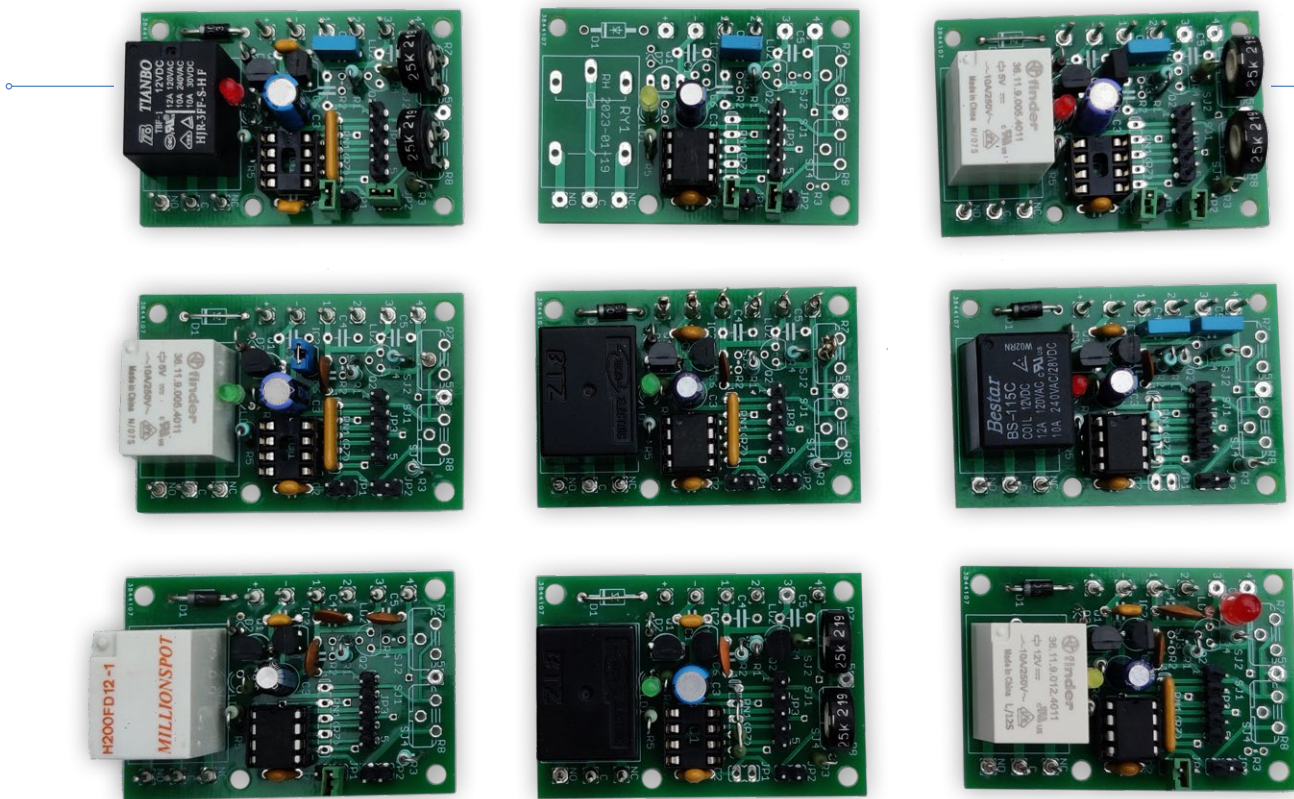
Q2 vormt een extra uitgang die meer stroom of een hogere spanning (op X4, schakelt naar massa) kan verwerken dan de microcontroller kan leveren. Als Q2 gebruikt wordt, moet GP2 worden ingesteld als uitgang;

R1 is 1 k voor een BS170-MOSFET, 4k7 voor een BC547-transistor of 10 k voor een BC517-darlington. SJ1 en SJ2 moeten open zijn en LED2, LED3 en C5 zijn dan niet gemonteerd. In plaats van Q2 kan een extra LED (LED2) worden gemonteerd met R1 als serieweerstand. In dat geval is X4 beschikbaar voor andere doeleinden.

R7 en R8 worden in sommige projecten gebruikt om een instelling te maken voor de microcontroller, bijvoorbeeld voor timingdoeleinden. Als R7 is gemonteerd, is R4 ook nodig en moet SJ2 open zijn. Als R8 is gemonteerd, is R3 ook nodig en moeten SJ1 en SJ4 open zijn (dat wil zeggen niet doorverbonden).

JP3 is de connector voor een Microchip PICkit-programmer. In sommige projecten wordt een USB/serieel-adaptor aangesloten op JP3. Die is niet nodig als on-board programmeren mogelijk is en de seriële interface niet wordt gebruikt.

RN1A...RN1D zijn de vier weerstanden in weerstandsarray RN1. Als RN1A...RN1C niet nodig zijn omdat GP1, GP2 en GP4 niet als ingangen worden gebruikt, of als een interne pull-up wordt gebruikt, kan RN1D worden vervangen door een discrete weerstand R9.



Figuur 3. Enkele gemonteerde boards die (bijna) klaar zijn om te programmeren en te testen.

Voor de meeste projecten is een relais nodig. Hiervoor is een drivertrap met Q1 aanwezig. Het relais moet worden aangepast aan de gebruikte voedingsspanning. Als er geen relais nodig is, worden R6, Q1, D2 en RY1 niet gemonteerd.

In het kader aan het eind van dit artikel hebben we de diverse opties voor het configureren van de componenten op het board samengevat. Op dit moment ben ik bezig de projecten die ik al op het Elektor Labs-platform heb geplaatst aan te passen aan het nieuwe board. Hier en daar vereist de software kleine aanpassingen omdat microcontroller-pinnen omgewisseld zijn. Zodra een project is aangepast en op het nieuwe board draait, zal ik de resultaten toevoegen aan de betreffende projectpagina (inclusief de onderdelenlijst voor het board).

### Eenvoudig testprogramma

Om enkele functies van het board te controleren, heb ik een eenvoudig testprogramma geschreven met de naam *switch\_uni.c*, dat deel uitmaakt van een zip-bestand onder 'Software' op de Elektor Labs-pagina voor dit project [4]. Het is geschreven voor een van de eenvoudigste microcontrollers in de PIC12-familie, de PIC12F509. Zelfs deze kleine chip kan in C worden geprogrammeerd.

Het programma heeft twee functies: als JP1 open is, wordt het relais geactiveerd door X3 met X4 te verbinden en weer uitgeschakeld door X1 met X2 te verbinden. Als jumper JP1 is geplaatst, worden alleen X1-X2 gebruikt om het relais te activeren en deactiveren.

In **figuur 3** ziet u een aantal boards die het teststadium bijna bereikt hebben. ◀

vertaling: Hans Adams — 230175-03

### Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via [trainer99@ziggo.nl](mailto:trainer99@ziggo.nl) of naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.com](mailto:redactie@elektor.com).

### Elektor Labs-projecten aangepast aan deze schakeling

- ▶ **Inbraakalarm**  
[www.elektormagazine.nl/labs/simple-burglar-alarm](http://www.elektormagazine.nl/labs/simple-burglar-alarm)
- ▶ **Electronisch slot (in Elektor [1])**  
[www.elektormagazine.nl/labs/simple-electronic-lock](http://www.elektormagazine.nl/labs/simple-electronic-lock)
- ▶ **Digitale timer**  
[www.elektormagazine.nl/labs/simple-digital-timer](http://www.elektormagazine.nl/labs/simple-digital-timer)
- ▶ **Morsecode-generator (in Elektor [2])**  
[www.elektormagazine.nl/labs/morse-code-generator](http://www.elektormagazine.nl/labs/morse-code-generator)
- ▶ **Belichtingstimer (in Elektor [3])**  
[www.elektormagazine.nl/labs/quasi-analog-exposure-timer-for-the-dark-room](http://www.elektormagazine.nl/labs/quasi-analog-exposure-timer-for-the-dark-room)
- ▶ **Game-assistent**  
[www.elektormagazine.nl/labs/little-game-assistant](http://www.elektormagazine.nl/labs/little-game-assistant)
- ▶ **Badkamer-ventilatietimer**  
[www.elektormagazine.nl/labs/timer-for-bathroom-ventilation](http://www.elektormagazine.nl/labs/timer-for-bathroom-ventilation)
- ▶ **Universele IR-schakelaar**  
[www.elektormagazine.nl/labs/universal-ir-remote-switch](http://www.elektormagazine.nl/labs/universal-ir-remote-switch)



### Gerelateerde producten

- ▶ **T. Hanna, Microcontroller Basics with PIC (Elektor, 2020)**  
Paperback: [www.elektor.nl/19188](http://www.elektor.nl/19188)  
E-boek: [www.elektor.nl/19189](http://www.elektor.nl/19189)

## Configuratie-opties voor de componenten op de print

Functie	Ruis- onderdrukking	Doorverbonden	Open	Gemonteerd	Pull-up weerstand
X4 naar GP0 in	C5	SJ2	SJ1	R4 = (1*)	niet geplaatst
X4 naar GP1 in	C5	SJ1	SJ2	R3 = (1*)	RN1B + SJ4
X2 naar GP2 in	C4	SJ3	R2	R1 = (1*)	RN1A
X2 naar GP4 in	C4		SJ3	R2 = (1*)	RN1C
GP0 naar X4 uit		SJ2	SJ1	R4 = 0	
GP1 naar X4 uit		SJ1	SJ2	R3 = 0	
GP2 naar X2 uit		SJ3	R2	R1 = 0	
GP4 naar X2 uit			SJ3	R2 = 0	
GP2 naar X4 uit		Q2 (7*)	SJ3	R1 = 0	
GP0 naar LED3 uit		SJ2	SJ1	R4 = 1 k $\Omega$	
GP1 naar LED3 uit		SJ1	SJ2	R3 = 1 k $\Omega$	
GP2 naar LED4 uit		SJ3	R2	R1 = 1 k $\Omega$	
GP4 naar LED4 uit			SJ3	R2 = 1 k $\Omega$	
R7 naar GP0 in			SJ2	R4 = 10 k $\Omega$	
R8 naar GP1 in			SJ1	R3 = 10 k $\Omega$	
GP2 naar LED2 uit			SJ3	R1 = 1 k $\Omega$	
GP2 naar Q2 uit			SJ3	R1 = (2*)	
JP3, P4 seruit			R4		
JP3, P5 serin		SJ4	R3		RN1B
GP5 naar relais				R6, Q1, D2, Ry1 (3*)	
GP5 naar LED1				R5, LD1 (4*)	
Voeding = 8...12 V				C1, IC2, D1	
Voeding = 3...5V		D1 (6*)		(5*)	
Gevoed via JP3, P2				(5*)	

(1\*): In principe 0, maar hogere waarden beschermen de ingang enigszins.

(2\*): Afhankelijk van Q2. BS170 (MOSFET): 1 k, BC547 (transistor): 4k7, BC517 (darlington): 10 k.

(3\*): Spanning van de relaispoel moet worden aangepast aan de voeding.

(4\*): Relais en LED-uitgang kunnen samen worden gebruikt.

(5\*): Vervang IC2 door een draadbrug tussen in- en uitgangen.

(6\*): Vervang D1 door een draadbrug.

(7\*): Vervang Q2 door een draadbrug tussen drain en gate.

Als geen externe pull-up voor de ingang nodig is, wordt RN1 niet gemonteerd.

Als alleen een externe pull-up voor GP3/reset nodig is, wordt R9 gemonteerd.

De serieweerstanden voor de LED's zijn 1 k, maar voor meer helderheid kan een kleinere waarde nodig zijn.

## WEBLINKS

[1] R. van Hest, "Simpel elektronisch slot", Elektor Circuit Special 2023: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-310/61898>

[2] R. van Hest, "Morsecode-generator", Elektor Circuit Special 2023: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-310/61899>

[3] R. van Hest, "Quasi-analoge belichtingstimer voor de donkere kamer", Elektor Circuit Special 2022:

<https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-263/60786>

[4] Elektor Labs-pagina voor dit project: <https://elektormagazine.com/labs/board-for-simple-microcontroller-project>



# Muziekdoosje

modern maar met vintage uitstraling

**Bruno Clerc (Frankrijk)**

Die mechanische muziekdoosjes met een slinger zijn geweldige, tijdloze objecten. Laten we er een bouwen – maar met een elektronische draai dankzij een ATtiny85-microcontroller! Dit artikel beschrijft de benodigde onderdelen, de bouw en eventuele uitbreidingen zoals twee snelheden of speelse LED's.

Jonge kinderen zitten vol verrassingen. Deze keer heeft mijn kleindochter Paolina een lege kartonnen zoutstrooier in haar hart gesloten. Maar waar kun je zo iets voor gebruiken? Ik stel voor om er een pseudo-mechanisch muziekdoosje van te maken, gebaseerd op een ATtiny85. Na de kleine tiptoets-piano van vorig jaar [1] wordt dit een tweede op ATtiny gebaseerd speelgoed. U ziet het resultaat in **figuur 1**.

## Ingrediënten

Voor dit recept hebt u nodig:

- > zoutstrooier of een andere koker van karton;
- > een ATtiny85;
- > een BC550-transistor;
- > een weerstand van 1 kΩ;
- > een piëzo-buzzer;
- > een draai-encoder;
- > een 3,7V-lithiumaccu, in dit geval een 18650-cel die uit een ander apparaat afkomstig is;
- > twee keramische condensatoren van 10 nF;
- > een elektrolytische condensator van ongeveer 22...100 μF, minstens 10 V.

## Het principe

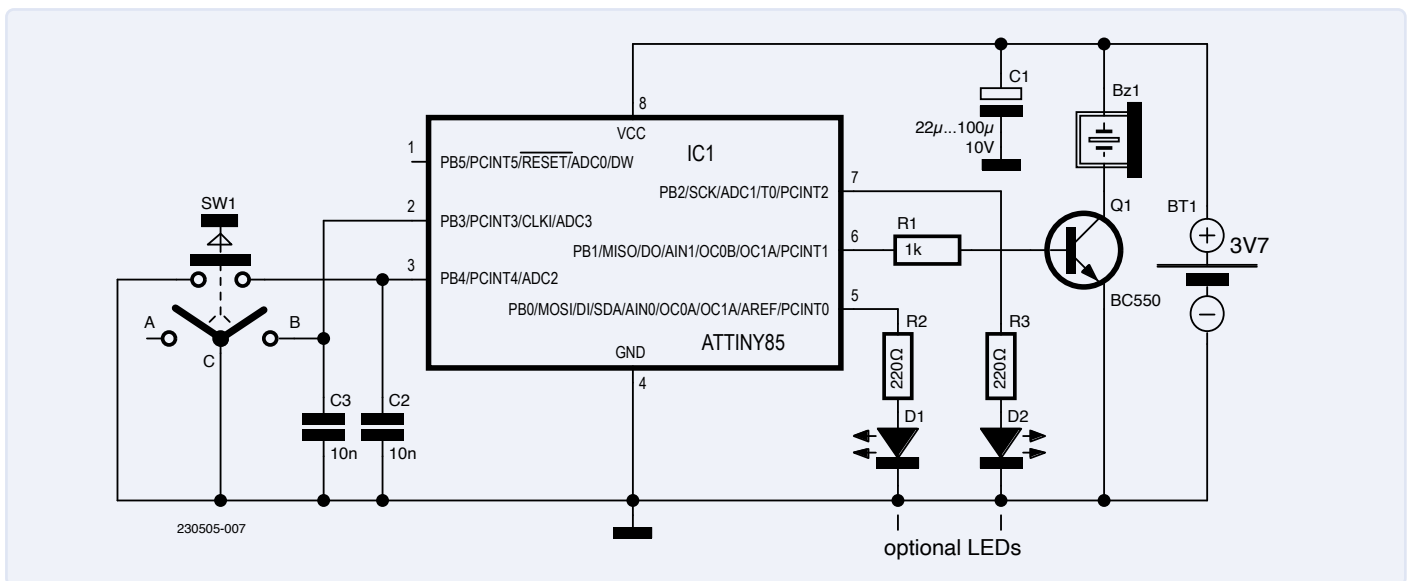
De muziekdoos is heel simpel. Het schema is te zien in **figuur 2**. De draai-encoder wordt aangesloten op pin 2 van de ATtiny (PB3). Een enkele pin is voldoende, omdat we ons geen zorgen maken over de draairichting van de encoder; we willen allen weten of er gedraaid wordt. De zoemer wordt aangestuurd door transistor Q1 via pin 6 (PB1) van de microcontroller. De ingebouwde drukknop van de encoder is verbonden met pin 3 van de ATtiny (PB4).

De complete werking zit in de microcontroller-code. Wanneer de slinger wordt rondgedraaid, detecteert de ATtiny dit en speelt de noten van de melodie. In de huidige versie zijn vier melodieën beschikbaar – het is aan u om er meer toe te voegen! De drukknop wordt gebruikt om van melodie te veranderen. Het resultaat is te bewonderen in de video [2].

Figuur 1. De speeldoos in volle glorie.







Figuur 2. Het schema.

