

SPECIALE EDITIE

CIRCUIT SPECIAL 2024

ontwerpideeën, tips en trucs

132

pagina's!

40+

schakelingen
& projecten

- > Digitale belasting voor grote stromen
- > Stemmenrover
- > Verzwakker voor audiosignalen
- > Universele infraroodschakelaar
- > Low-power apparaten voeden met powerbanks

- > Klasse-A audioversterker met stroomuitgang
- > Deuropener voor muzikaal getalenteerden
- > Schakelaar met vingerafdruk-sensor

- > Poets uw acculader op
- > DC-DC converter voor 3 A
- > Audio-keuzeschakelaar met versterkingsregeling
- > Infrarood-telegrafie

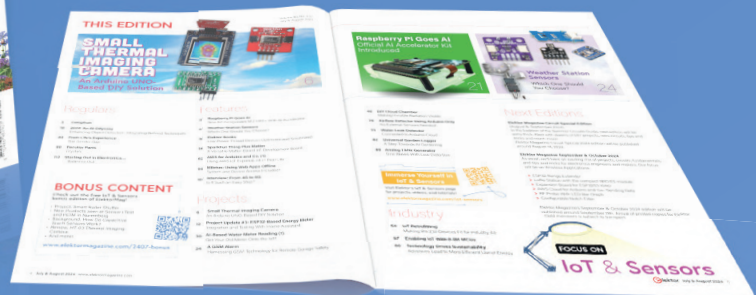


BP 8 4710966 101223

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

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 | www.elektormagazine.nl

Voor al uw vragen: service@elektor.nl

Lid worden: www.elektormagazine.nl/abo

Advertenties

Raoul Morreau

Tel. +31 (0)6 4403 9907

raoul.morreau@elektor.com

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 Rijsoctrooiwet 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.

Druk

Senefelder Misset, Mercuriusstraat 35,
 7006 RK Doetinchem (Nederland)

Distributie

Betapress, Nederland – AMP, België



Jens Nickel

Hoofdredacteur Elektor Magazine



Elektronica in de openlucht

Het is zomer op het noordelijk halfrond en dat betekent bij Elektor een extra dik nummer vol projecten. Vele decennia geleden verscheen deze “Halfgeleidergids” altijd in de zomer. De redacteurs en grafisch ontwerpers konden dit nummer, dat niet bijzonder actueel hoefde te zijn, gedurende de eerste helft van het jaar voorbereiden. Daarna hadden ze een paar weken vrij om van de zomervakantie te genieten. We hebben nu lezers over de hele wereld en onze deadline-kalender is sindsdien veranderd, maar onze zomertraditie is gebleven – we kunnen aan de verkoopcijfers in de kiosk zien dat dit nummer nog steeds een van de populairste is. Ik denk dat projecten sowieso goed passen bij de zomer. Veel projecten zijn geschikt voor mobiel gebruik, en dit nummer maakt daar geen uitzondering. We presenteren een belasting voor het testen van voedingen (bladzijde 6), een schakeling die voorkomt dat powerbanks uitschakelen (bladzijden 27 en 30) en een afstandsbediening voor audioversterkers (bladzijde 60).

In ieder geval vind ik het erg leuk om draagbare apparatuur uit te proberen bij warm weer in de openlucht. Natuurlijk worden er speciale eisen gesteld aan elektronica voor buitenshuis, wat het nog veel spannender maakt. Zo'n project moet robuust, eenvoudig te bedienen en zelfstandig zijn. U moet rekening houden met de juiste voeding, een goede behuizing en hoe onderdelen gemakkelijk vervangen kunnen worden. Aangezien audio-elektronica voor buiten mijn nieuwe passie is, heb ik in ieder geval veel geleerd – van het ontwerp van compacte printen tot het gebruik van robuuste connectortypen, van de sterke en zwakke punten van powerbanks tot het spanningsbereik van schakelaars.

In deze uitgave vindt u meer dan 40 projecten om te bouwen en te leren. Maar dat is nog niet alles: we hebben ook nog een bonusnummer samengesteld met nog meer schakelingen, een vraaggesprek met een maker en nog veel meer. U vindt deze gratis PDF-editie (en nog veel meer content over het onderwerp ‘schakelingen en het ontwerp daarvan’ op onze themapagina op www.elektormagazine.nl/schakelingen-schakeling-ontwerp.

Ontwikkel met ons mee!



De cover van deze Summer Circuit is een mozaïek van Elektor-omslagen. Onze art director Harmen Heida gebruikte de cover van een oude Halfgeleidergids als uitgangspunt. Een high-res versie (waarop u kunt inzoomen!) is beschikbaar op

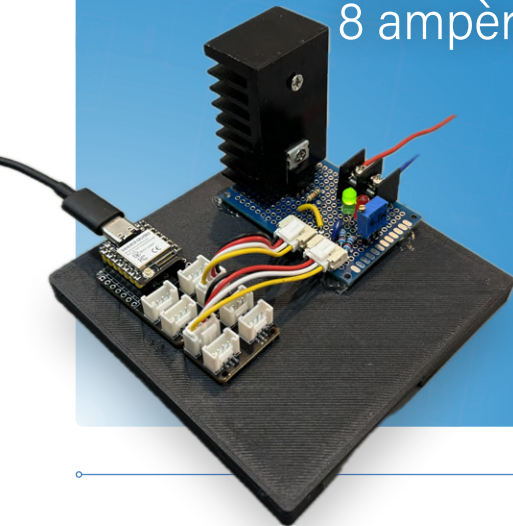
www.elektormagazine.com/summer-circuits-mosaic

Ons team

Internationaal hoofdredacteur: Jens Nickel | **Content Director:** C.J. Abate | **Internationale redactie:** Asma Adhimi, Roberto Armani, Eric Bogers, Jan Buiting, Stuart Cording, Rolf Gerstendorf (RG), Ton Giesberts, Ouafae Hassani, Hedwig Hennekens, Saad Imtiaz, Alina Neacsu, Dr. Thomas Scherer, Jean-Francois Simon, Clemens Valens, Brian Tristram Williams | **Vaste medewerkers:** David Ashton, Tam Hanna, Ilse Joostens, Prof. Dr. Martin Ossmann, Alfred Rosenkränzer | **Vormgeving & Layout:** Harmen Heida, Sylvia Sopamena, Patrick Wielders | **Directeur:** Erik Jansen | **Technische vragen:** redactie@elektor.com

Digitale belasting voor grote stromen

8 ampère en meer



6



Stemmenrover

instant karaoke-schakeling

10

Rubrieken

- 3 Voorwoord
- 66 Digitale isolatoren
eenvoudige realisatie van galvanische isolatie
- 94 Review: Fnirsi SWM-10
intelligent draagbaarpuntlasapparaat
- 98 Soldeertechnieken
doe het meteen goed!
- 116 Elektor boeken
actieve componenten – de diode
- 127 Ontwerptip
ESP32 met één Li-ion-cel
- 130 Hexadoku

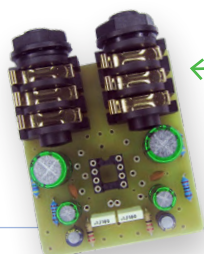


- 30 Low-power apparaten voeden met powerbanks
- 32 Kleine klasse-A audioversterker met stroomuitgang
- 34 Pseudo-symmetrische module
- 37 Automatische NiMH-lader
- 40 Thyristorgebaseerde voedingsbeveiliging
- 42 Schakelaar met vingerafdruk-sensor
- 44 DC-DC converter voor 3 A
- 46 Noviteiten van de Arduino Project Hub
Zelfbouw roterend LED-display
Zelfbouw-digitizer voor 16mm-films
Deurslot met smartphone-zaklamp
ChatGPT via Arduino IoT Cloud



Projecten

- 6 Digitale belasting voor grote stromen
- 10 Stemmenrover
- 12 Audio A/B-keuzeschakelaar met versterkingsregeling
- 14 Beter laden voor de LIR2032
- 16 Simpele aanraaksensoren
- 20 Universele infraroodschakelaar
- 24 Microcontroller-gestuurde loeidoos
- 27 USB-accu-interface