## Verbeteringen

Optioneel kunnen twee LED's worden aangesloten op pinnen 5 en 7 van de ATtiny (PB0 en PB2) voor een vrolijk geknipper als de slinger wordt rondgedraaid. Er kunnen ook noten worden toegevoegd. De huidige code gebruikt slechts één octaaf. Gebruik de `#define`-instructie om het aantal melodietonen en het gedrag van optionele LED's aan te passen. Voor meer informatie over het genereren van noten, zie het Elektor-artikel [1] of de Elektor Labs-pagina [3] over het 'kleintje klavier'.

In de tweede versie van het programma [4] heb ik een modus met twee snelheden toegevoegd. Afhankelijk van de snelheid waarmee aan de zwengel wordt gedraaid, wordt de muziek sneller of minder snel afgespeeld. In de huidige versie zijn slechts twee snelheden beschikbaar: langzaam en snel. Het is aan u of u een modus wilt toevoegen waarbij de snelheid evenredig is met de snelheid waarmee de zwengel wordt gedraaid! In dat geval vereist het de nodige oefening om een min of meer fatsoenlijke melodie te 'draaien'.

Vanuit programmeer oogpunt wordt de snelheid van de muziekweergave aangepast door de duur van elke noot te variëren. Hiertoe wordt bij het binnengaan van de interruptroutine de huidige tijd opgeslagen met de `millis()`-functie als de `cpt`-teller variabele gelijk is aan nul. Deze variabele wordt dan verhoogd. Als de teller een vooraf ingestelde waarde bereikt, in dit geval 20, wordt de functie `millis()` opnieuw aangeroepen en wordt de verstreken tijd berekend door de twee opgeslagen waarden van elkaar af te trekken. Als het verkregen resultaat kleiner is dan een empirisch bepaalde waarde (hier 500), betekent dit dat de slinger snel draait. We delen dan de duur van de noot door twee. Anders wordt de duur van de noot niet gehalveerd en wordt de melodie op normale snelheid afgespeeld:

```
if (cpt >= 20) {
    fin = millis();
    cpt = 0;
    temps = fin - debut;
    if (temps <= 500) tempo = 2;
    else tempo = 1;
    temps = 0;
    _delay_ms(2);
}
```

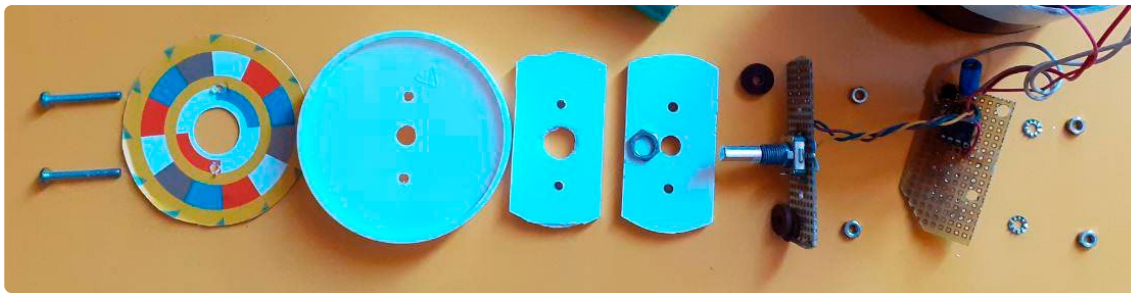
## De constructie

De kartonnen zoutstrooier is doorgesneden, zodat er een 6 cm lange koker overblijft. De diameter van de koker, ongeveer 7 cm, is perfect voor een 18650-lithiumcel. Een oude potentiometerknop met een grote diameter is gebruikt als bevestiging voor de zwengel; een andere mogelijkheid is om een zwengel te 3D-printen. De zoemer is vastgelijmd aan de onderkant van een metalen roosterje dat op zijn beurt is bevestigd tegen de opening die eerder voor het zoutstrooien werd gebruikt (figuur 3). Het oorspronkelijke plastic doseerdeksel van de strooier maakt een soort analoge volumeregeling mogelijk door het gat meer of minder te blokkeren.



Figuur 3. Analoge volumeregelaar.

►  
 Figuur 4.  
 Alle onderdelen die aan  
 de bovenzijde van de  
 muziekdooz komen.



**Figuur 4** toont de verschillende delen van de muziekdooz in volgorde van montage. De bovenkant van de muziekdooz bestaat uit het plastic deksel dat oorspronkelijk aan de onderzijde zat – en omgekeerd.

Let bij het monteren van de slinger op de as van de encoder op de vrije ruimte tussen het deksel en de zwenkelarm, om te voorkomen dat kindervingers bekneld raken. Monteer de potmeterknop ook niet op dezelfde hoogte als het deksel, maar laat een paar millimeter speling zodat de knop van de encoder ingedrukt kan worden. Ik heb stukjes wit plastic van 5 mm dik gebruikt als afstandhouders en als versterking. De dikte is niet

kritisch en ze kunnen worden vervangen door een enkel 10 mm dik stuk plastic of zoiets.

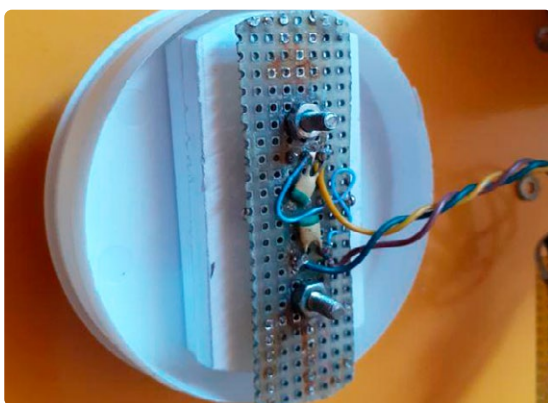
De basis van de slinger is breed genoeg om de kappen van de twee schroeven te verbergen die worden gebruikt om de afstandhouders, de bovenkant van het deksel en de twee stukjes gaatjesprint aan elkaar te bevestigen. Een van deze dient als mechanische ondersteuning en bevat de twee 10nF-condensatoren die worden gebruikt om de encodercontacten te ontzenderen, terwijl de tweede de ATtiny in een DIP8-behuizing plus voetje herbergt. **Figuur 5** en **figuur 6** verduidelijken de mechanische constructie.

Aan de onderkant van de muziekdooz is de zoemer voor de opening en het metalen rooster gelijmd. Een kleine laadmodule op basis van een TP4056 of gelijkwaardig (met een USB-C-connector) wordt op de bodem gelijmd, waarbij de USB-connector natuurlijk van buitenaf toegankelijk moet zijn via een opening in het plastic. Een schuifschakelaar maakt het geheel compleet (**figuur 7**). De accu zit bovenop de constructie en wordt op zijn plaats gehouden met plakband en stukjes schuimrubber.

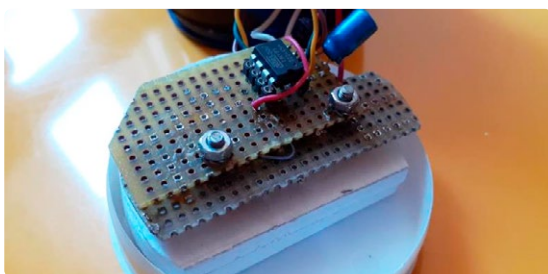
Meer foto's, het ATtiny-programma en veel andere projecten van mijn hand zijn te vinden op Elektor Labs [4]. ◀

230505-03

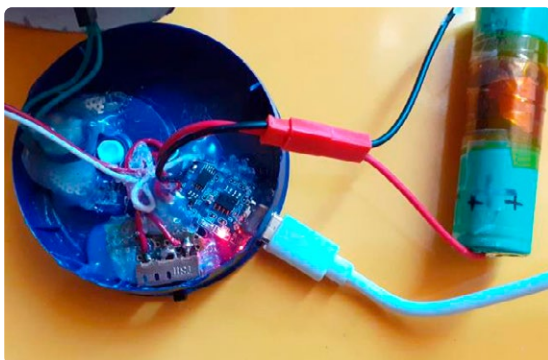
►  
 Figuur 5. Constructie van  
 het bovenste gedeelte,  
 zonder de slinger.



►  
 Figuur 6. Plus de  
 microcontroller-print.



►  
 Figuur 7.  
 De accu, USB-lader en  
 aan/uit-schakelaar zitten  
 aan de onderzijde.



### Over de auteur

Bruno Clerc ontdekte de elektronica op 12-jarige leeftijd dankzij zijn oudere broer. Nieuwsgierig en dorstend naar kennis besloot

hij elektronica te gaan studeren in Bordeaux. Hij verkende verschillende gebieden en werkte aan tertiaire laagspanningssystemen, in de luchtvaart en in andere sectoren. Aanvankelijk richtte Bruno zich op het onderhoud van oude hifi-apparatuur, wat hij nog steeds doet. Maar alles veranderde een paar jaar geleden, toen zijn broer hem een Arduino UNO gaf. Dit kleine gebaar was het begin van een ongelooflijk avontuur voor Bruno, die al snel 'Arduino47' werd. Sindsdien heeft Bruno de oneindige mogelijkheden van het programmeren met microcontrollers verkend. Vandaag de dag maakt hij onder het pseudoniem 'Arduino47' speelse projecten, waarbij hij zijn creativiteit vooral uit in hergebruikte materialen.

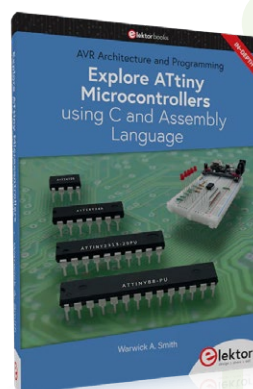
### Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via [b.clerc31@laposte.net](mailto:b.clerc31@laposte.net) of naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.com](mailto:redactie@elektor.com).



### Gerelateerde producten

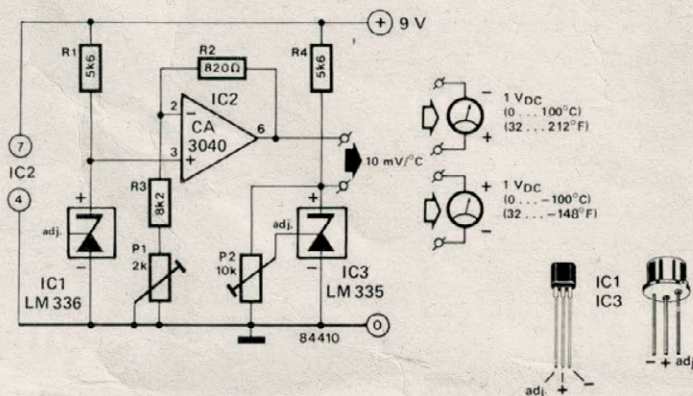
➤ **W. A. Smith, *Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language* (Elektor 2021)**  
[www.elektor.nl/20007](http://www.elektor.nl/20007)



### WEBLINKS

- [1] B. Clerc, "Kleintje klavier", Elektor Circuit Special 2023: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-310/61896>
- [2] Video van de muziekdoos op YouTube: <https://youtu.be/XI19Wz2VOZs>
- [3] Projectpagina van het 'kleintje klavier' op Elektor Labs: <https://www.elektormagazine.com/labs/piano-one-octave-with-attiny85>
- [4] Projectpagina van de muziekdoos op Elektor Labs: <https://www.elektormagazine.com/labs/attiny85-music-box>

## Temperatuur meten met een multimeter



De bruikbaarheid van een 'goedkope' multimeter kan gemakkelijk worden vergroot met de hier beschreven schakeling. De gebruikte temperatuursensor is een LM335, die een lineaire temperatuurkarakteristiek van 10 mV/K heeft. Tijdens de fabricage is dit IC zo gekalibreerd dat de uitgangsspanning 2,73 V bij 0 °C (273 °K) bedraagt. De LM336 in het schema is een zeer stabiele 2,5V-zenerdiode waarvan de uitgang naar IC2 gaat. De verster-

king van de CA3040 kan worden gevarieerd tussen 1,08 maal en 1,1 maal door middel van P1, dus deze potentiometer moet zo worden ingesteld dat 2,73 V op de uitgang van IC2 staat wanneer de temperatuur van IC1 0 °C bedraagt. De schakeling is nu gekalibreerd bij het vriespunt. Kalibratie bij 100 °C wordt uitgevoerd door vergelijking met een nauwkeurige thermometer. Wanneer de LM335 op deze tempe-

ratuur is, moet P2 zo worden ingesteld dat een spanning van 1 V op de uitgang van de schakeling staat. De nauwkeurigheid van de temperatuurmeting hangt tot op zekere hoogte af van de gebruikte multimeter. Hoe groter de resolutie, hoe beter de nauwkeurigheid. De aansluitingen naar de meter moeten natuurlijk omgekeerd worden om temperaturen beneden 0 °C te kunnen aflezen. Deze schakeling kan ook gebruikt worden om temperaturen in graden Fahrenheit te meten. In dit geval wordt het vriespunt ingesteld bij 32 °F (2,73 V aan de uitgang van IC2). Bij 212 °F wordt P2 om 0,9 V aan de uitgang te geven. Eén graad fahrenheit staat dan voor 5 mV, dus een meter met een volle schaal-uitslag van 1 V maakt een uitlezing mogelijk van 32 °F tot 232 °F. Het stroomverbruik bedraagt ongeveer 10 mA.

**Elektor juli/augustus 1984**

vertaling: Willem den Hollander — 240358-03

# 05 Plug and Make Kit

een nieuwe manier om Arduino te 'doen'

Clemens Valens (Elektor)

De Arduino Plug and Make Kit introduceert een nieuwe manier van snel prototypen met Arduino door uitbreidingsmodules in serie te schakelen op een I<sup>2</sup>C-bus. Gericht op zowel beginners als makers, stelt het nieuwe concept de gebruiker in staat om snel slimme cloud-gebaseerde IoT-toepassingen te creëren.

het snel testen van toepassingen. In de loop der jaren zijn er honderden, zo niet duizenden, shields ontwikkeld door Arduino-gebruikers.

## De opkomst van I<sup>2</sup>C

Technologie blijft echter evolueren, en de I<sup>2</sup>C-bus, een wat stoffige en vergeten communicatiebus toen Arduino werd geboren, is sindsdien de facto standaard geworden voor het verbinden van allerlei componenten met microcontrollers. Tegenwoordig is er een overvloed aan I<sup>2</sup>C-gebaseerde uitbreidingsmodules beschikbaar, waarmee u snel toepassingen kunt bouwen door ze aan de I<sup>2</sup>C-poort van de microcontroller te koppelen.

## Met de tijd mee

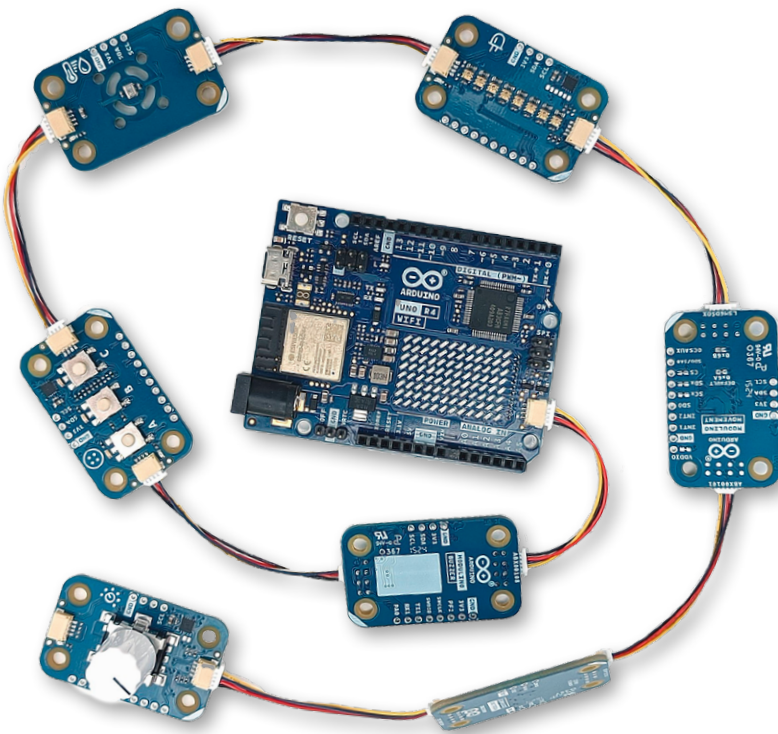
De Arduino UNO heeft altijd al een I<sup>2</sup>C-poort gehad. Aanvankelijk was het een functie die toevallig beschikbaar was en die later eigen pinnen op de uitbreidingsheader kreeg. In de nieuwste versie, de UNO R4 WiFi, kreeg de I<sup>2</sup>C-poort ook een eigen connector (compatibel met de Qwiic-specificatie van SparkFun). Met hun nieuwe Plug and Make Kit heeft Arduino nu de I<sup>2</sup>C-methode voor snel prototypen volledig omarmd. Het stapelen van shields is natuurlijk nog steeds mogelijk.

## Plug and Make Kit

De Plug and Make Kit is gebaseerd op de Arduino UNO R4 WiFi en een familie van uitbreidingsmodules genaamd Modulino (let op dat het meervoud geen 's' krijgt). Een Modulino biedt een functie zoals een sensor, een knop, één of meer LED's enzovoort. Op het moment van schrijven zijn er zeven: Buttons, Buzzer, Distance, Knob, Movement, Pixels en Thermo. Modulino worden niet aangesloten op de shield-uitbreidingsconnectoren, maar in plaats daarvan verbonden met de Qwiic I<sup>2</sup>C-poort van de UNO R4 WiFi. Modulino kan in serie worden geschakeld om complexere toepassingen te creëren (figuur 1).

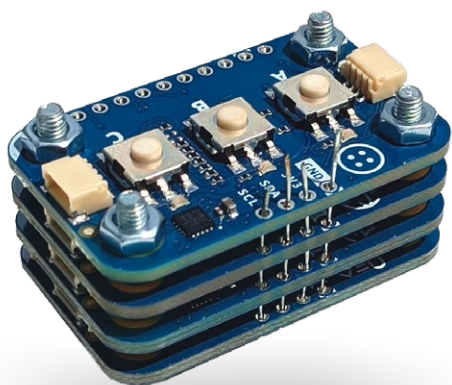
## Cloud-ondersteuning en IoT

Hoewel vergelijkbare systemen al enkele jaren bestaan, gaat de Arduino Plug and Make Kit iets verder. Ten eerste, gezien de educatieve oorsprong van Arduino, wordt de Plug and Make Kit ondersteund door een cloud-gebaseerde leeromgeving. Die is niet alleen bedoeld om de gebruiker snel op weg te helpen, maar



▲  
Figuur 1. Modulino wordt aan elkaar gerijgd en communiceert via I<sup>2</sup>C.

Het oorspronkelijke Arduino-concept ontstond ongeveer vijftien jaar geleden. Het is gebaseerd op een microcontrollerboard met uitbreidingsprinten (de zogenaamde shields) die er bovenop worden geprikt. Een shield voegt functionaliteit toe in de vorm van bijvoorbeeld een sensor, een motordriver, een relais of iets heel anders zoals een display. Shields kunnen op elkaar worden gestapeld om een compact microcontrollersysteem te creëren. Dit maakte en maakt Arduino nog steeds praktisch voor



Figuur 2. Modulino kan ook worden gestapeld.

is ook het basiskamp voor de IoT-toepassingen van de gebruiker. Het is duidelijk dat er veel moeite is gedaan om de cloud zo gebruiksvriendelijk mogelijk te maken.

### Modulino-functies

Het tweede verschil met andere I<sup>2</sup>C-gebaseerde prototypingssystemen is dat Modulino-nodes ook kunnen worden gebruikt met andere Arduino-boards en systemen van derden, aangezien de kleine Qwiic-connector kan worden omzeild dankzij een footprint voor een vierpolige 0,1"-pitch connector. Daarom kunt u, indien nodig, eenvoudig een Modulino op een ander systeem aansluiten door een paar draadjes te solderen (houd er rekening mee dat Modulino op 3,3 V draait).

### Nog een microcontroller?

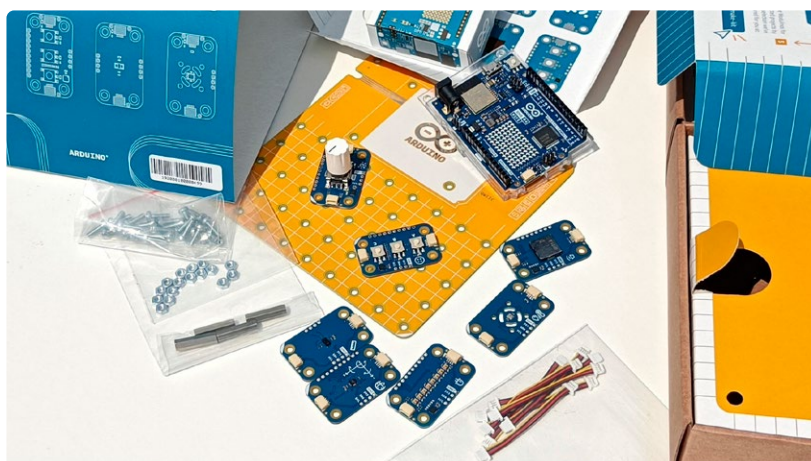
Een derde interessant verschil is dat een Modulino met een component die van nature geen I<sup>2</sup>C-poort heeft, zoals een drukknop of een buzzer, is uitgerust met een STM32C011F4 Arm Cortex-M0 microcontroller om de I<sup>2</sup>C-poort toe te voegen. Enkele pinnen van deze controller zijn toegankelijk via een rij contacten aan de zijkant van de Modulino. Zo'n Modulino kan daarom stand-alone werken of zelfs de hoofdcontroller zijn in een Modulino-keten.

### Toch stapelen

Ten slotte heeft Arduino het stapelconcept niet volledig laten vallen, want Modulino kan ook worden gestapeld. Dat is mogelijk omdat ze allemaal dezelfde footprint (of vormfactor, als u wilt) hebben met de eerder genoemde soldeerbare I<sup>2</sup>C-poort op dezelfde plaats. Zo kunt u een klein, gestapeld apparaatje maken dat bijvoorbeeld bestaat uit Buttons, Buzzer, Movement en Thermo Modulino (figuur 2). Het programma kan draaien op de controller van Buttons of Buzzer (of op beide).

### Aan de slag

Om aan de slag te gaan met hun nieuwe concept, heeft Arduino een kit samengesteld met een Arduino UNO R4 WiFi, de zeven hierboven genoemde Modulino



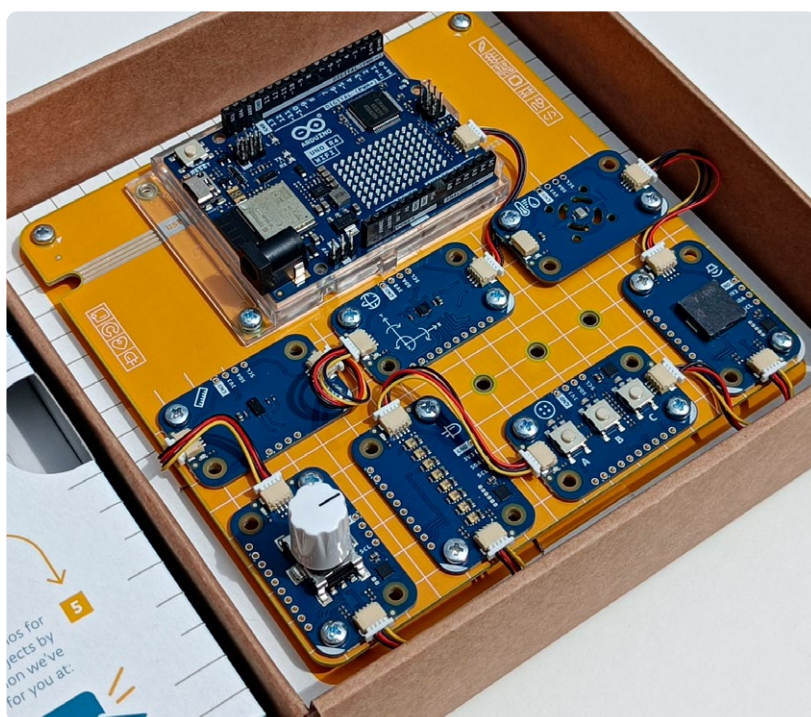
en een Modulino Base. Dit laatste is een vierkant bord van 14 x 14 cm waarop u de UNO R4 WiFi en de Modulino monteert die u nodig hebt voor uw toepassing. Schroeven, moeren en vier afstandsbusen zijn inbegrepen. De kit bevat ook Qwiic-verbindingkabels en een USB-C-kabel (met een USB-C-naar-A-adaptor, niet getoond in figuur 3).

### Kwaliteit zit in details

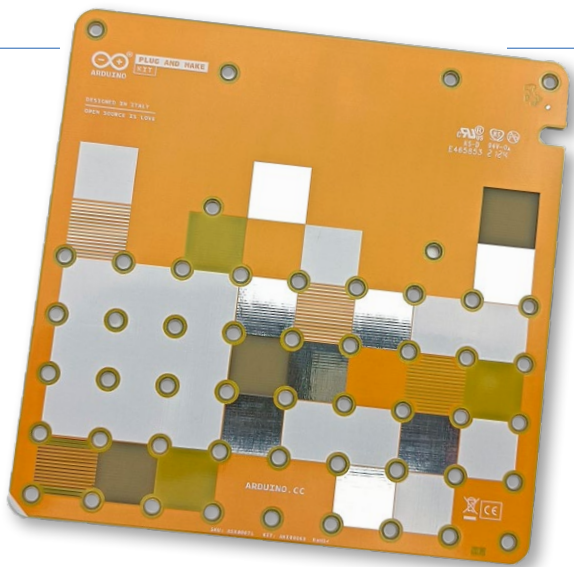
Arduino besteedt veel tijd en moeite aan ontwerpqualität, uiterlijk en details, en de Plug and Make Kit is daarop geen uitzondering. U merkt het zodra u de doos opent. Alles ziet er keurig uit, past perfect en niets lijkt goedkoop. De knop op de Knob Modulino is bijvoorbeeld een mooie knop. De opdruk op de printjes is duidelijk leesbaar.

▲  
Figuur 3. De uitgekakte Plug and Make Kit. De USB-C kabel is hier niet zichtbaar.

▼  
Figuur 4. De verpakking van de kit kan worden gebruikt om het opgebouwde systeem op te bergen.



Figuur 5. De achterkant van de Modulino Base is een klein kunstwerk.

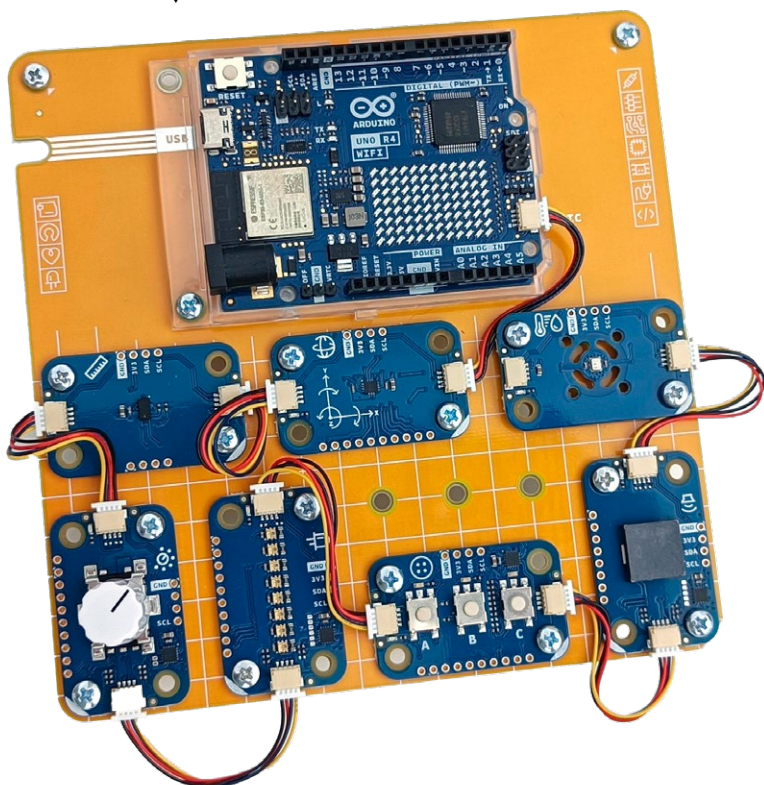


Alle boards hebben een oriëntatiemarkering (een witte hoek). De kartonnen ondersteuning voor de Modulino Base heeft gaten en knipmarkeringen, zodat u deze kunt gebruiken om uw opgebouwde project op te bergen in de doos waarin het werd geleverd (figuur 4).

### PCB als kunstwerk

Als electronicus met een sterke interesse in printontwerp viel me het ontwerp op de achterkant van de Modulino Base meteen op (figuur 5). Het heeft een kleurrijk geometrisch patroon opgebouwd uit vierkanten. De kleur van een vierkant wordt bepaald door de vertinde koperlaag, het soldeermasker en twee zeefdruklagen in plaats van een kleurenzeefdruk te gebruiken (wat sommige printfabrikanten tegenwoordig aanbieden). Sommige kleuren worden verkregen door lagen te 'mengen.' Ik vind het erg leuk gedaan.

Figuur 6. Zeven stuks Modulino op de Base is bijna teveel van het goede.



### De ruimte op de Modulino Base is aan de krappe kant

Alle Modulino-nodes kunnen met elkaar worden verbonden, maar geen enkele van de voorbeeldprojecten gebruikt ze allemaal tegelijk. Daarom lijkt de basisplaat een beetje krap als u probeert om alle zeven Modulino tegelijkertijd te monteren en aan te sluiten (figuur 6). Om dezelfde reden zijn er niet genoeg boutjes (24) en moertjes (20) voor alle 36 montagegaten (inclusief de vier afstandbussen). Dat is echter geen probleem, aangezien twee bouten per Modulino en UNO R4 WiFi volstaan. Denk erom dat als u een project bouwt met alle zeven Modulino, u er twee in een hoek aan een afstandbus moet bevestigen. Als alle zeven Modulino op de Base zijn gemonteerd, is het aansluiten ervan een kleine uitdaging, aangezien de ruimte krap is. Het kan, maar gemakkelijk is het niet.

### In de cloud

Na het aansluiten van de volledig opgebouwde Plug and Make Kit op mijn computer opende ik het Arduino Plug and Make content-platform in de browser. Om toegang te krijgen moet u inloggen op uw Arduino Cloud-account. Als u dat nog niet hebt, kunt u een gratis account aanmaken. In de cloud klikte ik op *Welcome* (figuur 7). Dit voerde me door het inrichten van mijn kit, of, beter gezegd, de UNO R4 WiFi. Ik ondervond geen noemenswaardige problemen en ging verder met het importeren van mijn eerste template. Ook dit ging soepel en ik had al snel een kleurrijke regenboog op mijn Pixels Modulino. Door aan de knop te draaien, ging de regenboog omhoog en omlaag en bewoog ook het streepjespatroon op de LED-matrix van de UNO R4 WiFi naar links of naar rechts. Om dit voor elkaar te krijgen, moest ik alleen de inloggegevens voor mijn WiFi-netwerk invoeren. Overigens is het een interessante vraag waarom ik juist deze demo kreeg voorgeschoteld en niet een andere, want er zijn er zes verschillende (figuur 8). U kiest een demo door twee Modulino's uit een lijst van mogelijke combinaties aan te sluiten. Omdat ik alle zeven had aangesloten, had ik elke mogelijke combinatie geselecteerd. De demo die ik kreeg is de laatste in de lijst (ook een toeval...).

### Een project uitproberen

Nu was het tijd om een echt demo-project uit te proberen. Er zijn er zeven, en ik koos *Sonic Synth*. Voor elke demo wordt een schatting gegeven van de tijd die nodig is om het project te voltooien. Sonic Synth kost ongeveer 35 minuten.

Sonic Synth gebruikt slechts vier Modulino (Buttons, Buzzer, Knob en Pixels), maar ik probeerde het (uiteraard) met alle zeven tegelijk. Om de demo te laden, moet u de bijbehorende template importeren, ontkoppelen van

het huidige project en de UNO R4 WiFi aan de nieuwe template koppelen. Dit betekent dat u uw netwerkgegevens opnieuw moet invoeren. Nadat ik alle stappen had doorlopen, gebeurde er niets. Geen geluid. Na het verwijderen van de overbodige Modulino en het opnieuw opstarten van de kit was er nog steeds geen geluid.

## De oplossing

Ik kon de template niet opnieuw laden omdat ik de grens van mijn gratis cloud-account had bereikt. Het verwijderen van de eerste demo-template loste dit probleem op. Nadat ik de projectstappen opnieuw had doorlopen, kreeg ik eindelijk geluid bij het indrukken van de drukknoppen. De frequentie en duur van de toon worden geregeld door schuifregelaars op het cloud-dashboard. Hoewel aan het begin van het project vermeld, komen Knob en Pixels pas in de tweede stap van het project in actie.