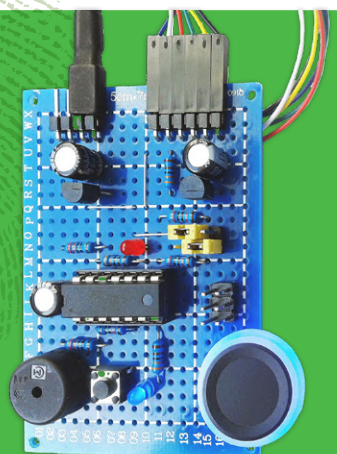
- 50 Bewaking voor een boiler
- 52 Verzwakkers voor audiosignalen (1)
- 54 Poets uw acculader op (1)
- 60 Een board voor 'de Blauwe'
- 64 50Hz-referentie uit 60Hz-netspanning
- 70 Compacte 12W-hifi-monoversterker
- 73 Zaagtandgenerator met LM386
- 74 Driefasen-generator

Jack in en jack uit
een handige insert
voor audioschakelingen

124

Schakelaar met vinger-afdruk-sensor

nuttige identiteitscontrole



42

Kleine klasse-A audioversterker met stroomuitgang

stuur luidsprekers aan met stroom in plaats van spanning



32

- 76 Deuropener voor muzikaal getalenteerden
- 80 Elektor-klassieker: Surf Synthesizer
- 83 Poets uw acculader op (2)
- 88 Lampstroom-monitor
- 92 Infrarood-telegrafie
- 96 Stereo audio-codec voor ESP32 en co.
- 106 Verzwakkers voor audiosignalen (2)
- 110 USB-C voeding
- 113 Drie schakelingen met twee en drie teller-IC's
- 120 Timer voor extreem lange tijden
- 124 Jack in en jack uit



Binnenkort

Elektor september/oktober 2024

Zoals u van ons gewend bent, hebben we een opwindende mix samengesteld van projecten, schakelingen, achtergrondinfo en tips en trucs van en voor engineers en makers. De focus ligt op draadloze applicaties.

- › ESP32-bereiksuitbreiding
- › LoRa-station met de compacte WIO E5-module
- › Uitbreidingsboard voor ESP32S3 XIAO
- › Satelliet-LNB's aanpassen voor 10GHz-experimenten
- › Modelspoorbaan met camera
- › RF-probe met LED-balk-uitlezing
- › LoRa-node op zonne-energie
- › Configureerbaar notchfilter

Elektor september/oktober 2024 verschijnt omstreeks 11 september 2024. Alle aankondigingen onder voorbehoud.

BONUS CONTENT

Speciaal voor u: de Circuit Special bonuseditie van Elektor Mag!

- Verzwakker met automatische bereiksaanpassing
- Kleine muziekdoos: modern maar met vintage flair
- Eenvoudige analoge thermostaat
- PIR-schakelaar: infrarood-nabijheidsschakelaar
- Review: Owon XDM1141 Bench Multimeter

en nog veel meer!

www.elektormagazine.nl/schakelingen-schakeling-ontwerp



Duik in de wereld van schakelingen en ontwerpen

Bezoek de Circuits & Circuit Design-pagina van Elektor voor projecten, video's en tutorials!

www.elektormagazine.nl/schakelingen-schakeling-ontwerp





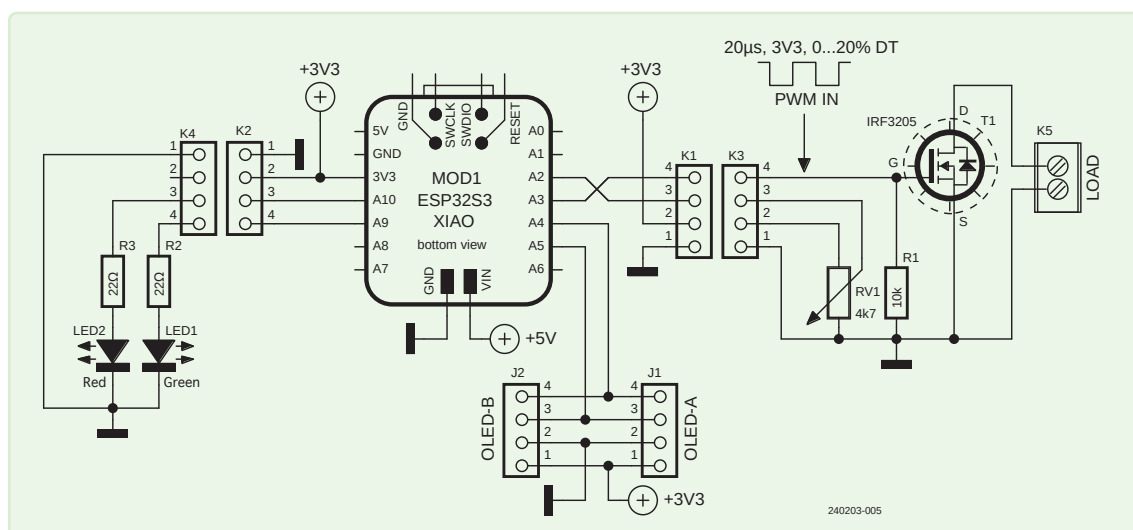
01 Digitale belasting voor grote stromen

van noodzaak tot innovatie

Hebt u zich ooit midden in een project gerealiseerd dat u niet de juiste apparatuur hebt? Dat is precies wat mij overkwam – ik wilde mijn AmpVolt-vermogensmeter tot het uiterste dwingen, maar ik had geen DC-belasting voor meer dan 2 A. Maar wat doe je als je weinig tijd en middelen heeft? Juist – innoveren! Met deze op een MOSFET gebaseerde schakeling kan ik zo'n 8 A of meer bereiken.

In elk lab kan het belang van testapparatuur niet genoeg worden benadrukt. Het betekent vaak het verschil tussen 'goed genoeg' en perfectie. Hoogwaardige testapparatuur zorgt ervoor dat de ontworpen hardware voldoet aan de verwachtingen en onder verschillende omstandigheden blijft presteren, zodat wordt voldaan aan de hoge

normen die worden verwacht bij moderne elektronica. Maar als geen testapparatuur ter beschikking staat en de tijd dringt, of als we gewoon 'nu meteen' willen testen, dan moeten we zelf een oplossing bedenken. Dit is precies de situatie waarmee ik werd geconfronteerd toen ik de grenzen van de Amp/Volt-vermogensmeter [1] wilde testen en ik geen apparaat had waarmee ik met meer dan 2 A kon belasten. Deze beperking dwong me een kleine, maar effectieve oplossing te ontwikkelen die kan worden gebruikt als er geen 'echte' DC-belasting beschikbaar is. Wanneer we de term 'belasting' in de elektronica gebruiken, denken we vaak als eerste aan een vermogensweerstand. Het concept van een digitale belasting biedt echter aanzienlijke voordelen vergeleken met de traditionele resistieve opties, wat vooral gunstig is in moderne testomgevingen. Een digitale belasting maakt gebruik van vermogenshalfgeleiders zoals MOSFET's, IGBT's, BJT's enzovoort om zich dynamisch aan te passen aan wisselende elektrische omstandigheden, waardoor een nauwkeurige simulatie van elektrisch gedrag mogelijk wordt zonder dat handmatige aanpassingen nodig zijn. Dit stroomlijnt testprocessen en verhoogt de nauwkeurigheid. Bovendien kunnen digitale belastingen meet- en datalogging-mogelijkheden integreren, gekoppeld aan efficiënt thermisch beheer en ingebouwde veiligheidsfuncties.



Figuur 1. Het schema van het project.



Figuur 2. Testopstelling, met gebruik van een signaalgenerator om de schakeling met een PWM-sigitaal aan te sturen.

De schakeling

Het schema staat in **figuur 1**. De IRF3205-MOSFET [2] is bewust gekozen. Met een maximaal toelaatbare spanning van 55 V en een maximale stroom van 110 A kan hij zware tests zonder aarzeling aan. Met een koellichaam kan hij probleemloos warmte afvoeren, ondanks de strenge eisen die aan continue vermogensdissipatie worden gesteld. Centraal in het ontwerp staat het kleine XIAO ESP32S3 [3] microcontroller break-out board van Seeed. Om het bouwen van het prototype te vereenvoudigen, heb ik een zeer compact uitbreidingsboard voor deze XIAO-module gebruikt. (Inmiddels hebben we ons eigen Elektor XIAO-uitbreidingsboardontwikkeld, zie [4].) Op zo'n uitbreidingsboard zijn de GPIO's op de pinheaders van het XIAO-board voorzien van Grove-connectoren, die altijd een pin voor GND, een pin voor 3,3 V en twee input/output/bus-pinnen hebben. Deze connectoren zijn in het schema te zien als K2, K1, J1 en J2, de laatste twee zijn speciaal voor I²C. K2/K4 zijn met elkaar verbonden om LED1 en LED2 aan te sturen, die worden gebruikt om de bedrijfsstatus aan te geven en visuele feedback te geven over de toestand van de belasting. K1/K3 worden gebruikt met een PWM-uitgang die de MOSFET schakelt en een analoge ingang die de stand van de potmeter registreert. Met die laatste is het mogelijk om de firmware de PWM duty cycle te laten aanpassen, wat in nauwkeurige instelling van de belasting voorziet.