## Gebruikerservaring

Spelen met deze demo toonde twee zaken aan:

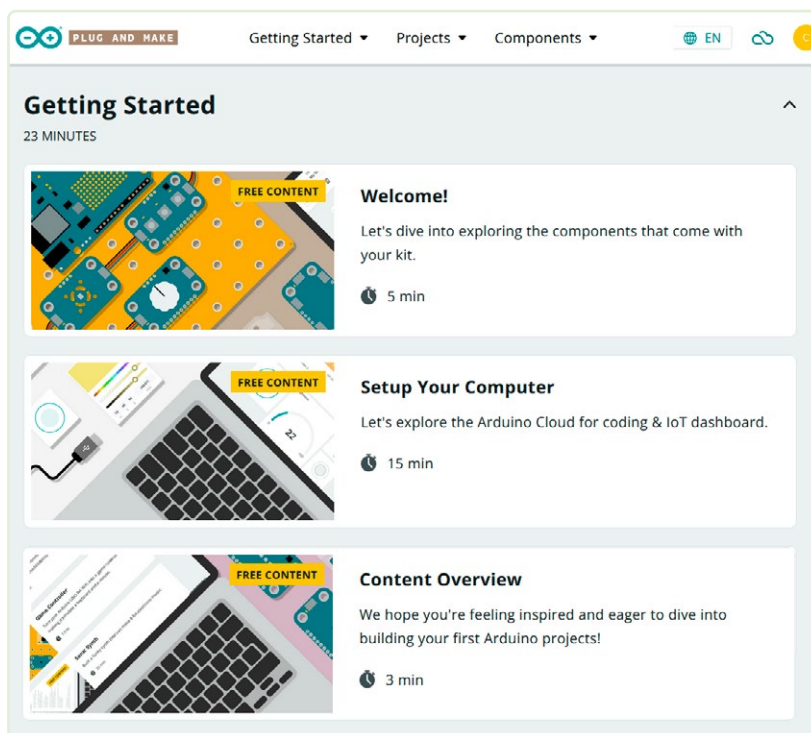
1. Het is de bedoeling van de Plug and Make Kit om binnen enkele minuten een slim connected gadget te bouwen zonder voorkennis over IoT en programmeren. Hoezeer Arduino het systeem ook heeft vereenvoudigd, als er iets misgaat moet u toch bereid zijn om in de cloudomgeving te duiken en te proberen tips en manieren te vinden om het probleem op te lossen.
2. Persoonlijk vind ik de Modulino Base eerder een hindernis dan een hulpmiddel bij het experimenteren en spelen. In een klaslokaal kan het helpen om de hardware te beschermen, maar het herconfigureren van het systeem is niet werkelijk aangenaam. Kortere boutjes zouden al helpen, maar ideaal zou een soort kliksysteem zijn. Bovendien is de UNO R4 WiFi te ver naar rechts geplaatst voor de korte Qwiic-kabels. Daarom heb ik Base maar aan de muur gehangen om er af en toe een blik op te werpen.

## Klassiek Arduino

De Arduino Plug and Make Kit is gericht op cloud-connected IoT-toepassingen. Achter de Arduino Cloud schittert de Arduino-programmeeromgeving. U kunt de broncode van uw toepassingen bekijken en wijzigen op het Sketch-tabblad. Als u dit doet voor de Sonic Synth, ziet u een tamelijk eenvoudige Arduino-sketch die een Modulino-bibliotheek importeert (figuur 9). Deze bibliotheek is ook beschikbaar in de bibliotheekmanager van de klassieke offline Arduino IDE. Daarom bent u niet verplicht om cloudgebaseerde IoT-toepassingen te ontwikkelen met de Plug and Make Kit. U kunt ermee doen wat u wilt.

## Concurrentie

Zoals aan het begin van dit artikel gezegd, is het concept van de Arduino Plug and Make Kit niet nieuw, maar het



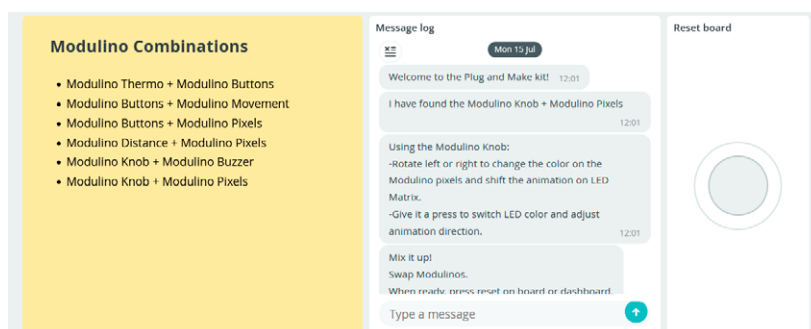
voegt een paar interessante dingen toe. Het eerste I<sup>2</sup>C-gebaseerde prototypingsysteem is waarschijnlijk Grove van Seeed Studio (en is eigenlijk nog meer). Het grootste probleem van het Grove-systeem is de niet-standaard connector met een pinafstand van 2 mm. Grove is gekopieerd door andere fabrikanten, die allemaal de Grove-connector hebben vervangen door hun eigen niet-standaard of moeilijk te solderen/bekabelen/vinden connector. Voorbeelden zijn Adafruit's Stemma en Sparkfun's Qwiic, maar er zijn er meer. Arduino heeft de community een dienst bewezen door de Modulino-nodes ook uit te rusten met een normale (lees: maker-toegankelijke) I<sup>2</sup>C-connector naast een Qwiic-connector.

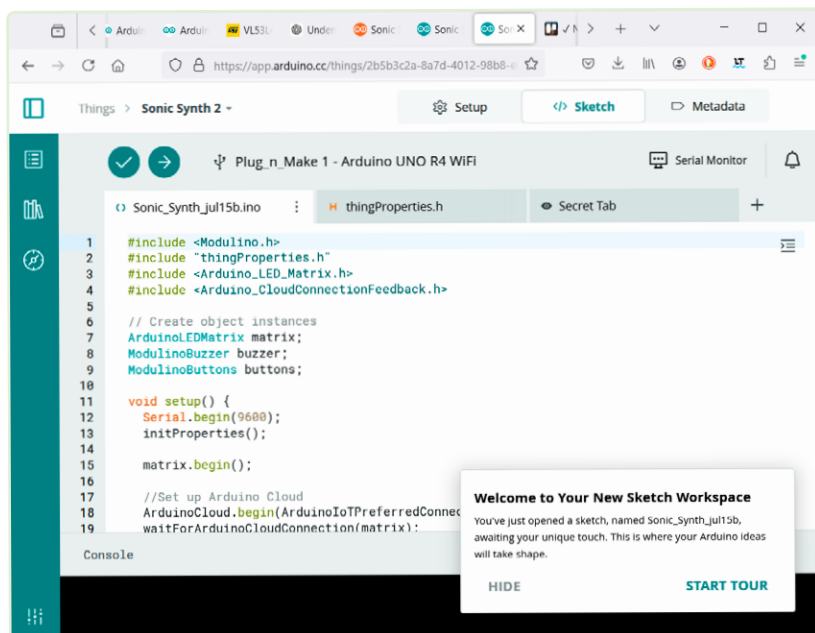
## BBC micro:bit?

Terwijl ik bezig was met de Plug and Make Kit, moest ik telkens weer denken aan de BBC micro:bit. Dat is een klein microcontrollerboard ontworpen om kinderen kennis

▲  
Figuur 7. De startpagina van de Plug and Make Kit in de Arduino Cloud.

▼  
Figuur 8. Welke Getting Started demo je precies krijgt hangt van de gebruikte Modulino-combinatie af.





Figuur 9. Een Modolino-bibliotheek wordt geïmporteerd aan het begin van de Sonic Synth-sketch.

te laten maken met programmeren en elektronica. Het richt zich op een nog jonger publiek (vanaf 10 jaar) dan de Plug and Make Kit (14 jaar en ouder). Beide boards/systemen hebben vergelijkbare specificaties: een Arm Cortex-M4 microcontroller, draadloze mogelijkheden, een LED-matrix, verschillende sensoren aangesloten op een I<sup>2</sup>C-bus, een buzzer, drukknoppen en cloud-gebaseerde programmeeromgeving en IoT-toepassingen. Het belangrijkste verschil is dat de BBC micro:bit dit alles integreert op een enkel printje, terwijl de Plug and Make Kit bestaat uit acht printjes (de Base niet meegeteld). Dus als u iets kleiner zoekt, overweeg dan ook de BBC micro:bit.

### Een nieuwe manier om Arduino te 'doen'

De Arduino Plug and Make Kit introduceert een nieuwe manier om Arduino te gebruiken. In plaats van shields op een moederboard te stapelen, worden de uitbreidings-modules (Modulino) in serie geschakeld op een I<sup>2</sup>C-bus. Deze bus wordt geleverd door een Arduino UNO R4 WiFi. Een Modulino Base is inbegrepen voor het monteren van de verschillende Modulino en de UNO R4 WiFi, waardoor een transporteerbaar systeem ontstaat.

De Plug and Make Kit is een typisch Arduino-product: fraai vormgegeven en met hoogwaardige hardware en software (ook al was het nog niet 100% klaar op het moment van schrijven omdat dit voor de officiële product-

lancering was). De kits zijn bedoeld voor elektronica-begginners, hobbyisten en makers, en worden ondersteund door een aanzienlijke hoeveelheid online-documentatie, voorbeeldprojecten en tools in Arduino Cloud.

De nieuwe Modulino-productlijn heeft volgens mij wel potentieel, vooral als ondersteuning wordt toegevoegd voor de STM32-microcontroller die op sommige ervan wordt gebruikt (bijvoorbeeld schema's, bibliotheken en, waarom niet, een bootloader). Arduino is van plan om in de toekomst meer Modulino-nodes uit te brengen, maar kan op dit moment nog geen details vrijgeven. De concurrentie is hevig in de I<sup>2</sup>C-arena. ◀

240384-03

### Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vraag of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via [clemens.valens@elektor.com](mailto:clemens.valens@elektor.com) of naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.nl](mailto:redactie@elektor.nl).



### Gerelateerde Producten

- > **Arduino Plug and Make Kit**  
[www.elektor.nl/20920](http://www.elektor.nl/20920)
- > **Clemens Valens, Mastering Microcontrollers Helped by Arduino (Elektor)**  
[www.elektor.nl/17967](http://www.elektor.nl/17967)

### WEBLINKS

[1] Arduino Plug and Make Kit: <https://store.arduino.cc/products/plug-and-make-kit>

[2] Arduino Plug and Make in de cloud (vereist een Arduino-account): <https://courses.arduino.cc/plugandmake>



# 06 Owon XDM1141 tafelmultimeter

veel waar voor je geld

Harry Baggen (Nederland)

Elke electronicus met een thuislab heeft waarschijnlijk wel eens uitgekeken naar een tafelmultimeter om zijn instrumentarium uit te breiden. Maar zo'n apparaat moet wel veel functies en goede specificaties bieden, en moet ook nog betaalbaar zijn. In dat geval kan de Owon XDM1141 een goede keuze zijn.



Figuur 1. De Owon XDM1141 wordt geleverd met een voedingskabel, een USB-kabel en meetprobes met krokodillenklemmen.

De XDM1141 (**figuur 1**) is de nieuwste toevoeging aan een serie budget-tafelmultimeters van de Chinese fabrikant Owon. Dit bedrijf heeft zich de laatste jaren gespecialiseerd in meetapparatuur die goede kwaliteit biedt voor een zeer betaalbare prijs.

Een tafelmultimeter is vaak een betere keuze dan een handheld multimeter in een thuislab, omdat het apparaat tussen andere apparaten geplaatst kan worden; het is ook uitgerust met een netvoeding, zodat u het probleemloos de hele dag aan kunt laten staan. De Owon XDM1141 is de opvolger van de bekende XDM1041, die erg populair is onder elektronicaliefhebbers. Hij heeft veel functies van zijn voorganger overgenomen, maar is nu uitgerust met een (naar mijn mening) betere behuizing.

## Hardware

De kunststof behuizing is netjes afgewerkt en met afmetingen van 20×8,8×15 cm iets dieper dan zijn voorganger, de XDM1041. Dit heeft als voordeel dat de meter stabiel op tafel staat, hoewel u de behuizing nog steeds moet vasthouden voordat u een toets indrukt om te voorkomen dat hij wegschuift.

De frontplaat en alle toetsen zijn identiek aan die van de XDM1041, ook de opties en instellingen zijn hetzelfde gebleven. Aan de onderkant zit een steun waarmee de voorkant van de meter iets omhoog kan worden gebracht.

De achterkant van het apparaat bevat een aansluiting voor de netspanning (inclusief netzekering) en een USB-connector voor aansluiting op een PC (**figuur 2**). Met de Windows -software die u bij Owon



Figuur 2. Er is ruimte voor een ventilator aan de zijkant, maar bij deze meter is die niet nodig.



Figuur 3. Het display is helder en gemakkelijk af te lezen, ook onder een hoek.

kunt downloaden, kunt u de meter via uw computer bedienen en uitlezen. Naast de gebruikelijke meetfuncties bevat het apparaat ook een dataregistratiefunctie waarmee meetwaarden handmatig of automatisch kunnen worden opgeslagen. In de automatische modus kan de gebruiker de intervaltijd en het aantal op te nemen metingen instellen (maximaal 1000).

### Mogelijkheden van de Owon XDM1141

Het grote en duidelijke display met een resolutie van 480×320 pixels toont de gemeten waarde en de functies van de softkeys rechts van het display (figuur 3). De helderheid is in vier stappen regelbaar. De maximale meetwaarde is 55.000 (4,5 digits). De meetsnelheid kan worden ingesteld op laag, midden

en hoog. Bij laag is dit iets meer dan 1 meting/s en bij hoog ongeveer 2,5 meting/s. De autoranging-functie werkt goed, maar het duurt wel even voordat de instelling correct is. Het duurt soms een paar seconden voordat het juiste bereik is gevonden en de meetwaarde verschijnt. U moet ook geduld hebben met capaciteitsmetingen, bij grotere elektrolytische condensatoren (100 µF en meer) loopt de meettijd al snel op tot meer dan 10 s.

De knop *Utility* geeft toegang tot verschillende instellingen, zoals de helderheid van het display, het type temperatuursensor, de maximale weerstand waarop de doorgangstester moet reageren en de maximale doorlaatspanning voor de diodetester. Er zijn ook instellingen voor een seriële poort, wat verwijst naar de USB-aansluiting. De zoemer produceert een vrij luide piep, maar kan in het menu worden uitgeschakeld. Het is jammer dat gemaakte instellingen niet worden opgeslagen bij het uitschakelen, voor zover ik heb gemerkt blijft alleen de helderheid van het display bewaard. Tot slot is er ook een tijdstelling voor de ingebouwde klok met back-up accu.

Met de *Dual*-knop kunt u naast de wisselspanning ook de frequentie weergeven. Door nogmaals op deze knop te drukken wisselt u tussen de spanning en frequentie op het display. De *Math*-knop biedt de optie om de maximum, minimum en gemiddelde waarde op het display weer te geven onder de gemeten waarde. Verder is er een dB-functie waarmee de belastingsweerstand kan worden ingesteld en een relatieve meting kan worden uitgevoerd..

### Nauwkeurigheid van de XDM1141

Om de nauwkeurigheid van de Owon XDM1141 te testen, heb ik hem vergeleken met twee professionele meters met een basisnauwkeurigheid van respectievelijk 0,02% en 0,03%. In alle bereiken is de nauwkeurigheid uitstekend, ruim binnen de specificaties. Vooral de meting van  $V_{DC}$  is uitstekend (beter dan de opgegeven basisnauwkeurigheid van 0,05%). Tijdens AC-spanningsmetingen viel het me op dat de meter geen waarde beneden 50 mV liet zien in het automatische AC-spanningsbereik (figuur 4). Als u handmatig overschakelt naar het  $mV_{AC}$ -bereik, worden waarden onder 50 mV correct weergegeven (boven ongeveer 5 mV). Bij gebruik van de dubbele functie ( $V_{AC}$  + frequentie) begint de frequentieweergave te werken boven ongeveer 190 mV. De weergegeven waarde blijft nauwkeurig tot ongeveer 4 kHz en wordt dan langzaam minder nauwkeurig. Dat is veel beter dan wat Owon aanpreeft (tot 1 kHz)..

Voor de frequentie/periodetijdmeting is een minimale ingangsspanning van ongeveer 380  $mV_{RMS}$  nodig voor een stabiele frequentie-weergave. Bij hogere

Figuur 4. Er kunnen tot 1000 metingen worden opgeslagen in het interne geheugen.

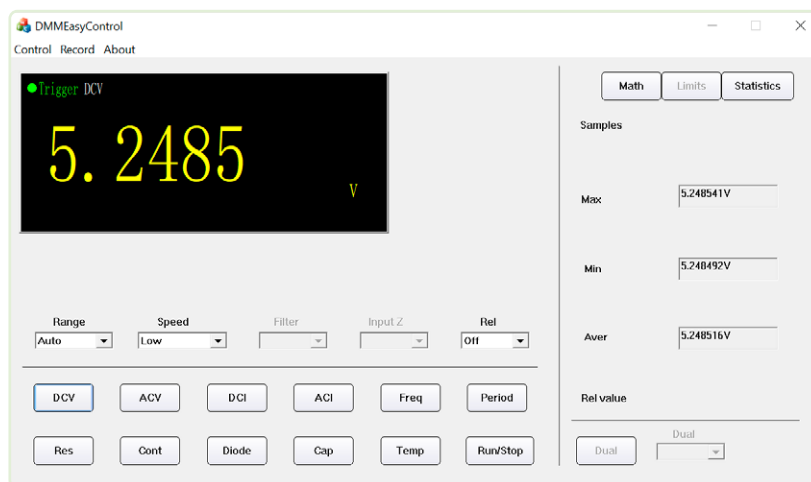
NO	MODE	VALUE
1	DCV	5.2488VDC
2	DCV	5.2489VDC
3	DCV	5.2489VDC
4	DCV	5.2489VDC
5	DCV	5.2488VDC
6	DCV	5.2488VDC
7	DCV	5.2489VDC
8	DCV	5.2489VDC
9	DCV	5.2488VDC

frequenties neemt de ingangsgoedigheid af, maar bij ongeveer  $1 V_{RMS}$  kan het gespecificeerde bereik van 60 MHz nog steeds worden gehaald (het meten van zulke frequenties is niet eenvoudig met twee banaanstekkers als ingangen). DC- en AC-stroommetingen blijven keurig binnen de specificaties van Owon (respectievelijk 0,15% en 0,5%). Erg prettig is de hoge resolutie bij stroommetingen (0,01  $\mu A$ ). Weerstandsmetingen zijn ook nauwkeurig, meestal binnen 0,1%. Capaciteitsmetingen vertonen wat grotere afwijkingen die dicht bij de specificaties van de fabrikant liggen (2,5% en 5% voor grotere waarden), maar veel multimeters hebben hier moeite mee (de enige oplossing hiervoor is een goede LCR-meter). De meter kan geen waarden meten kleiner dan ongeveer 600...700 pF; hij blijft gewoon op nul staan (om de een of andere reden werkt hij wel als u de *Rel*-functie activeert). Temperatuurmetingen zijn ook mogelijk. U kunt kiezen tussen een K-type thermokoppel en een PT100-sensor. Ik heb deze functie slechts kort geprobeerd met een thermokoppel, maar bij gebrek aan een geschikte referentie is de nauwkeurigheid niet gecontroleerd; bij kamertemperatuur gaf het display minstens een paar graden te weinig aan.

### Software

Op de website van Owon [1] is het Windows-programma *DMMEasyControl* beschikbaar, waarmee de meter vanaf een PC kan worden bediend en uitgelezen. Om het programma te installeren moet u eerst NI-VISA software van National Instruments downloaden en installeren, een pakket dat door verschillende fabrikanten van meetapparatuur wordt gebruikt als basis voor hun software.

*DMMEasyControl* is een vrij eenvoudig programma waarmee u alle functies van de meter kunt bedienen (figuur 5). Er is een data record-functie om een aantal meetwaarden via de PC op te slaan in een Excel-werkblad, en de meetseries die zijn opgeslagen in de XDM1141 kunnen ook worden overgezet naar een Excel-werkblad via *Device data export*. De XDM1141 kan verder worden aangestuurd met SCPI-commando's. Owon biedt hiervoor een uitgebreide handleiding met uitleg van alle commando's.



### Uitstekende prestaties voor de prijs

De Owon XDM1141 heeft veel te bieden voor het geld dat u ervoor betaalt. In deze prijsklasse zijn er maar weinig multimeters die zoveel opties en zo'n goede nauwkeurigheid combineren. Helaas zijn er ook wat kleine onvolkomenheden, zoals het niet onthouden van gemaakte instellingen en het feit dat lage AC-ingangsspanningen en capaciteiten niet worden weergegeven. Dit zijn problemen die waarschijnlijk opgelost kunnen worden met een firmware-update. Afgezien van deze opmerkingen is de Owon XDM1141 een prima tafelmultimeter met een uitstekende prijs/prestatie-verhouding. ◀

vertaling: Hans Adams — 240268-03

▲  
Figuur 5. Met *DMMEasyControl* kan de meter via de computer worden bediend.



### Gerelateerd product

▶ **Owon XDM1141 Multimeter**  
[www.elektor.nl/20671](http://www.elektor.nl/20671)

### WEBLINK

[1] Productpagina voor software-download: <https://tinyurl.com/4p37mr54>



# Verzwakker met automatische bereiksaanpassing

## verzwakken voor beginners

Tam Hanna (Hongarije)

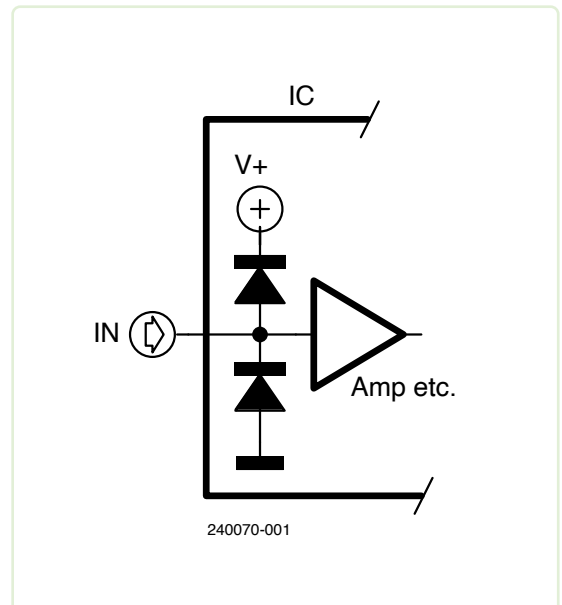
Metrologie is een van de meest uitdagende taken op het gebied van elektronica – tenminste als u geen audiofiel bent. De volgende stappen tonen een basisverzwakker voor een voltmeter, ook en vooral bedoeld om verdere experimenten aan te moedigen.

Over het algemeen hebben verzwakkers twee gezichten. Aan de ene kant genereren ze een signaal dat optimaal gebruik maakt van het bereik van de analog/digitaal-omzetter (maar dit bereik niet overschrijdt om schade aan de hardware te voorkomen).

Aan de andere kant beschermen ze de evaluatieschakeling. Multimetergebruikers verwachten tegenwoordig dat de multimeters een zo ongeveer Herculeaanse weerstand hebben (zie bijvoorbeeld [1]). Doorgaans kan dit worden bereikt door de stromen die in de component vloeien sterk te beperken. We raden in dit verband aan om eens een blik te werpen op de schakelingstopologie in **figuur 1**. In dit geval is het de taak van de verzwakker om de stroom die naar de beveiligingsdiodes gaat te beperken. Voor praktische doeleinden moet hier worden opgemerkt dat de stroom die in welke beveiligingsschakeling dan ook vloeit natuurlijk een negatief effect heeft op de nauwkeurigheid van het meetsysteem [2]. Sommige schakelingen op basis van FET's blinken uit op dit gebied. Servicehandleidingen voor oudere multimeters zijn een goede bron van inspiratie.

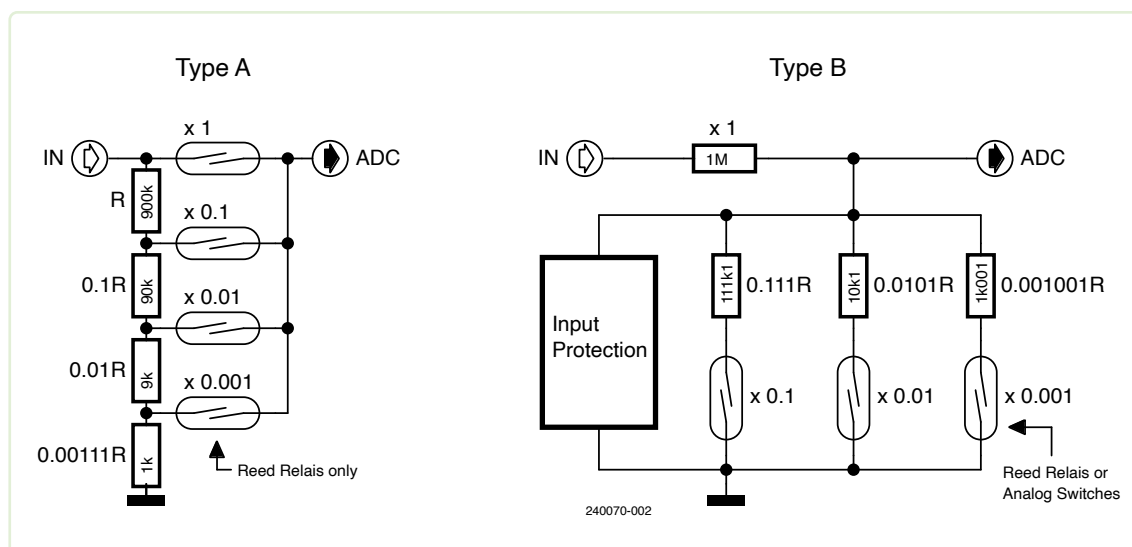
### Het klapperen van reed-relais

Renesas specificeert twee topologieën in application note AN028. Uit de praktijkervaring van de auteur blijkt dat topologie A, schematisch weergegeven in **figuur 2**, veel wordt gebruikt. Voor de dimensionering van verzwakkers van dit type wordt verwezen naar [3].



Figuur 1. De twee (parasitaire) beveiligingsdiodes maken deel uit van de stroombeperking.

Het belangrijkste voordeel van deze topologie is de constante weerstand voor de belasting. In zijn standaardwerk "Troubleshooting Analog Circuits" beschrijft analoge goeroe Robert Allen Pease problemen die worden veroorzaakt door mechanische bereikskuzeschakelaars en de daaruit voortvloeiende veranderingen in de stroom. De weerstand van de reed-relais daarentegen is in de praktijk minder problematisch dan u op het eerste gezicht zou denken. De belangrijkste reden hiervoor is de zeer geringe stroom die er doorheen loopt, vooral als er een buffer wordt gebruikt tussen de verzwakker en de ADC. Tenslotte is het nu, anders dan in de tijd van Pease, mogelijk om deze fouten gewoonweg in de software te compenseren.



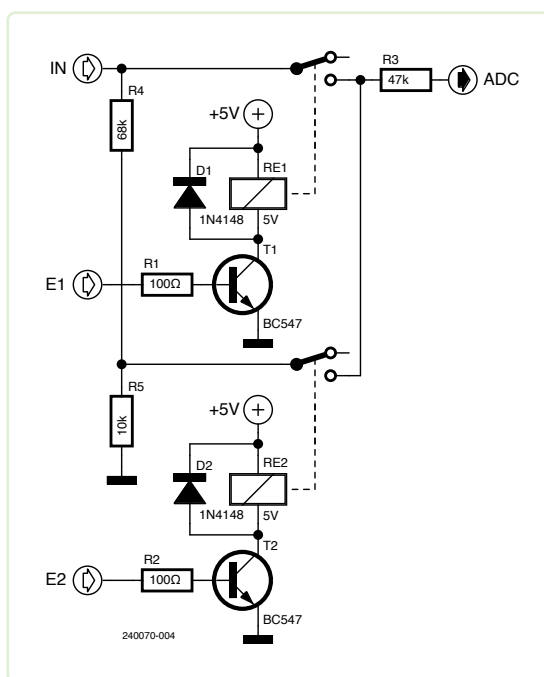
Figuur 2. De gangbare topologie A vereist het gebruik van hoogwaardige analoge schakelaars (bron: Renesas).

### Een praktijkvoorbeeld

Een praktische voorbeeldimplementatie voor de ESP32 is te zien in **figuur 3**. Vanwege de relatief lage eisen heeft de auteur twee relatief goedkope relais van Songle Relay gebruikt. Het is vooral belangrijk om het principe van *break-before-make* in acht te nemen. Het openen en sluiten van de verbindingen in de relais neemt enige tijd in beslag. Het is belangrijk om te wachten tot het ene contact volledig geopend is voordat het andere wordt gesloten.

Een verbetering zou het gebruik van een buffercondensator voor de ingang van de ADC zijn. Idealiter wordt dan een versterker gebruikt om de impedanties zuiverder gescheiden te houden. De reden hiervoor is dat sommige ADC's aanzienlijke ingangsstroompieken veroorzaken. Hoewel de hier getoonde verzwakker veel ruimte biedt voor verbetering, demonstreert het de basisprocedures voor het ontwerpen van schakelingen. De auteur hoopt dat u veel plezier zult beleven aan uw eigen experimenten. ◀

240070-03



Figuur 3. Een primitieve maar functionele verzwakker.

### Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via [tamhan@tamoggemon.com](mailto:tamhan@tamoggemon.com) of naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.com](mailto:redactie@elektor.com).

### Hobbelig maar stabiel!

In de metrologie is een constante, relatief grote fout te verkiezen boven een variërende kleinere fout. De reden hiervoor is de mogelijkheid om het systeem softwarematig te kalibreren.

### WEBLINKS

[1] DMM Information and Reviews: <https://lygte-info.dk/info/indexDMMReviews%20UK.html>

[2] The Secret Life of Diodes: <https://holzleitner.com/el/picoampere/index-en.html>

[3] The Design of Meter (and Oscilloscope) Attenuators: <https://sound-au.com/articles/meter-atten.htm>

# Knoopcel-schakelaar met ESP32-C2

hardware-ontwerp en optimalisatie

Zhang Wei (Espressif)

Met de snelle ontwikkeling van de smart home-markt is er een toenemende vraag naar efficiënte draadloze schakelaars met een laag stroomverbruik. Dit artikel presenteert een vooruitstrevende toepassing, een knoopcel-schakelaar op basis van de ESP32-C2, die uitdagingen aanpakt zoals vertraagde respons en de noodzaak voor extra gateways, waar andere draadloze schakeloplossingen zoals Bluetooth LE en Zigbee vaak mee te maken hebben.



Figuur 1. De op ESP32-C2 knoopcel-schakelaar in zijn behuizing.

De ESP32-C2 is een voordelige chip met WiFi 4 en Bluetooth 5 (LE), uitgerust met een single-core 32-bit RISC-V-processor, 272 KB SRAM en 576 KB ROM. De chip is ontworpen voor eenvoudige IoT-applicaties met een lage datasnelheid.

De knoopcel-schakelaar met de ESP32-C2 (figuur 1) maakt gebruik van een innovatief hardware-ontwerp, dat gericht is op eenvoud en een lange levensduur van de batterij. Hij is geschikt voor besturingstoepassingen met snelle draadloze communicatie (bijvoorbeeld ESP-NOW). De schakelaar heeft verschillende voordelen ten opzichte van andere draadloze schakelaars:

- ▶ door gebruik te maken van een knoopcel als voeding zijn de afmetingen van de schakelaar minimaal, waardoor allerlei vormfactoren mogelijk zijn, zoals zelfklevende schakelaars, schakelaars met meerdere toetsen, aanraak-schakelaars en draaischakelaars;
- ▶ de ESP32-C2 is volledig uitgeschakeld als hij niet wordt gebruikt, waardoor

een enkele CR2032-knoopcel tot vijf jaar meegaat (uitgaande van 10 knopdrukken per dag).

In dit artikel gaan we uitvoerig in op de implementatie van de ESP-knoopcel-schakelaar en laten we zien hoe goed deze voldoet aan de eisen van moderne smart home-technologie.

Knoopcellen zoals de veelgebruikte CR2032 zijn de meest gebruikte energiebron voor IoT-apparaten. Door de compacte vorm en het lage gewicht zijn knoopcellen uitstekend geschikt voor kleine elektronische apparaten zonder deze veel groter of zwaarder te maken. Dankzij de relatief hoge energiedichtheid kunnen ze meer energie opslaan in een kleiner volume, wat resulteert in een langere gebruiksduur. Bovendien hebben knoopcellen een lagere zelfontlading – wat betekent dat ze hun lading behouden, zelfs als ze langere tijd niet worden gebruikt. Met hun relatief stabiele spanning tijdens het ontladen spelen knoopcellen een essentiële

rol in de correcte werking van apparaten. Maar vanwege hun vormgeving leveren ze meestal minder stroom, waardoor ze ongeschikt zijn voor apparaten die meer vermogen verlangen.

Het stroomverbruik van WiFi-apparaten vormt bijvoorbeeld twee grote uitdagingen in low-power applicaties. Aan de ene kant maakt de aanzienlijke stroom bij ontvangst het lastig om de chip continu in de ontvangstmodus te houden. Aan de andere kant kan de hoge stroomsterkte tijdens het verzenden van data packets de stabiliteit van de voedingsspanning voor de chip beïnvloeden, wat kan leiden tot een ongewenste reset. In dit artikel presenteren we een knoopcel-schakelaar gebaseerd op de ESP32-C2 die deze uitdagingen aanpakt in de vorm van een evenwichtige combinatie van soft- en hardware, resulterend in een indrukwekkende levensduur van de batterij. Het artikel is verdeeld in twee secties. Ten eerste bestuderen we het hardware-ontwerp en geven we enkele tips voor de keuze van de componenten. Ten tweede evalueren we



verschillende technieken om het stroomverbruik en de opstarttijd te verminderen en meten we de daadwerkelijke prestaties.

## Het schema

Het algemene doel van het schema ontwerp is het realiseren van een robuuste en kosteneffectieve toepassing die voldoet aan de energiebehoefte van de ESP32-C2, terwijl ook de prestaties van het apparaat en de levensduur van de batterij worden geoptimaliseerd. De samenwerking met ervaren hardware-engineers en het gebruik van de juiste componenten en technieken leiden tot een succesvol ontwerp van de WiFi-knoopcel-schakelaar. Het is essentieel om bij het ontwerprekening te houden met zowel de productiekosten als de gewenste prestaties. **Figuur 2** toont een vereenvoudigd blokschema van de knoopcel-schakelaar.