R1 is een pull-down weerstand tussen de gate en de source van de MOSFET, die ervoor zorgt dat de gate goed wordt ontladen als het PWM-sigitaal uit is, waardoor onbedoeld schakelen wordt voorkomen. Het schema van de digitale belasting bevat opties voor toekomstige uitbreidingen, zoals een OLED-display en een stroomsensor. Omwille van de eenvoud van het initiële ontwerp wordt echter een potmeter gebruikt voor eenvoudige handmatige regeling van de belasting. Deze aanpak maakt een basisbediening mogelijk en houdt tegelijkertijd de deur open voor complexere functionaliteit die later kan worden geïntegreerd.

Testopstelling

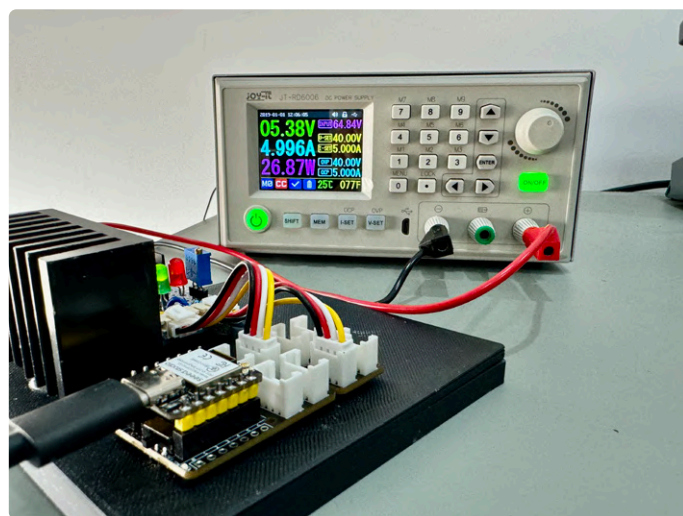
Ik heb een test gedaan met het rechterdeel van de schakeling, door een PWM-sigitaal van een signaalgenerator aan te sluiten op pen 4 van K3. Een digitale voeding was aangesloten op connector K5, met

de source van T1 verbonden met de negatieve klem en de drain van T1 verbonden met de positieve klem van de stroombron. Daarna werd een PWM-sigitaal op de gate gezet met een periode van 20 μ s, een amplitude van 3,3 V_{pp} en een duty cycle van 3...50%, terwijl ik de stroom door de MOSFET met de digitale voeding en een multimeter heb gemeten.

Bij een duty cycle van ongeveer 21,3% trok de elektronische belasting bijna 4,9 A (**figuur 2**). Het verder opvoeren van de duty cycle kan de stroom nog verder verhogen, maar dan wordt de behuizing van de MOSFET ook warmer, tot wel 70 °C (zonder actieve koeling) dus het is aan te raden om een groot koellichaam met actieve koeling te gebruiken. Het gebruik van twee of meer MOSFET's parallel kan ook de maximale stroom verhogen en de temperatuur verlagen.

Software

De firmware werd gebouwd met Arduino IDE, om een PWM-sigitaal te genereren met behulp van een ESP32, een potentiometer om de duty cycle aan te passen en LED's om de status van het systeem aan te geven (**listing 1**). Als eerste worden de pinnen voor de potentiometer, PWM-uitgang en LED's gedefinieerd, en worden de PWM-parameters ingesteld, waaronder een frequentie van 50 kHz, een resolutie van 8 bits en een maximale PWM-waarde van 255. In de setup-functie wordt de seriële interface geïnitieerd voor debugging en worden de LED-pinnen geconfigureerd als uitgangen. De PWM wordt uitgevoerd op de gespecificeerde pin met de gedefinieerde frequentie en resolutie. In eerste instantie leest de code de stand van de potentiometer en controleert of deze de minimum-spanningsdrempel overschrijdt. Als dat het geval is, gaat de rode LED branden en wacht het systeem tot de gebruiker de potentiometer op zijn minimumwaarde instelt. In de hoofdloop leest de code continu de waarde van de potmeter en zet deze om in een spanning die de duty cycle van het PWM-sigitaal bepaalt in een bereik van 0 tot 50% van de maximale waarde. Een sigitaal met deze duty cycle wordt vervolgens naar de PWM-pin gestuurd. De groene LED gaat aan om de normale werking aan te geven.



Figuur 3. De digitale belasting met ESP32 is aangesloten op een voeding en meet en regelt de stroom.

Bovendien stuurt de code debuginformatie, inclusief het duty cycle-percentage en de potmeterspanning, naar de seriële monitor. **Figuur 3** toont het systeem in actie, waarbij de belasting wordt aangepast met behulp van van de potentiometer.

Voor degenen die dit project willen nabouwen of aanpassen, zijn alle schema's en de code beschikbaar op GitHub [5]. Daarmee kunt u dan

aan de slag om de elektronische belasting aan te passen aan eventuele bijzondere eisen. Omdat we een ESP32 gebruiken, is het mogelijk om de digitale belasting draadloos te bedienen, door een webserver op de ESP32 te laten draaien om de belasting via een webinterface (WiFi of zelfs via internet) te bedienen. De mogelijkheden zijn eindeloos! 

vertaling: Willem den Hollander — 240203-03



Listing 1: Basis-firmware.

```
#include <Arduino.h>

// Pin definitions
#define POT_PIN 3
#define PWM_PIN 2
#define RED_LED_PIN 9
#define GREEN_LED_PIN 8

// PWM parameters
const long pwmFrequency = 50000; // 50 kHz to achieve a 20 us period
const uint8_t pwmResolution = 8; // 8-bit resolution for PWM
const uint8_t maxPwmValue = 255; // Maximum value for 8-bit resolution PWM

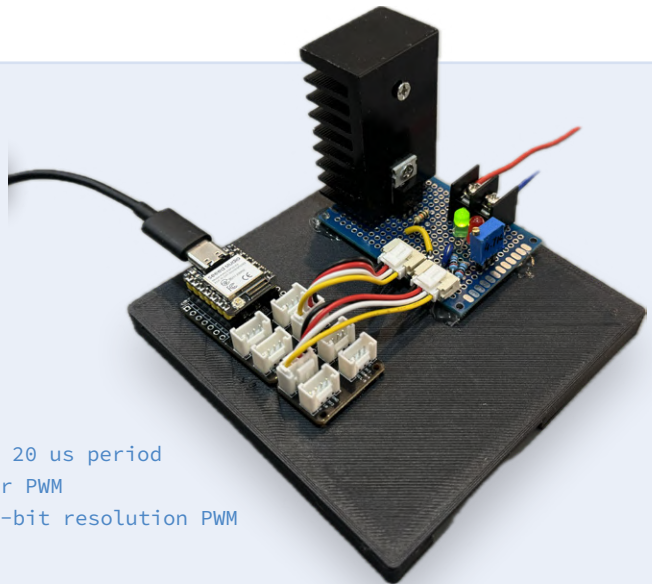
// ADC and Voltage settings
const float referenceVoltage = 3.3; // ADC reference voltage in volts
const int adcMaxValue = 4095; // Maximum ADC value for 12-bit resolution
const float minimumVoltage = 0.1; // Minimum voltage threshold to start PWM

void setup() {
  // Initialize Serial for debug output
  Serial.begin(9600);

  // Set up LED pins
  pinMode(RED_LED_PIN, OUTPUT);
  pinMode(GREEN_LED_PIN, OUTPUT);

  // Initialize PWM on pin
  ledcSetup(0, pwmFrequency, pwmResolution);
  ledcAttachPin(PWM_PIN, 0);

  // Check initial position of the potentiometer
  float initialVoltage = (analogRead(POT_PIN) * referenceVoltage) / adcMaxValue;
  if (initialVoltage > minimumVoltage) {
    digitalWrite(RED_LED_PIN, HIGH); // Turn on red LED
    digitalWrite(GREEN_LED_PIN, LOW); // Make sure green LED is off
    while ((analogRead(POT_PIN) * referenceVoltage / adcMaxValue) > minimumVoltage) {
      // Wait for the user to adjust the potentiometer to minimum
      delay(100); // Delay to avoid excessive reading
      Serial.println("Adjust potentiometer to minimum to start.");
      Serial.println((analogRead(POT_PIN) * referenceVoltage / adcMaxValue));
    }
  }
}
```




```
// Potentiometer is at minimum value, proceed with normal operation
digitalWrite(RED_LED_PIN, LOW);
digitalWrite(GREEN_LED_PIN, HIGH);
}

void loop() {
  // Read the potentiometer value and convert to voltage
  float potVoltage = (analogRead(POT_PIN) * referenceVoltage) / adcMaxValue;

  // Calculate the PWM duty cycle (0 - 50% of maximum PWM value)
  int pwmDutyCycle = map(potVoltage * 1000, 0, referenceVoltage * 1000, 0, 128);

  // Set the PWM duty cycle
  ledcWrite(0, pwmDutyCycle);
  digitalWrite(GREEN_LED_PIN, HIGH);
  // Debug output to Serial Monitor
  Serial.print("Duty Cycle: ");
  Serial.print((float)pwmDutyCycle / maxPwmValue * 100);
  Serial.println("%");
  Serial.print("Potentiometer Voltage: ");
  Serial.print(potVoltage);
  Serial.println(" V");
}
```