In die figuur is te zien dat de knoppen niet op de gebruikelijke manier met GPIO's zijn verbonden. In plaats daarvan zijn de schakelaars verbonden met de voeding van de knoopcelschakelaar (dus als de knop wordt ingedrukt, wordt de chip ingeschakeld en worden taken uitgevoerd zoals geprogrammeerd). Als de knop wordt losgelaten, wordt de stroom volledig onderbroken. Het hardware-ontwerp ondersteunt zo maximaal vijf knoppen. Door het spanningsniveau op de I/O-poort uit te lezen, herkent de software welke knop wordt ingedrukt.

## Boost-converter

De ESP32-C2 heeft een voedingsspanning van 3,3 V nodig – hoger dan de spanning die de knoopcel levert. Daarom moet er

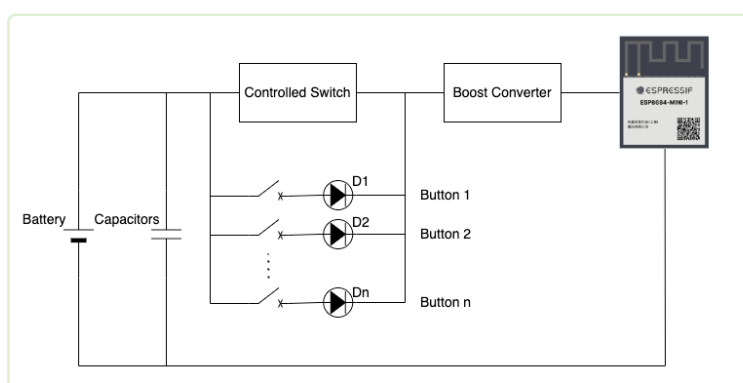
een boost-schakeling worden ontworpen om de spanning te verhogen. De stabiliteit van de voeding heeft een directe invloed op de dataoverdracht en de algehele stabiliteit van het systeem. Een goed ontworpen spanningsregelaar kan de RF-prestaties en de levensduur van de batterij verlengen. De DC/DC-converter moet zorgvuldig worden ontworpen om een efficiënte spanningsomzetting met minimaal vermogensverlies te garanderen. Bovendien moet hij een stabiele en betrouwbare voeding leveren voor de ESP32-C2, zodat deze optimaal kan presteren, zowel actief als in de slaapmodus. Bovendien moet het ontwerp rekening houden met factoren zoals stroomverbruik, dissipatie en rendement om de juiste balans te vinden tussen prestaties en stroomverbruik. De knoopcel kan worden beschouwd als een spanningsbron met een tijdens het ontladen snel toenemende inwendige weerstand. Aanvankelijk is de inwendige weerstand ongeveer  $10 \Omega$ , maar deze kan oplopen tot honderden ohm naarmate de ontladingscyclus ten einde loopt. De ESP32-C2 heeft een voedingsbron nodig die een stroom van 500 mA of meer kan leveren. De rimpel in de voeding kan de radiofrequente TX-prestaties aanzienlijk beïnvloeden. Bij het meten van de voedingsrimpel is het cruciaal om deze onder normale omstandigheden tijdens dataoverdracht te testen. De voedingsrimpel kan variëren afhankelijk van de veranderingen in de voedingsmodus. Een snellere datatransmissie kan leiden tot een grotere rimpel. Om de invloed van de hoge inwendige weerstand van de knoopcel te beperken, moet de minimale ingangsspanning van de boost-converter

zo laag mogelijk zijn, met behoud van een hoog rendement.

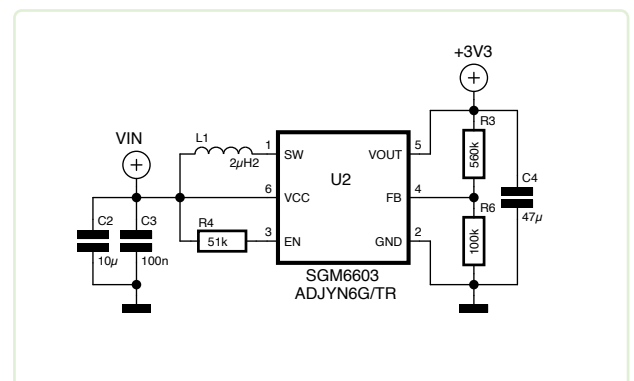
Voor dit ontwerp is de SGM6603 gekozen als boost-chip (**figuur 3**). Deze heeft een minimale ingangsspanning van slechts 0,9 V en een maximale uitgangsstroom van 1,1 A, waardoor hij geschikt is om de spanning van de knoopcel efficiënt te verhogen en te voldoen aan de stroomvereisten van de ESP32-C2.

## Keuze van de condensator

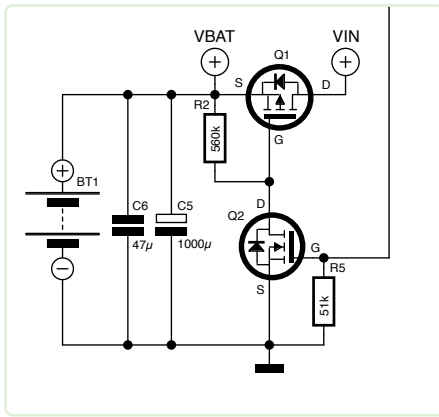
Twee groepen condensatoren zijn belangrijk voor de voeding: de condensatoren voor en achter de boost-converter. Die laatste staan meestal parallel aan de voedingsingang van de WiFi-module en stabiliseren de uitgangsspanning en verminderen de spanningsval tijdens de dataoverdracht. Grotere condensatoren resulteren in een vloeiender spanningsverandering van de voeding van de chip. Aan de andere kant volgt de spanning over deze condensatoren de voedingsspanning van de chip. Wanneer de WiFi-chip wordt ingeschakeld, worden de condensatoren geladen en wanneer de chip wordt uitgeschakeld, wordt deze set condensatoren volledig ontladen. Daarom kan het gebruik van te grote condensatoren leiden tot een verminderd systeemrendement. Het is essentieel om een balans te vinden tussen de grootte van de condensator en het rendement van het systeem. De condensatoren vóór de boost-converter staan parallel aan de batterij. Hun belangrijkste functie is het reduceren van de piekstroom van de batterij. Wanneer veel stroom wordt gevraagd, werken de condensatoren als de primaire stroombron, terwijl tijdens perioden van gering



Figuur 2. Vereenvoudigd blokschema van de knoopcelschakelaar.



Figuur 3. De SGM6603-boostchip heeft een minimale ingangsspanning van 0,9 V en een maximale uitgangsstroom van 1,1 A.



Figuur 4. Het ontwerp bevat een geregelde voedingsschakelaar met twee MOSFET's.

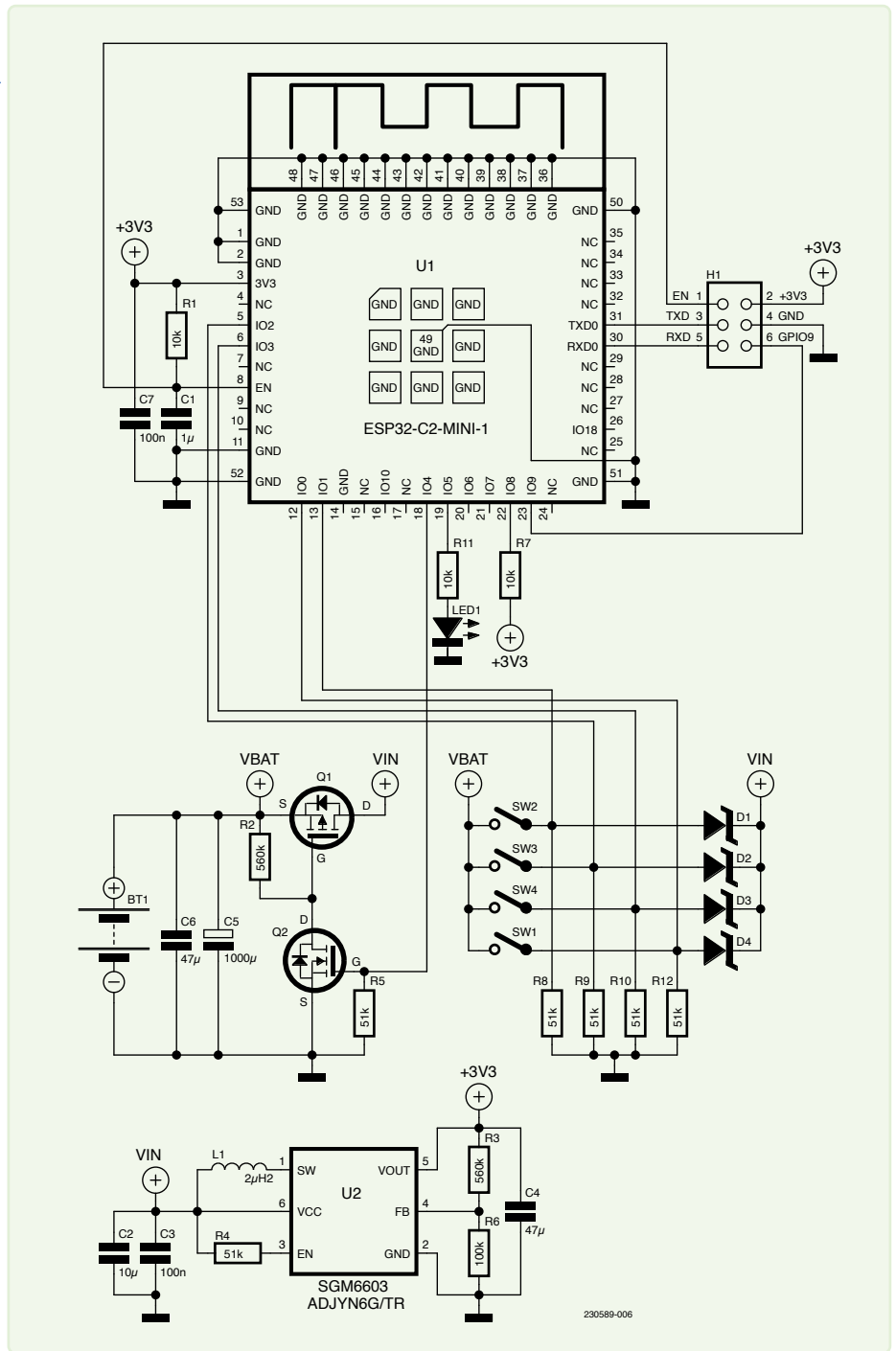
verbruik de batterij de primaire stroombron wordt die de condensatoren oplaadt. Als de boost-converter niet in bedrijf is, komt het enige stroomverbruik in het circuit van de lekstroom van de condensator. Met het oog op afmetingen en lekstroom zijn solid-state en aluminium-elco's de ideale keuze. Zo heeft een 1000µF-elco een lekstroom van ongeveer 1 µA bij een spanning van 3 V.

### Ontwerp van de geregelde aan/uit-schakelaar

In toepassingen waar de operationele levensduur van het apparaat in jaren wordt gemeten, wordt de stand-by stroom (lekstroom) als het apparaat niet werkt, een kritieke factor die de totale levensduur beïnvloedt. Om dit probleem aan te pakken, bevat het huidige ontwerp een geregelde voedingsschakelaar bestaande uit twee MOSFET's (figuur 4). Met deze schakelaar kan de chip de verbinding met de batterij activeren of verbreken, waardoor de voedingsmodule en de RF-module effectief worden ontkoppeld van de batterij als het apparaat niet in gebruik is. De twee MOSFET's zijn elektronische schakelaars die hoge stromen en spanningen kunnen verwerken.

Het volledige schema is getekend in figuur 5. Bij een knopdruk wordt het apparaat ingeschakeld omdat de chip dan met de batterij wordt verbonden. Tegelijkertijd een ADC-spanningsbemonstering uitgevoerd om te bepalen welke knop is ingedrukt.

Het gebruik van deze geregelde aan/uit-schakelaar zorgt voor efficiënt energiebeheer, waardoor onnodig energieverbruik tijdens inactieve perioden wordt vermindert en de algehele levensduur van de batterij wordt verlengd. Door de voeding en de RF-module volledig te ontkoppelen als ze niet worden gebruikt, wordt de stand-by stroom van het apparaat gemini-



Figuur 5. Het complete schema van de knopcel-schakelaar.

maliseerd, waardoor de levensduur en bruikbaarheid in verschillende elektronische consumententoepassingen worden geoptimaliseerd. Naast de bovengenoemde componenten bevat het circuit ook een minimaal ESP32-C2-systeem en een LED-indicatie.

### Software-optimalisatie

Het initialisatieproces van een WiFi-chip omvat verschillende fasen, van het opstarten tot de voltooiing van de signaaloverdracht. We hebben een grondige analyse uitgevoerd van elke fase en de duur daarvan. Standaard omvat het opstarten van de chip

de boot-opstartprocedure, de WiFi-initialisatie en de WiFi-startprocedure. Van deze processen neemt de boot-initialisatie de langste tijd in beslag en resulteert de start van de WiFi in de grootste piekstroomopname. Om de opstarttijd en het stroomverbruik te verminderen, kunnen de volgende optimalisaties worden uitgevoerd:

1. Loggen uitschakelen: we hebben de logboekuitvoer uitgeschakeld om de uitvoeringstijd en het stroomverbruik tijdens het opstarten en normaal bedrijf te minimaliseren. De bijbehorende configuraties zijn:



**Tabel 1. Energieverbruik vóór optimalisatie van het initialisatieproces.**

Actie	Duur (ms)	Gemiddeld vermogen (mW)	Energieverbruik (mJ)
Boot	490,7	50,8	24,9
Wi-Fi Init	162,5	59,6	9,68
Wi-Fi Start	51,3	263,0	13,5

**Tabel 2. Energieverbruik na optimalisatie van het initialisatieproces.**

Actie	Duur (ms)	Gemiddeld vermogen (mW)	Energieverbruik (mJ)
Boot	34,1	42,6	1,45
Wi-Fi Init	3,44	68,1	0,23
Wi-Fi Start	7,93	104,5	0,83

Deze toepassing verbetert het gemak en de efficiëntie op het gebied van smart homes en het Internet of Things. Dankzij het geoptimaliseerde ontwerp en het efficiënte energiebeheer gaat de batterij lang mee, waardoor gebruikers een betrouwbare en duurzame ervaring hebben bij de bediening van slimme apparaten. ◀

240375-03

- > `CONFIG_BOOT_ROM_LOG_ALWAYS_OFF=y`
- > `CONFIG_BOOTLOADER_LOG_LEVEL_NONE=y`
- > `CONFIG_LOG_DEFAULT_LEVEL_NONE=y`

2. De compilatie optimaliseren. De betreffende instellingen zijn:

- > `CONFIG_BOOTLOADER_COMPILER_OPTIMIZATION_PERF=y`
- > `CONFIG_COMPILER_OPTIMIZATION_PERF=y`

3. Flash-verificatie: we hebben flash-verificatie uitgeschakeld, omdat het niet essentieel was voor de werking van ons programma:

- > `CONFIG_BOOTLOADER_SKIP_VALIDATE_ALWAYS=y`

4. WiFi-kalibratie-informatie: om veelvuldige WiFi-kalibratie te voorkomen, hebben we de WiFi-kalibratie-gegevens opgeslagen in NVS (niet-vluchtig geheugen) en kalibratie uitgeschakeld:

- > `CONFIG_ESP_PHY_RF_CAL_NONE=y`

5. Omdat de ESP32-C2 de QIO flash-modus ondersteunt, kunnen we deze inschakelen. Dit kan de snelheid waarmee code wordt geladen of uitgevoerd vanuit flash bijna verdubbelen ten opzichte van de standaard DIO-modus. Het heeft nog meer effect op de opstarttijd als de firmware groter is. Dat gaat met deze opdracht:

- > `CONFIG_ESPTOOLPY_FLASHMODE_QIO=y`

Werp eens een blik op **tabel 1** en **tabel 2**. Door deze optimalisaties te implementeren

in de ESP-NOW *coin\_cell\_demo* applicatie [1], zijn we erin geslaagd om het energieverbruik tijdens het initialisatieproces te verlagen van 48,1 mJ naar 2,51 mJ. Bovendien daalde de initialisatietijd van 704,5 ms naar 45,5 ms..

In de demo zetten we, naast de configuratieoptimalisaties, de applicatie ook 30 ms in light sleep voor elke transmissie. Zoals vermeld bij de keuze van de condensatoren, staan condensatoren parallel aan de batterij. In de slaapmodus wordt de batterij de belangrijkste energiebron en laadt deze de condensatoren op. Gedurende die 30 ms worden de condensatoren bijna volledig opgeladen, zodat ze voldoende stroom kunnen leveren voor de volgende transmissie. Deze techniek maakt de software nog robuuster dan hij al was.

### Tot slot

De ESP32-C2 knoopcel-schakelaar biedt een handige en veelzijdige manier om slimme apparaten te bedienen. Door gebruik te maken van het flexibele energiebeheer van de ESP32-C2 in combinatie met een creatief hardwareontwerp, realiseert deze toepassing een knoopcel-schakelaar op basis van het WiFi-protocol, waardoor eenvoudige communicatie mogelijk is met andere apparaten die zijn uitgerust met Espressif-chips. Als onderdeel van onze toekomstige plannen willen we deze technologie integreren in de Matter-standaard (voorheen bekend als Project CHIP), waardoor flexibele besturing van meerdere apparaten en samenwerking met conventioneel gevoede apparaten met voeding mogelijk wordt.



### Over de auteur

Zhang Wei is momenteel een senior staff application engineer bij Espressif Systems. Hij is een doorgewinterde software-engineer met meer dan twintig jaar ervaring in embedded systemen, draadloze netwerken en IoT-ontwikkeling en houdt ervan om problemen op een eenvoudige en slimme manier op te lossen. Hij heeft een bachelor in elektrotechniek en computertechniek en een master in kennistechiek van de National University of Singapore en heeft zijn expertise verrijkt via functies bij technische bedrijven als STMicroelectronics, Greenwave Systems en dormakaba digital. Buiten zijn werk houdt Zhang Wei van voetbal en reizen.

### Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via [zhang.wei@espressif.com](mailto:zhang.wei@espressif.com) of naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.com](mailto:redactie@elektor.com).



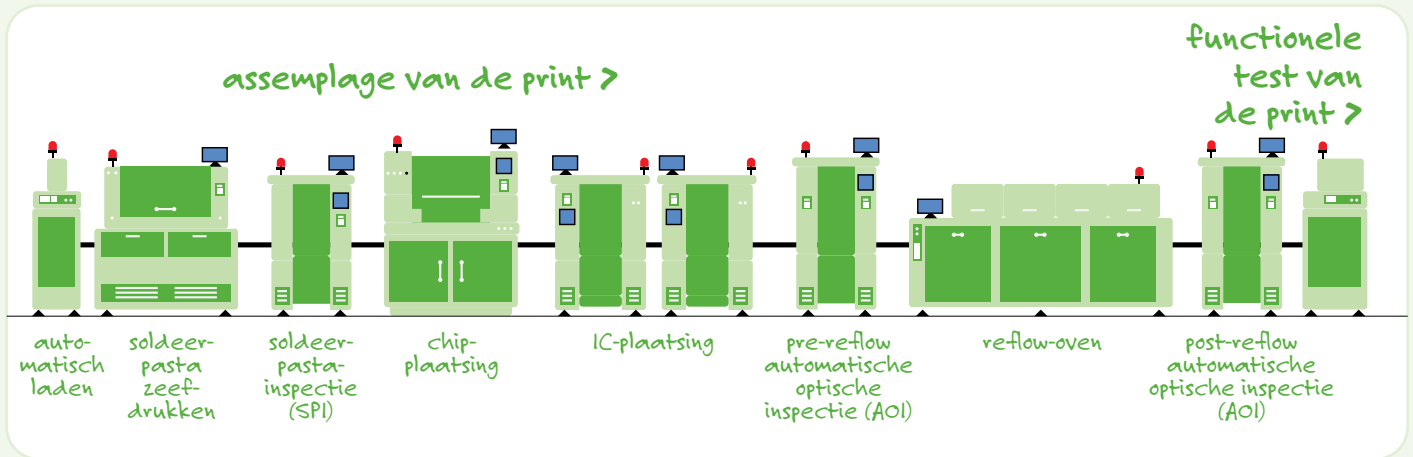
### Gerelateerde producten

- > **Espressif ESP32-productoverzicht**  
[www.elektor.nl/espressif](http://www.elektor.nl/espressif)

### WEBLINK

[1] ESP-Now *coin\_cell\_demo* [GitHub]: <https://tinyurl.com/esp-now-coin-cell>

### SMT-assemblage



Assemblage met behulp van surface mount technologie (SMT) is een meerstappenproces dat precisie, automatisering en strenge kwaliteitscontrole vereist. Het typische SMT-assemblageproces omvat de volgende belangrijkste stappen [1][2]:

- > soldeer-pasta zeefdrukken
- > soldeer-pasta-inspectie (SPI)
- > plaatsing van componenten
- > automatische optische inspectie (AOI) vóór het solderen
- > eerste artikelinspectie (FAI)
- > reflow-solderen
- > automatische optische inspectie (AOI) na het solderen
- > inspectie en test

### Opwindende trends in de SMT-industrie

Het SMT-landschap evolueert, gedreven door de constante behoefte aan kleinere, krachtigere en efficiëntere elektronische apparaten. Vooruitkijkend zijn er verschillende opwindende trends [1] die de SMT-industrie pregen:

- > **miniaturisatie en kleinere behuizingen:** een blijvende focus op kleinere en compactere ontwerpen met chip-scale packages (CSP's), wafer-level packaging (WLP) en de opkomende panel-level packaging-technologieën die een hogere componentdichtheid mogelijk maken;
- > **3D-behuizingen en through silicon via's:** verkenning van innovatieve 3D-behuizingen zoals through silicon via-technologie (TSV) voor het verticaal op elkaar op elkaar plaatsen van meerdere dies, het verkleinen van de behuizings-footprint en het verbeteren van de signaalintegriteit;
- > **nieuwe high-density interconnectietechnologieën:** de ontwikkeling van geavanceerde interconnectietechnologieën zoals embedded trace substraten en fan-out wafer-level packaging (FO-WLP) ter ondersteuning van dichtere interconnecties en hogere I/O-dichtheid;
- > **geavanceerde materialen en substraten:** onderzoek naar nieuwe materialen zoals low-loss en flexibele substraten om de signaalintegriteit te verbeteren en elektromagnetische interferentie (EMI) te verminderen, naast onderzoek naar rekbaar substraten voor wearable elektronica;
- > **Industry 4.0 en slimme productie:** invoering van Industry 4.0-principes en slimme productietechnologieën zoals IoT, big data en AI voor geoptimaliseerde processen, kwaliteitsverbetering en efficiëntere SMT-assemblagelijnen.



# De maker-beweging: vernieuwers en knutselaars verenigt u! (en laat af en toe een een zekering knallen)

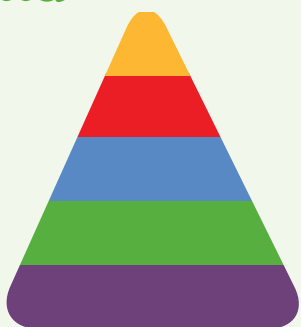
In de afgelopen jaren is het ondernemerslandschap getuige geweest van de opkomst van de maker-beweging [3], die een verschuiving markeert naar hands-on creëren en samenwerken. Ondernemers gebruiken de technologieën van de Industry 4.0-revolutie om van ingehuurd talent over te stappen op onafhankelijke vernieuwers.

Makers treffen elkaar vaak in gemeenschappelijke werkplaatsen, ook wel makerspaces genoemd, waar ze toegang hebben tot gedeelde tools, van elkaar kunnen leren en kunnen samenwerken aan projecten [4]. Makerspaces zijn er in verschillende vormen, waaronder:



## De maker-mentaliteit voor toekomstig succes

- 01 loop voorop
- 02 levenslang leren
- 03 mislukkingen zijn leerzaam



- 04 stimuleer samenwerking en tegendraadse ideeën
- 05 aanpassing en flexibiliteit

### De voordelen?

Deze beweging daagt gevestigde industrieën uit door makers in staat te stellen maatgesneden producten te maken tegen een fractie van de kosten van massaproduceerde alternatieven. In de gepersonaliseerde gezondheidszorg ontwikkelen makers bijvoorbeeld betaalbare, draagbare medische apparaten waarmee mensen hun eigen gezondheid kunnen controleren.

## WEBLINKS

- [1] What is SMT Assembly?: <https://www.pcbelec.com/what-is-smt-assembly.html>
- [2] The SMT Assembly Process: <https://www.surfacemountprocess.com/>
- [3] FasterCapital, "The Future of Maker Entrepreneurship: Trends and Opportunities," 2024: <https://tinyurl.com/Maker-Trends>
- [4] What is a Makerspace?: <https://www.makerspaces.com/what-is-a-makerspace/>
- [5] The Fab Foundation: <https://fabfoundation.org/>
- [6] C-Base, Berlin: <https://www.c-base.org/>
- [7] List of Hacker Spaces: [https://wiki.hackerspaces.org/List\\_of\\_Hacker\\_Spaces](https://wiki.hackerspaces.org/List_of_Hacker_Spaces)

# SnapMagic's evolutie en toekomst in AI-gestuurd elektronica-ontwerp



Natasha Baker, oprichter en CEO van SnapMagic.

## Vragen van Brian Tristam Williams (Elektor)

In 2018 hadden we het genoeg om Natasha Baker te interviewen, waar we spraken over het ontstaan van SnapEDA, haar innovatieve onderdelenbibliotheek voor printontwerp en de uitdagingen en triomfen van het opbouwen van een startup vanaf nul. Nu, zes jaar later, zijn we benieuwd naar de indrukwekkende vooruitgang en toekomstplannen van SnapMagic.

**Brian Tristam Williams:** Leuk om na bijna zes jaar weer bij te praten. De slogan van SnapMagic is "Your AI Copilot for Electronics Design". AI is tegenwoordig een modewoord geworden, maar was dat altijd al je motto?

**Natasha Baker:** Dat klopt. Het ging ons aanvankelijk om het creëren van wat we Google voor *elektronica-ontwerpers* noemden. Ik heb een achtergrond in elektrotechniek en bij het ontwerpen van elektronica heb je zoveel gegevens nodig – symbolen, footprints, 3D-modellen, datasheets,

prijzen en leverbaarheid. We wilden de eerste zoekmachine voor elektronica-ontwerpers maken, een plek waar ingenieurs alle gegevens konden vinden die ze nodig hadden voor elke component in hun ontwerp.

**Brian:** Jullie zijn begonnen als SnapEDA, maar de nieuwe naam SnapMagic is veel pakkender. Wat waren de beweegredenen achter de naamswijziging? Staat die voor een nieuwe bedrijfsstrategie?

**Natasha:** Absoluut. De naamswijziging weerspiegelt onze bredere visie om onze nieuwe AI-copilot voor elektronicaontwerp tot leven te brengen. Onze missie is altijd geweest om ingenieurs te helpen sneller elektronica te ontwerpen en nieuwe producten tot leven te brengen. In eerste instantie richtten we ons op het maken van een zoekmachine voor elektronicaontwerpers, maar we hebben ons in de loop der jaren gerealiseerd dat we deze gegevens kunnen koppelen aan AI om het ontwerpproces te automatiseren en ingenieurs te ondersteunen tijdens een groter deel van het traject, niet alleen bij het selecteren van onderdelen. Ons nieuwe product, *SnapMagic Copilot*, belichaamt onze kernwaarden om zaken snel en naadloos te laten verlopen voor ingenieurs, door een ervaring te creëren die bijna magisch aanvoelt.

**Brian:** Je liep al voorop waar het AI-ontwerp betrof – voordat AI een absolute trend werd. Voelde je druk om de AI-aanbiedingen te versnellen?

**Natasha:** Ingenieurs zijn ongelooflijk enthousiast over het gebruik van AI in hun ontwerpproces. We hebben honderden

feedbackgesprekken en enquêtes gehouden en het aantal aspecten waarbij AI hen kan helpen is enorm. We voelen absoluut de druk om dit op de markt te brengen. We richtten ons eerst op de integratie met een aantal PCB-tools, in de eerste plaats Altium, dat ongeveer 35% van ons gebruikersbestand uitmaakt. Daarna volgen Autodesk Fusion, KiCad en Cadence.

**Brian:** Over KiCad gesproken, dat een grote rol speelt in de Elektor-community – hoe groot is het aandeel van KiCad onder je gebruikers?

**Natasha:** KiCad heeft een aanzienlijk aandeel, rond de 20...25%. Veel ingenieurs beginnen met KiCad, vooral in startups of kleinere bedrijven, en stappen dan over naar Altium als het bedrijf en de omzet groter worden.

**Brian:** Ik heb ooit een print ontworpen met Tango PCB. Ze hadden niet alle componenten die ik nodig had, maar ik vond het leuk om elk onderdeel van de zeefdruk en de footprint zelf te maken. Wat trok je in eerste instantie aan in dat creatieve ontwerpproces?

**Natasha:** Mijn motivatie was ideeën tot leven brengen. Ik ontwierp een print voor een demonstratie op een beurs bij National Instruments, waarbij ik een Nintendo Wii koppelde aan een aangepaste print als stuurwiel. Het gebrek aan beschikbare symbolen en footprints remde me af. Wat

een paar uur had moeten duren, duurde uiteindelijk een paar dagen omdat het zo moeilijk was om de juiste gegevens te vinden. Dat proces is ongelooflijk frustrerend voor een ingenieur en die ervaring benadrukte de behoefte aan een uitgebreide, betrouwbare bron voor componentgegevens.

**Brian:** Je biedt veel gratis bronnen aan. Hoe houden jullie het hoofd boven water terwijl je zoveel gratis weggeeft?

**Natasha:** Wij geloven dat als we ingenieurs helpen, we ook de leveranciers van onderdelen helpen. Ons platform stelt meer ingenieurs in staat om producten van onze leveranciers te gebruiken. We waren al lange tijd winstgevend en konden van onze inkomsten bestaan; onlangs hebben we durfkapitaal opgehaald om in groei te investeren. Wat heel belangrijk is – en daar heb ik me heel sterk voor gemaakt – is dat we niemand's gegevens verkopen. In plaats daarvan richten we ons op het succesvol maken van de ingenieur, die op zijn beurt aan het succes van de leverancier bijdraagt.

**Brian:** Een van jullie onderscheidende kenmerken is de betrouwbare, geverifieerde onderdelenbibliotheek. Hoe garandeert u de kwaliteit en consistentie van de gegevens terwijl de bibliotheek groeit?

**Natasha:** Datakwaliteit is cruciaal voor AI-gebaseerde ontwerpen. We hebben een componententeam en veel automatiseringstechnologie om de nauwkeurigheid te garanderen. We volgen standaardgidsen en hebben een patent gekregen van het U.S. Patent & Trade Office voor onze verificatietechnologie. Onze verificatiechecker op de SnapMagic-website zorgt ervoor dat modellen voldoen aan hoge standaarden, zoals correcte silkscreenplaatsing en juiste symbol mapping. We hebben ook functies geïntroduceerd om modellen aan te passen aan de interne standaarden van ingenieurs.

**Brian:** Het is zes jaar geleden sinds je laatste gesprek met Elektor. Wat is de grootste innovatie of het grootste product waar je sindsdien aan hebt gewerkt?

**Natasha:** De grootste innovatie is onze nieuwe AI-assistent, SnapMagic Copilot. We hebben de afgelopen tien jaar een enorme database van betrouwbare modellen opgebouwd en nu combineren we die gegevens met AI om het ontwerpproces

te stroomlijnen. Het is geen ommezwaai maar een uitbreiding van onze missie om ingenieurs te helpen sneller en efficiënter te ontwerpen.

**Brian:** Zijn jullie nog steeds gevestigd in Silicon Valley?

**Natasha:** Ja, we versterken onze aanwezigheid in Silicon Valley en willen ons team dit jaar verdubbelen. We hebben medewerkers over de hele wereld, maar we richten ons op de groei van ons software-engineeringteam in de Bay Area.

**Brian:** Wat was jullie eerste ervaring toen jullie naar Silicon Valley verhuisden?

**Natasha:** Ik was meteen verliefd op Silicon Valley. Ik kwam hier voor DesignCon of PCB West, een van beide, en de technische verfijning en cultuur rond technologie waren ongelooflijk. Toen ik het bedrijf in Toronto opstartte, begreep niemand helemaal wat mijn visie was of wat EDA of CAD waren. Toen kwam ik weer naar Silicon Valley voor, ik geloof, het Y Combinator-interview, en toen ik uit het vliegtuig stapte, zag ik een enorme advertentie voor Cadence, en ik dacht: "Dit zijn mijn soort mensen en hier hoor ik thuis!"

**Brian:** Wat was de afgelopen zes jaar de meest onverwachte uitdaging of leerervaring bij SnapMagic?

**Natasha:** Het meest uitdagende aspect was om twee zaken vanuit het niets op te bouwen – het samenstellen van een enorme bibliotheek met nauwkeurige CAD-modellen en het krijgen van vertrouwen van ingenieurs en onderdelenleveranciers. We werden geconfronteerd met uitdagingen om ingenieurs te laten vertrouwen op bibliotheken van derden en om onderdelenleveranciers te informeren over de rol van digitale technologie bij winnende ontwerpen. Het was pijnlijk maar lonend om dit proces te doorlopen en vandaag de dag hebben we een uitstekende relatie met zowel onze gebruikers als onze leveranciers.