Over de auteur

Saad Imtiaz (Senior Engineer, Elektor) is een mechatronica-ingenieur met ervaring in embedded systemen, mechatronische systemen en productontwikkeling. Hij heeft met talloze bedrijven, variërend van start-ups tot globale ondernemingen, samengewerkt aan prototyping en ontwikkeling. Saad heeft ook gewerkt in de luchtvaart-industrie en heeft een technologische start-up geleid. Bij Elektor is hij verantwoordelijk voor projectontwikkeling op het gebied van software en hardware.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via saad.imtiaz@elektor.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



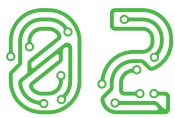
Gerelateerde producten

- > Joy-IT HD35 USB Load Resistor (35 W)
www.elektor.nl/19164
- > Owon DGE3062 2-ch Arbitrary Waveform Generator (60 MHz)
www.elektor.nl/20500
- > Owon SPE6102 DC Power Supply (200 W)
www.elektor.nl/20501



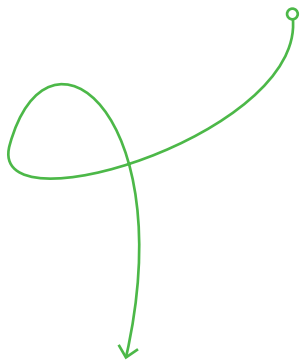
WEBLINKS

- [1] Saad Imtiaz, "AmpVolt: een modulaire DC-vermogensmeter (deel 1)", Elektor mei/juni 2024: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-343/62863>
- [2] IRF3205PbF-datasheet: https://infineon.com/dgdl/Infineon-IRF3205-DataSheet-v01_01-EN.pdf?fileId=5546d462533600a4015355def244190a
- [3] Seeed Studio XIAO ESP32S3: <https://seeedstudio.com/XIAO-ESP32S3-p-5627.html>
- [4] Saad Imtiaz en Jens Nickel, "Elektor eXpansion Board v1.0", Elektor september/oktober 2024: <https://elektormagazine.nl/230250-03>
- [5] Github-repository elektronische belasting met ESP32: <https://github.com/ElektorLabs/esp32-digital-load/>



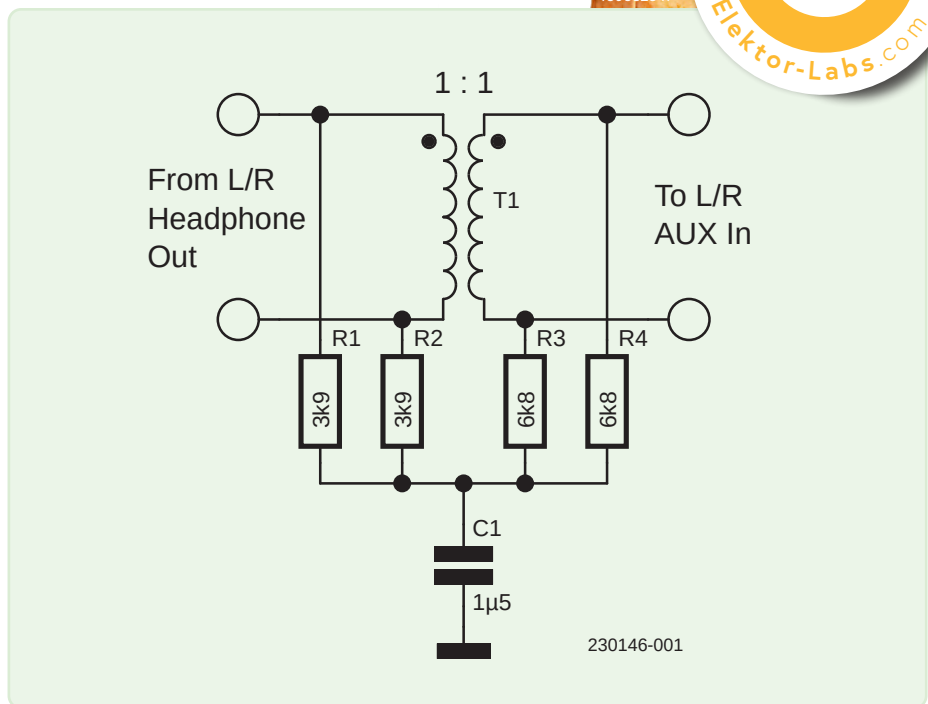
Stemmenrover

instant karaoke-schakeling



Raymond Schouten (Nederland)

Deze kleine schakeling verwijdert het grootste deel van de leadzang uit een muzieknummer. U hebt slechts een kleine audiotransformator, vier weerstanden en een condensator nodig – een voeding is overbodig!



Figuur 1. Het schema.

De leadzang bevindt zich meestal in het midden van het stereobeeld, dus door de linker en de rechter audiosignalen van elkaar af te trekken kan de zang gemakkelijk uit het nummer worden verwijderd. Aan de andere kant bevinden de bassignalen zich ook in het midden en die mogen niet worden verwijderd, omdat het geluid dan aan diepte verliest. De schakeling in dit artikel lost dit op door een bypass voor de lage tonen te implementeren.

Toepassing

De belangrijkste toepassing en het voordeel van de schakeling is dat het een instant 'karaoke'-omzetter is tussen de hoofdtelefoonuitgang van een mobiele telefoon en de lijn-ingang van een versterker. Eenmaal gebouwd is dit een uiterst compacte hulpschakeling. Er is geen voeding nodig voor de werking. In andere situaties, waar u genoeg voorberei-

dingstijd en geduld hebt, zijn er softwaretools die audiobestanden kunnen verwerken om daar de zang uit te verwijderen; die bieden een hogere kwaliteit dan deze eenvoudige schakeling.

De schakeling

De transformator wordt gebruikt als een differentiële 'versterker' (versterking = 1) die het linkerkanaal aftrekt van het rechterkanaal en het verschil op zijn uitgang zet. Op deze manier worden zowel de zang in het centrum als de bassignalen onderdrukt. Het schema van de stemmenrover is te zien in **figuur 1**. De bassignalen worden hersteld met een RC-laagdoorlaatfilter (R1/R2/C1) dat als bypass fungeert en dat de lage tonen van de ingang (links + rechts) verzamelt en deze met behulp van weerstanden (R3, R4) weer toevoegt aan de uitgangssignalen.

Een andere truc creëert een bypass voor de zeer hoge frequenties boven het spraakspectrum (5 kHz en hoger). De gebruikte transformator is een kleine 1:1-audiotransformator, zie **figuur 2** en **figuur 3**. Deze transformatoren hebben meestal een paar nF strooikoppeling tussen de wikkelingen; bij het hier gebruikte exemplaar hebben we 3 nF gemeten. De strooicapaciteit wordt gebruikt om wat hoogfrequente inhoud (boven de spraakfrequenties) naar de uitgang te voeren; een hoogdoorlaatfilter wordt gevormd door deze strooicapaciteit van 3 nF capaciteit in combinatie met de 6k8-weerstanden (R3, R4). Die waarde van 3 nF is niet erg kritisch. Maar als u een andere transformator met minder strooicapaciteit gebruikt, zou u een condensator met een hogere waarde dan 3 nF kunnen gebruiken, en als de strooicapaciteit groter is zou u de waarden van R3 en R4 kunnen

verlagen. Geen van de componentwaarden is kritisch, ik heb ze gekozen door te luisteren en te testen; u kunt verschillende waarden proberen om uit te vinden wat voor u het beste klinkt.