**Brian:** Je hebt zeker een holistische benadering gebruikt om je product op de markt te brengen. Ik ben blij dat we na zes jaar de kans kregen om bij te praten na zes jaar.

**Natasha:** Heel erg bedankt voor deze kans. Ik waardeer het echt. ◀

240366-03

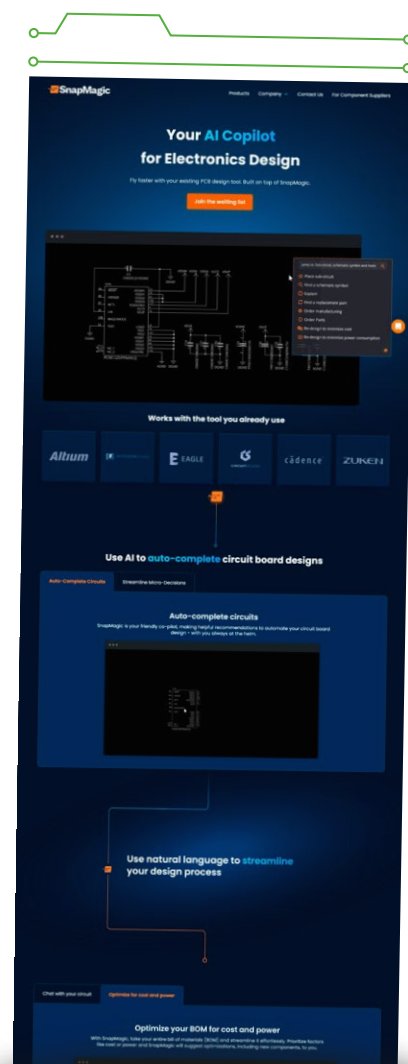
## Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via [brian.williams@elektor.com](mailto:brian.williams@elektor.com).



## Gerelateerd product

> P. Dalmaris, *KiCad 6 Like a Pro – Projects, Tips and Recipes* (Elektor 2022)  
[www.elektor.nl/20160](http://www.elektor.nl/20160)



The SnapMagic website.

## WEB LINK

[1] SnapMagic: <https://snapmagic.com>

# De Elektor Store

nooit duur, altijd verrassend!

De Elektor-store heeft zich ontwikkeld van de community-shop voor de eigen producten van Elektor (boeken, tijdschriften, kits en modules) tot een volwassen webshop die veel waardevolle elektronica-aanbiedingen heeft.

We bieden hier producten aan waar we zelf enthousiast over zijn of die we gewoon willen uitproberen. Suggesties zijn altijd welkom ([sale@elektor.nl](mailto:sale@elektor.nl)).



## Aoyue Int 866 (3-in-1) SMD Hetelucht Rework Station

De Aoyue Int 866 is een microprocessor-gestuurd 3-in-1 rework station dat ontworpen is om aan al uw reparatie- en soldeerbehoeften te voldoen. Het combineert een hetelucht pistool, een soldeerbout, een voorverwarmer en een externe sensor, samen met een geïntegreerde hetelucht pistool standaard, tot één uitgebreid tool.

Prijs: ~~€ 199,95~~

**Actieprijs: € 159,95**

[www.elektor.nl/20783](http://www.elektor.nl/20783)

## Pironman 5 Mini PC-behuizing voor Raspberry Pi 5



Verbeter je Raspberry Pi 5 met de Pironman 5, gebouwd met stevig aluminium, superieure koeling, NVMe M.2 SSD-ondersteuning, OLED-display, RGB-verlichting, standaard HDMI-poorten x2 en een veilige aan/uit-schakelaar. Het is perfect voor NAS, Home Assistant, Media en Game Centers. De Pironman 5 is niet zomaar een behuizing; het is een upgrade die uw Raspberry Pi 5 verandert in een krachtig, efficiënt en stijlvol apparaat.

Prijs: € 74,95

**Ledenprijs: € 67,46**

[www.elektor.nl/20916](http://www.elektor.nl/20916)



## Arduino Plug and Make Kit

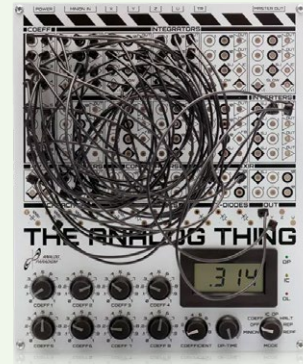


Prijs: € 94,95

Ledenprijs: € 85,46

[www.elektor.nl/20920](http://www.elektor.nl/20920)

## The Analog Thing (THAT) Analoge Computer

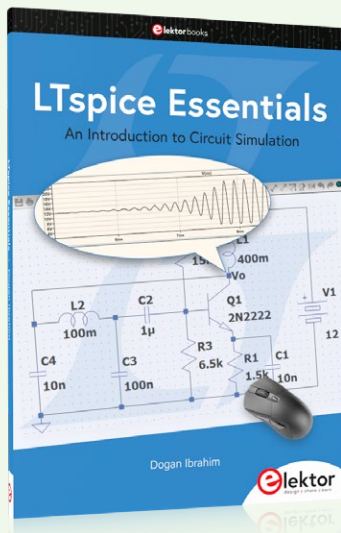


Prijs: € 499,00

Ledenprijs: € 449,10

[www.elektor.nl/20918](http://www.elektor.nl/20918)

## LTspice Essentials

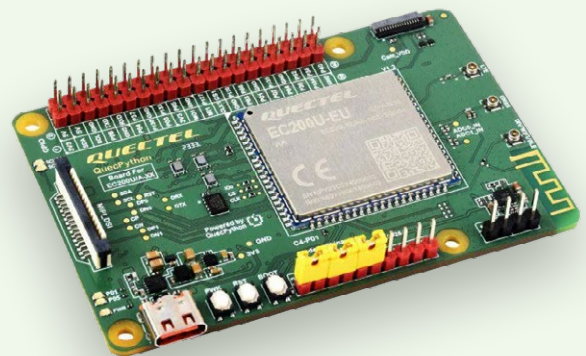


Prijs: € 34,95

Ledenprijs: € 31,46

[www.elektor.nl/20907](http://www.elektor.nl/20907)

## QuecPython EC200U-EU C4-P01 Development Board



Prijs: € 69,95

Ledenprijs: € 62,96

[www.elektor.nl/20894](http://www.elektor.nl/20894)



# Eenvoudige analoge thermostaat

compact en betrouwbaar met een NTC

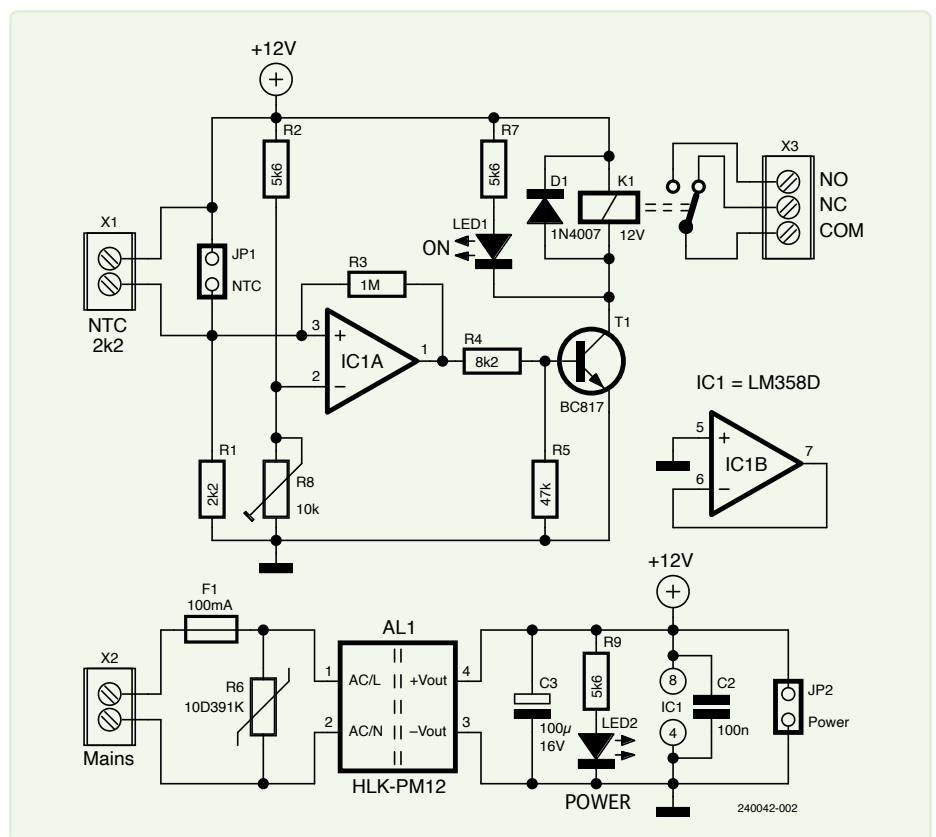
Giuseppe La Rosa (Italië)

Wilt u ergens nauwkeurig de temperatuur regelen? Met deze betrouwbare thermostaat op basis van een thermistor, met een instelbereik van ongeveer 0 °C tot 60 °C, kunt u de temperatuur perfect regelen in aquaria, terraria, boilers en meer.

Met dit eenvoudige, kleine analoge ontwerp is het mogelijk om allerlei externe belastingen aan te sturen via een geïsoleerde set NO/NC-contacten (*normally open, normally closed*) van een relais. Op die manier kunt u verwarmingsapparaten aansturen via de NC-aansluiting, of – met omgekeerde logica – voor verkoeling zorgen met ventilatoren of airco-systemen via de NO-aansluiting.

## Het schema

De thermostaatschakeling in **figuur 1** bestaat uit de operationele versterker IC1, die als comparator wordt gebruikt om het spanningsverschil te meten tussen pin 3 (niet-inverterende ingang) die naar de NTC-sensor via printkroonsteen X1 gaat, en pin 2 (inver-



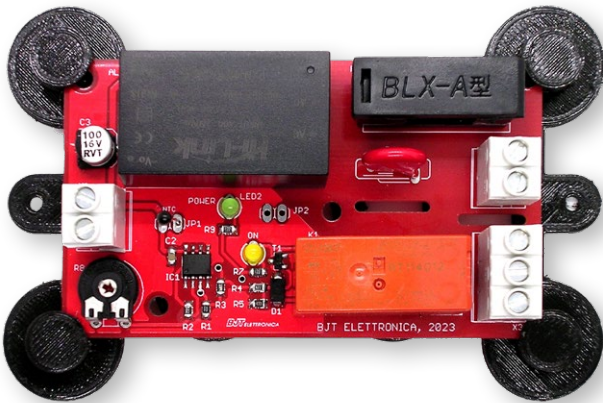
Figuur 1: Schema van de thermostaat.

terende ingang) die is aangesloten op een spanningsdeler die uit R2 en R8 bestaat. Met trimmer R8 kan de referentiespanning op pin 2, dat is de uitschakeltemperatuur van de thermostaat, worden aangepast. Thermistors met een negatieve temperatuurcoëfficiënt (NTC) hebben de eigenschap dat hun weerstand afneemt naarmate de temperatuur stijgt. Ze worden veel gebruikt binnen een

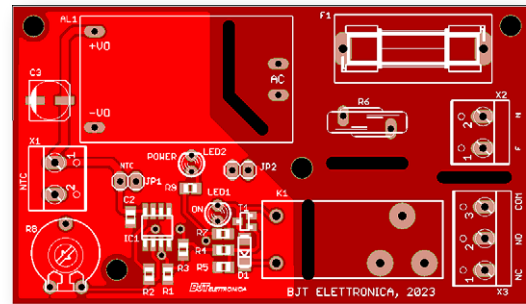
temperatuurbereik van -100 °C tot +450 °C; voordelen zijn de hoge gevoeligheid en korte reactietijd.

De overdrachtscurve heeft een exponentieel verloop dat pseudo-lineair gemaakt kan worden door een instelweerstand in serie te schakelen – zoals in dit project is gedaan – en uiteindelijk precies kunnen worden ingesteld met weerstanden parallel aan de NTC [1].





Figuur 2. Het opgebouwde prototype; de NTC is hier op JP1 gesoldeerd.



Figuur 3. Silkscreen van de print. De vier sleuven voor het verbeteren van de isolatie tussen het netspanningsgedeelte en het laagspanningsdeel van de schakeling zijn goed zichtbaar.

In dit ontwerp werd een NTC thermistor gebruikt met een nominale waarde van 2,2 k $\Omega$  bij 25 °C. Om een pseudo-lineaire respons te verkrijgen, werd weerstand R1 in serie met de NTC geschakeld, waardoor een spanningsdeler ontstaat. Wanneer de NTC-sensor wordt blootgesteld aan een temperatuur boven 25 °C, daalt zijn weerstand af, waardoor de spanning op pin 3 stijgt.

Wanneer de spanning op pin 3 hoger is dan die op pin 2, klappt de uitgang (pin 1 van de opamp) om en wordt logisch 1, waardoor transistor T1 in verzadiging wordt gestuurd en relais K1 bekrachtigd wordt. Als u moeite hebt om een NTC met een nominale waarde van 2,2 k $\Omega$  te vinden, kunt u een exemplaar met een andere waarde (bij 25 °C) gebruiken en weerstand R1 vervangen door een exemplaar met dezelfde waarde.

Met trimmer R8 kan de schakeldrempel van IC1 worden ingesteld. Weerstand R3, tussen pin 3 en pin 1 van IC1, bepaalt de hysteresis, dat wil zeggen het tolerantiebereik ( $\Delta T$ ) rond het schakelpunt. Zonder hysteresis zou relais K1, wanneer de temperatuur van de sensor dicht bij de schakeltemperatuur ligt – maar niet permanent boven of onder die waarde blijft – kunnen 'klapperen', wat slijtage van de contacten en een mogelijke storing van het aangestuurde apparaat kan veroorzaken.

De aanwezigheid van R3 zorgt ervoor dat de overgang tussen de rust- en de actieve toestand alleen plaatsvindt wanneer de temperatuur de schakeldrempel in geringe mate over- of onderschrijft, waardoor onzekerheid op het moment van schakelen wordt vermeden.

Opamp IC1B, die niet wordt gebruikt, is gecon-

figureerd als een ongebruite spanningsvolger, waarbij de niet-inverterende ingang (pin 5) aan massa ligt. Dit voorkomt ruis en zorgt voor een goede werking van de schakeling.

De voeding voor de schakeling wordt geleverd door de voedingsmodule AL1, maar kan ook van een externe bron komen; dan hoeft deze component niet gemonteerd te worden.

### Print

Het opgebouwde prototype is in **figuur 2** op 3D-geprinte houders gemonteerd. Er zijn overwegend SMD-componenten gebruikt. Het volbouwen van de print is niet moeilijk, hoewel SMD-componenten meer zorg vereisen bij het plaatsen en solderen.

De hier gebruikte print is dubbelzijdig met doorgemetalliseerde gaten en moet worden bestukt aan de hand van de componentenopdruk in **figuur 3**. Als de thermostaat wordt gebruikt om netspanning te schakelen, moeten ook de sleuven in de print worden aangebracht (zwart in **figuur 3**) om de isolatie tussen de netspanning voerende delen en het laagspanningsgedeelte van de print te verhogen.

Voor het monteren van de onderdelen zijn enkele speciale gereedschappen voor het plaatsen van SMD-componenten nodig, en een beetje handigheid kan ook geen kwaad. De soldeerbout moet bij voorkeur een type zijn met een zeer fijne punt en een vermogen van maximaal 12 W. Het gebruik van een SMD-soldeerstation is nog steeds de beste keuze. De soldeerdraad mag niet dikker zijn dan 0,5 mm. De layouts voor de print, inclusief het .stl-bestand voor de 3D-geprinte houders, kunnen worden gedownload van [2].



### Onderdelenlijst

#### Weerstanden (SMD 0805):

- R1 = 2k2
- R2 = 5k6
- R3 = 1 M
- R4 = 8k2
- R5 = 47 k
- R6 = varistor 10D391K
- R7,R9 = 1k2
- R8 = 10 k PT10-trimmer
- NTC = 2k2 (25 °C) thermistor

#### Condensatoren:

- C1 = niet gebruikt (zie tekst)
- C2 = 100 n (SMD 0805)
- C3 = 100  $\mu$ /16 V (SMD 6X5)

#### Halfgeleiders:

- D1 = M7-diode
- T1 = BC817 (SOT-23)
- IC1 = LM385D (TSSOP)
- LED1 = geel 3 mm (through-hole)
- LED2 = groen 3 mm (through-hole)

#### Diversen:

- K1 = 12V-relais, RT114012
- F1 = zekering 500 mA T (5x20) zekering met houder
- X1,X2 = 2-polige printkroonsteen
- X3 = 3-polige printkroonsteen
- AL1 = HLK-PM12 voedingsmodule



# MAZZELAAR!



GRATIS  
DOWNLOAD

Een e-zine abonnee mist nooit het maandelijkse 'reverse project'

Nog geen abonnee? Schrijf je in voor onze gratis e-zine op [elektormagazine.nl/ezine-24](https://elektormagazine.nl/ezine-24)