Probeer bijvoorbeeld de waarde van condensator C1 te veranderen in 0,47 μF /1 μF /2,2 μF . Een tweede-orde RC zou het resultaat kunnen verbeteren, maar mijn benadering voor dit circuit was om het zo simpel mogelijk te houden. Diverse suggesties voor aanpassingen, de ontwerpbestanden en enkele audio-demo's zijn te vinden op de projectpagina van dit project op Elektor Labs.[1] 

230146-01

Over de auteur

Naast zijn baan overdag als ontwerper van ruisarme instrumentatie-elektronica, houdt Raymond Schouten zich bezig met hobby-projecten waarbij hij kleine muzieksynthesizers en andere compacte schakelingen ontwerpt. De meeste van zijn ontwerpen zijn gericht op het bereiken van maximale resultaten met minimale hardware. Hij post ook regelmatig projecten op Elektor Labs, YouTube en op zijn persoonlijke website, rs-etc.nl.

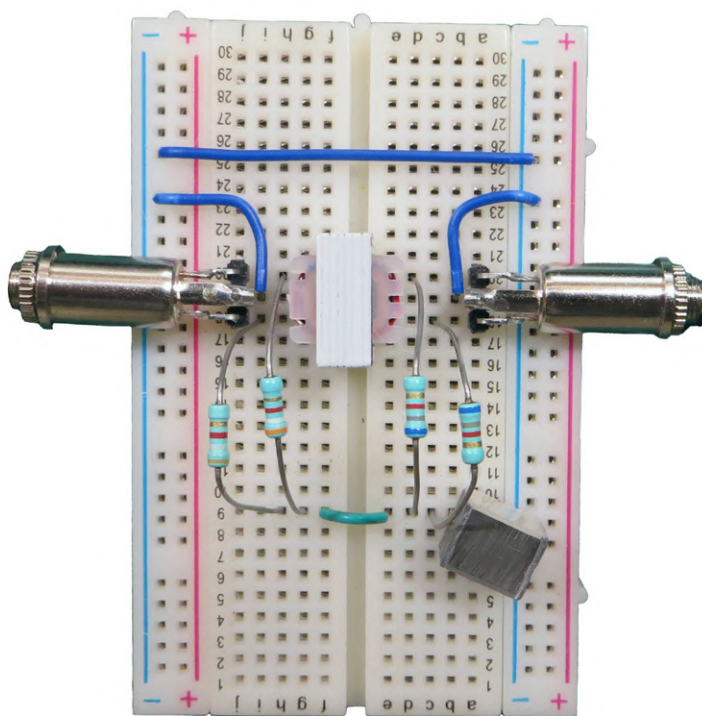
Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via rs.etc.projects@gmail.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

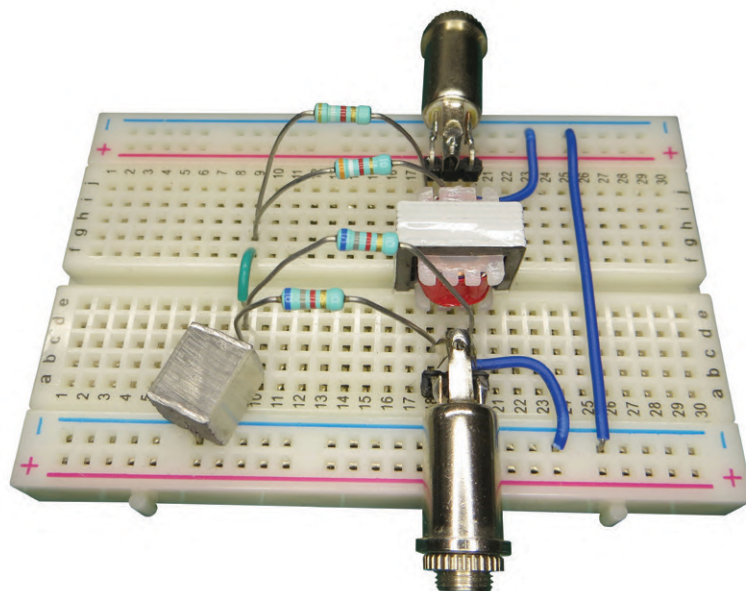


Gerelateerde producten

- > **Pimoroni Raspberry Pi Pico Audio Pack**
www.elektor.nl/19765
- > **Pimoroni Pirate Audio: Speaker for Raspberry Pi**
www.elektor.nl/20171



Figuur 2. Opbouw van de schakeling op breadboard.



Figuur 3. Zijaanzicht van de breadboard-schakeling.

WEBLINK

[1] Vocal Remover Circuit: <https://elektormagazine.com/labs/vocal-remover-circuit-no-chips-passives-only>

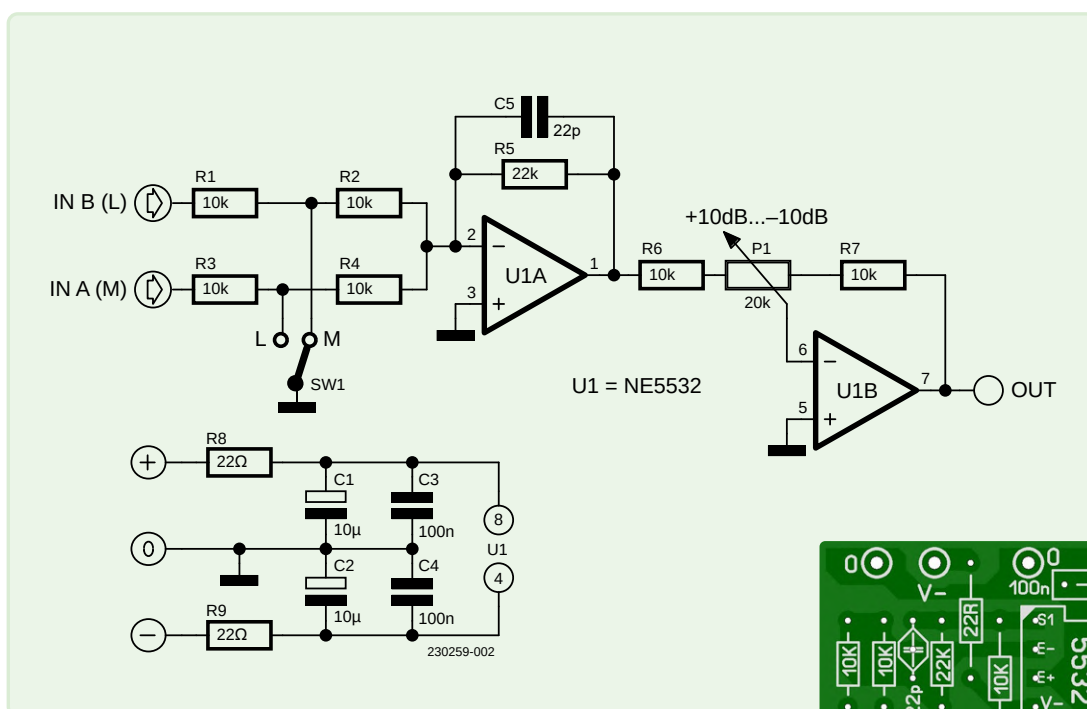
Audio A/B-keuzeschakelaar

met versterkingsregeling

schakelt tussen microfoon- en lijningangen

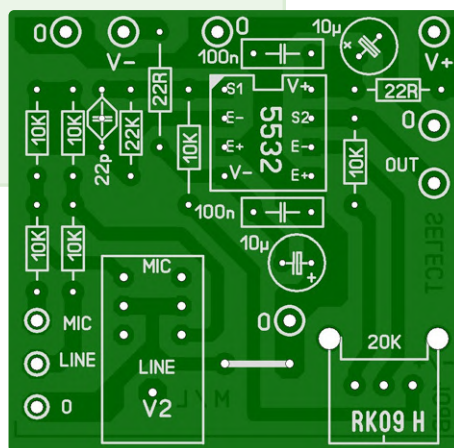
Thierry Clinquart (België)

In audioschakelingen biedt de innovatieve virtuele massa-techniek een praktisch alternatief voor de traditionele methode van het schakelen van signaallijnen. Bij deze aanpak gaan de signalen niet door de schakelaar; in plaats daarvan dient de massa als 'mute/unmute'-element. Dit project behelst een slimme schakeling met opamps en weerstanden om naadloos te schakelen tussen microfoon- en lijningangen, met ingebouwde versterkingscompensatie voor maximale controle.



Figuur 1. Schema van de A/B-ingangskeuzeschakelaar.

Allereerst wil ik opmerken dat dit project een aanvulling is op twee andere projecten van mijn hand: "Microphone Preamplifier with Phantom Power" [1] en "Balanced to Unbalanced Converter" [2]. Beide verschenen ook in eerdere uitgaven van de Elektor Circuit Special. Meer daarover in het artikel "Jack in & jack out" elders in dit nummer. Het hier beschreven project betreft een mic/line-schakelaar waar de techniek van een virtueel massapunt wordt toegepast. Het voordeel is dat het signaal de schakelaar niet hoeft te doorlopen; het is de massa die de 'mute/unmute'-functionaliteit verzorgt. Dat werkt als volgt.



Figuur 2. Print-layout voor dit project (onderdelenzijde).

De schakeling

Zoals te zien in **figuur 1**, is de U1A-sectie van de NE5532 – een ruisarme dual opamp van Texas Instruments – geconfigureerd als een inverterende versterker die éénmaal versterkt. Het gaat erom de microfooningang (IN A) te activeren, terwijl de lijningang (IN B) inactief moet blijven. Dit wordt bereikt door het knooppunt van R1 en R2 aan massa te leggen via schakelaar SW1; op deze manier wordt IN B naar massa getrokken door R1, een weerstand van 10 k. R2 ligt ook aan massa. Daarom zal er geen stroom naar het knooppunt van R2 en R5 lopen vanuit de lijningang IN B.

Aan de andere kant staan R3 en R4 in serie, en vinden we aan de uitgang van de U1A-sectie van de NE5532 een spanning die kan worden berekend met de volgende eenvoudige formule:

$$-V_{\text{INA}} \times [R5/(R3+R4)]$$

of in dit geval:

$$-V_{\text{INA}} \times (22 \text{ k}\Omega/20 \text{ k}\Omega).$$

Als de lijningang (IN B) wordt geactiveerd, moet de microfooningang (IN A) gedeactiveerd blijven. Wanneer SW1 de IN A-ingang via R3 kortsluit naar massa, ligt R4 ook aan massa en kan er geen stroom van de microfooningang (IN A) naar het knooppunt van R4 en R5 lopen. Aan de andere kant staan R1 en R2 in serie en vinden we aan de uitgang van de U1A-sectie van de NE5532 een spanning die kan worden berekend met dezelfde formule die we hierboven ook al hebben gebruikt:

$$-V_{\text{INB}} \times [R5/(R1+R2)] \text{ of in dit geval}$$

$$-V_{\text{INB}} \times (22 \text{ k}\Omega/20 \text{ k}\Omega)$$

De U1B-sectie van de NE5532-versterker werkt zorgt voor de versterkingscompensatie met een bereik van ± 10 dB. De potentiometer is een model met een voelbare middenstand. In die middenstand wordt de versterking berekend met deze formule:

$$-20 \log(R7 + 10 \text{ k}\Omega)/(R6 + 10 \text{ k}\Omega) = -20 \log(20 \text{ k}\Omega/20 \text{ k}\Omega) = 0 \text{ dB}$$

- > +10 dB volgt uit $20 \log (P1+R7)/R6$
- > -10 dB volgt uit door $20 \log R7/(R6+P1)$

waarbij $P1 = 20 \text{ k}\Omega$.

De fase van het uitgangssignaal is correct, omdat er in de signaalweg twee inverterende versterkers achter elkaar zitten.

De layoutbestanden voor de print – zie de componentenopdruk in **figuur 2** en de bestukte onderdelenzijde van het prototype in **figuur 3** – kunnen worden gedownload van de Elektor Labs-pagina [3].

230259-03

WEBLINKS

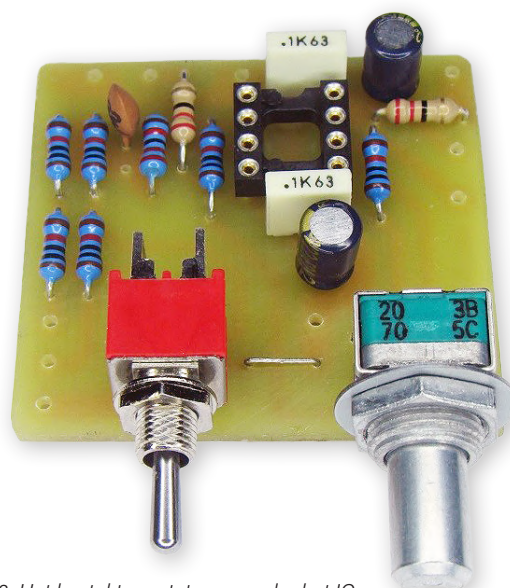
- [1] Elektor Labs-project "Microphone Preamplifier with Phantom Power": <https://tinyurl.com/3kerfawe>
- [2] Elektor Labs-project "Balanced-Unbalanced Converter": <https://tinyurl.com/4bf9s7rv>
- [3] Elektor Labs-pagina voor dit project: <https://tinyurl.com/52uzwesk>

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

Over de auteur

Als elektrotechnicus ontdekte Thierry Clinquart de beroemde $\mu A741$ operationele versterker in 1980 tijdens zijn studie aan het Don Bosco Instituut in Doornik (België). Daarmee werd het veel eenvoudiger om een audioschakeling te bouwen dan met 'losse' transistoren. Hij heeft de evolutie van deze voorvader gevolgd via de TL071, NE5534 tot aan de dag van vandaag met 'hoogwaardige' producten van Texas Instruments, Analog Devices, JRC, THAT Corp enzovoort. Alle schakelingen die Thierry presenteert op Elektor Labs zijn op maat gemaakte modules die gecombineerd kunnen worden. Om de bedrading te minimaliseren gebruikt hij de connectoren uit de Neutrik A-serie die rechtstreeks op de print zijn geplaatst. Hij gebruikt Sprint layout-software om het ontwerp te optimaliseren en een consistente vormfactor te garanderen.



Figuur 3. Het bestukte prototype, zonder het IC.



Gerelateerd product

- > FNIRSI 2C23T (3-in-1) 2-ch Oscilloscope (10 MHz) + Multimeter + Signal Generator

www.elektor.nl/20717



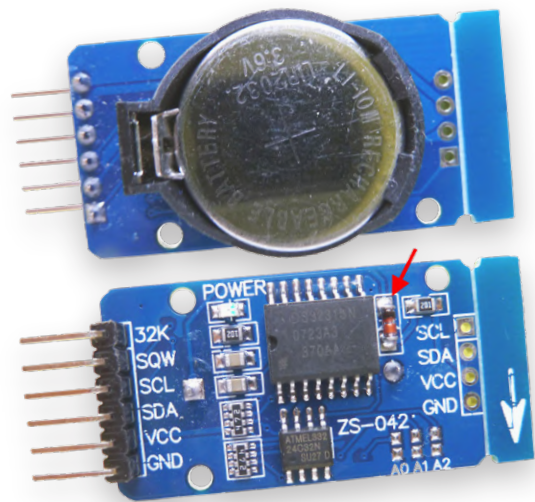


Beter laden voor de LIR2032

wees lief voor uw knoopcellen

Peter Krüger (Duitsland)

Lithium knoopcellen van het formaat 2032 en vergelijkbare cellen worden vaak gebruikt als 'keep alive'-energiebronnen om gegevens te bewaren en klokken te laten lopen wanneer apparaten worden uitgeschakeld. De standaard-laadschakeling voor deze accu's is vaak vrij grof; deze kan de accu zelfs ver buiten het aanbevolen werkingsbereik forceren. Overladen leidt tot beschadiging van de cel en een vroegtijdig overlijden. Een eenvoudige modificatie kan dit probleem oplossen.



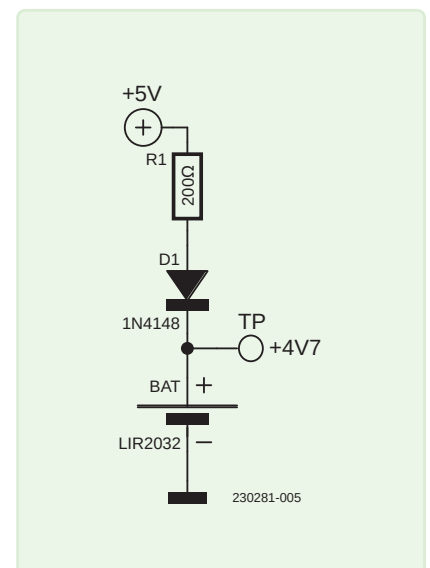
Figuur 1. Voor- en achterzijde van mijn RTC-module met LIR2032-knoopcel. De pijl wijst naar de diode die moet worden verwijderd.

Zelfs sommige eenvoudigere microcontroller-applicaties, die bijvoorbeeld een Arduino UNO gebruiken, moeten af en toe de tijd bijhouden. Als er geen verbinding is met het internet, verdwijnt de huidige tijd onder het tapijt en moet deze elke keer opnieuw worden ingevoerd bij het opstarten. Een manier om dit probleem te omzeilen is het gebruik van een real time-klokmodule (RTC). Deze gebruiken een ingebouwde batterij om een klokchip van stroom te voorzien die de tijd en vaak ook de datum bijhoudt. Soms wordt hier een lithium knoopcel (eventueel een oplaadbaar type) gebruikt. Dit zou jarenlang probleemloos moeten werken, omdat deze cel tijdens normaal gebruik constant wordt opgeladen.

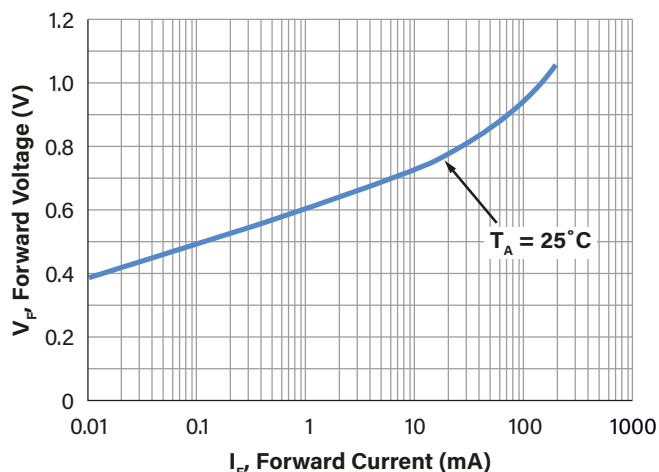
De RTC-module

Toen ik een van deze RTC-modules gebruikte, was ik verrast dat de spanning die gemeten werd op de aansluitingen van de knoopcel 'in bedrijf' iets hoger was dan aanbevolen door de fabrikant. Op mijn module (**figuur 1**) zit een LIR2032 lithium-accu. Die hebben meestal een nominale spanning van 3,6 V en een capaciteit van 35...45 mAh. Ze kunnen meestal worden opgeladen met maximaal 0,2 C bij een constante spanning van 4,2 V, wat een maximale laadstroom geeft van 7...9 mA.

Tot hier mooi en prachtig, maar toen ik de spanning op de lithiumcel mat, was deze iets hoger dan 4,2 V. Dat was geen goed teken; opladen tot een te hoge spanning is niet bevorderlijk voor een lange levensduur van zo'n cel. Hoewel ze ontworpen zijn voor dit soort toepassingen, is het niet erg verstandig om lithiumcellen langere tijd volledig opgeladen te laten – het overschrijden van de aanbevolen laadspanning is echter werkelijk onacceptabel!



Figuur 2. De oorspronkelijke laadschakeling is zo eenvoudig dat hij die naam nauwelijks verdient.



Figuur 3. De stroom/spannings-karakteristiek van een siliciumdiode bij 25 °C.

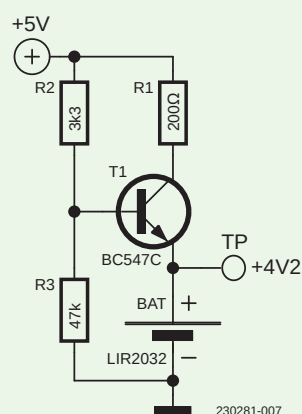
De laadschakeling

Ik heb de module wat beter bekeken en ontdekte dat het 'oplaad-circuit' dat hier wordt gebruikt nauwelijks eenvoudiger kan zijn. Het schema (figuur 2) laat zien dat de batterij wordt opgeladen vanuit de 5V-voeding, waarbij de laadstroom wordt begrensd door een simpele 200Ω-weerstand in serie met een standaard siliciumdiode. Elke elektronicus kan u vertellen dat we een spanningsval van ongeveer 0,7 V kunnen verwachten over een siliciumdiode in doorlaatrichting. Dus 5 V min 0,7 V geeft 4,3 V over de cel: een waarde die min of meer zou moeten werken.

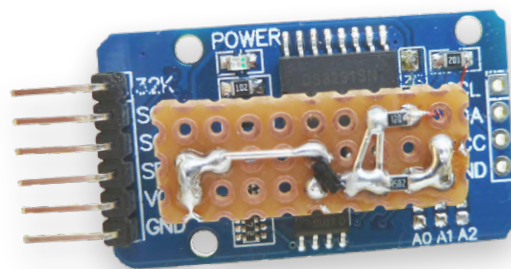
In werkelijkheid, zo laat de karakteristiek van figuur 3 zien, geldt deze doorlaatspanning alleen als de stroom door de diode groter is dan een paar milliampère. Bij ongeveer 7 mA vertoont een diode van het type 1N4148 een spanningsval van iets minder dan 0,7 V bij 25 °C. In deze schakeling neemt de laadstroom continu af naarmate de batterij verder wordt opgeladen. Uit de grafiek kunnen we afleiden dat naarmate de stroom afneemt, ook de spanningsval afneemt. Bij 10 µA wordt de accu nu opgeladen tot 4,6 V, wat onacceptabel is. Rekening houdend met normale temperatuurschommelingen in combinatie met een voedingsspanning die tot 5,1 V kan oplopen, zien we dat de spanning over de accu verder toeneemt naarmate hij steeds verder opgeladen wordt. Onder dergelijke omstandigheden zal de accu het misschien geen jaren uithouden. Dat moet dus anders!

Aanpassingen

Na wat te hebben nagedacht heb ik een schakeling ontworpen (figuur 4) die iets uitgebreider is. Twee extra weerstanden en een siliciumtransistor doen hier het werk. De spanningsdeler R2/R3 stelt de spanning aan de basis van T1 in op ongeveer 4,62 V. De basis/emitter-overgang van een siliciumtransistor heeft een stroom/spannings-karakteristiek die vergelijkbaar is met die van een siliciumdiode. Bij 10 µA



Figuur 4. De aangepaste laadschakeling is niet veel ingewikkelder, maar wel veel beter voor de accu.



Figuur 5. De modificatie van de module is ondergebracht op een piggyback-gaatsprint.

is de spanning op de emitter, en dus op de accu, slechts 4,22 V, wat overeenkomt met de aanbeveling van de accufabrikant. Wanneer de 5V-voeding wordt uitgeschakeld, geleidt de BE-overgang van T1 niet meer en wordt de accu losgekoppeld van de voeding. Hij werkt dan als een buffervoeding om de klokchip aan de praat te houden. Tijdens normaal gebruik wordt de batterij nu opgeladen tot een veilig spanningsniveau.

Figuur 5 laat zien hoe de wijzigingen kunnen worden gemaakt. Drie extra SMD-componenten worden op een klein stukje gaatsprint gesoldeerd met behulp van een paar stukjes draad, op de juiste punten van de moduleprint aangesloten (+5 V, massa en de pluspool van de accu). Wanneer u deze modificatie wilt maken, is het aan te raden eerst de accu te verwijderen en dan de diode los te solderen (zie de pijl in figuur 1). Voor de eerste test vervangt u de accu door een weerstand van 1 MΩ en meet u de spanning over die weerstand. Als deze rond de 4,2 V ligt, is alles in orde. Indien nodig kunt u deze spanning aanpassen door de waarden van spanningsdeler R2/R3 te wijzigen. Met deze modificatie mag de knoopcel hopen op een lang en stress-vrij leven! ◀

230281-03



Over de auteur

Peter Krüger is een ontwikkel-engineer met diploma's in MSCE en CNA. Hij heeft ervaring opgedaan in disciplines als EMC, industriële elektronica, defensietechnologie, harde- en softwareontwikkeling, grootschalige inductieverwarming en 3D-ontwerp. Hij heeft zowel in eigen land als internationaal voor talloze bedrijven gewerkt.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerd product

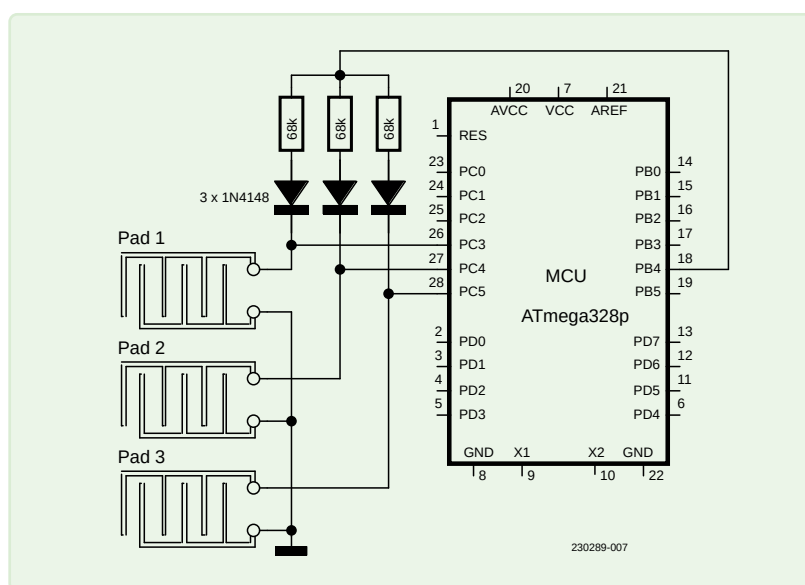
► Fnirsi DMT-99 Smart Multimeter
www.elektor.nl/20765

05 Simpele aanraaksensoren

maak ze zelf – voor elke microcontroller

Michael J. Bauer (Australië)

Niet alle microcontrollers hebben aanraakgevoelige GPIO's aan boord. Dit artikel beschrijft een methode om capacitieve aanraakgevoeligheid te implementeren met behulp van general purpose I/O-pinnen op chips zoals de AVR ATmega328P. Het artikel beschrijft de configuratie van pinnen om veranderingen in capaciteit te detecteren en bespreekt code die is ontwikkeld met Microchip Studio.



Figuur 1. Aansluiting van de touchpads op de microcontroller.

Sommige microcontroller-chips hebben hardware aan boord om capacitieve touchpads uit te lezen. Deze chips meten de capaciteit tussen een I/O-pin en massa (GND) 'automatisch'. Een verandering in capaciteit op een (analoge) ingangspin kan echter ook gedetecteerd worden zonder speciale on-chip toevenarij. De hier gepresenteerde methode is gebaseerd op het meten van de snelheid waarmee een condensator (in de vorm van een touchpad) wordt geladen. Om precies te zijn wordt de spanning op de condensator na een vaste laadperiode gemeten. Als zo'n pad wordt aangeraakt, is de effectieve capaciteit hoger; de laadsnelheid zal lager zijn en dus zal de eindspanning lager zijn.

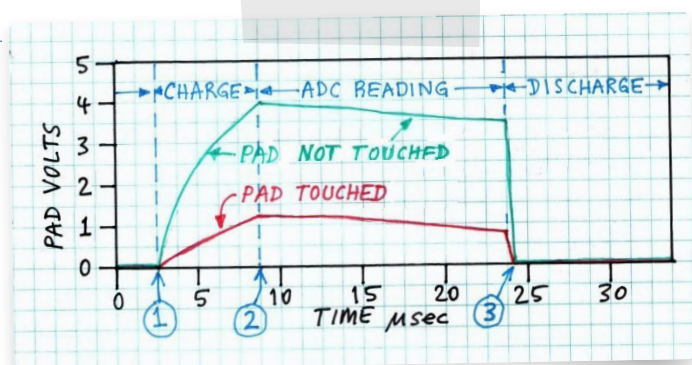
Principe

De microcontroller moet I/O-pinnen hebben die geconfigureerd kunnen worden als digitaal

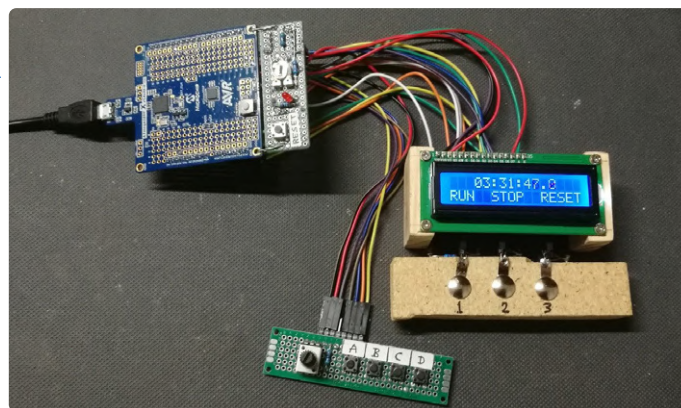
(GPIO) of analoog (ADC-ingangen). Voor elke aanraak-ingang is één zo'n pin nodig. Het aantal touchpads kan worden verhoogd tot boven het aantal beschikbare ADC-ingangen door een extern analoog multiplexer-IC te gebruiken. Eén digitale uitgang is nodig om een 'stroombron' te maken. Eigenlijk is het een spanningsbron, maar een weerstand met hoge waarde (één voor elke aanraakingang) maakt er een stroombron van. In **figuur 1** is schematisch weergegeven hoe de touchpads zijn aangesloten op de microcontroller. Touchpads kunnen op de print worden geëtst met signaal- en massasporen die in elkaar 'meanderen' en zo een condensator vormen. Bij aanraking met een vinger neemt de capaciteit tussen de signaal- en massasporen toe. Een andere mogelijkheid is dat touchpads gewoon metalen voorwerpjes zijn, zoals een schroefkop, klinknagel of stukje

metaaltape. Het menselijk lichaam heeft een grote capaciteit naar aarde wanneer het in contact komt met een touchpad. Maar aanraakgevoeligheid is effectiever als het lichaam op de een of andere manier is verbonden met de massa (GND) van het microcontrollersysteem.

In eerste instantie wordt de 'stroombron'-aansturing (PB4) uitgeschakeld en worden de touchpad-pinnen (PC3, PC4, PC5) geconfigureerd als uitgangen en laag gemaakt (0 V). Hierdoor worden de pads ontladen. Daarna worden de pads achtereenvolgens (één voor één) 'onderhouden'. Bij het begin van de onderhoudsroutine wordt de I/O-pin van het betreffende pad geconfigureerd als een analoge ingang. Het pad wordt opgeladen door de stroombron (via weerstand en diode) gedurende een vaste periode, typisch enkele microseconden.



Figuur 2. Spanning als functie van de tijd voor een niet of wel aangeraakt touchpad.



Figuur 3. Test&Demo-opstelling met AVR X-mini-kaart.

Aan het einde van de laadperiode wordt de stroombron uitgeschakeld. De diode voorkomt ontlading terwijl de spanning over het pad gemeten wordt door de ADC. Wanneer de ADC-conversie voltooid is, wordt het resultaat uitgelezen en wordt de I/O-pin van het pad opnieuw geconfigureerd als een digitale uitgang en laag gemaakt om het pad te ontladen.

In **figuur 2** is de padspanning geschetst als functie van de tijd tijdens de leesprocedure. Het groene spoor is de padspanning terwijl het pad niet is aangeraakt. De padcapaciteit is zeer gering, zodat hij snel wordt geladen en een relatief hoge spanning bereikt. Op tijdstip 2 wordt de stroombron uitgeschakeld en wordt de ADC-conversie gestart. Er zal een langzame ontlading plaatsvinden door lekstroom in de diode en in de ADC-ingangen. Dit is geen probleem omdat de ADC de spanning bemonstert aan het begin van de conversie (punt 2) en deze constant houdt tijdens de conversie. Aan het einde van de conversiecyclus (punt 3) wordt de ADC-waarde uitgelezen en opgeslagen in een matrix. Tot slot wordt het touchpad ontladen als voorbereiding op de volgende uitlezing.

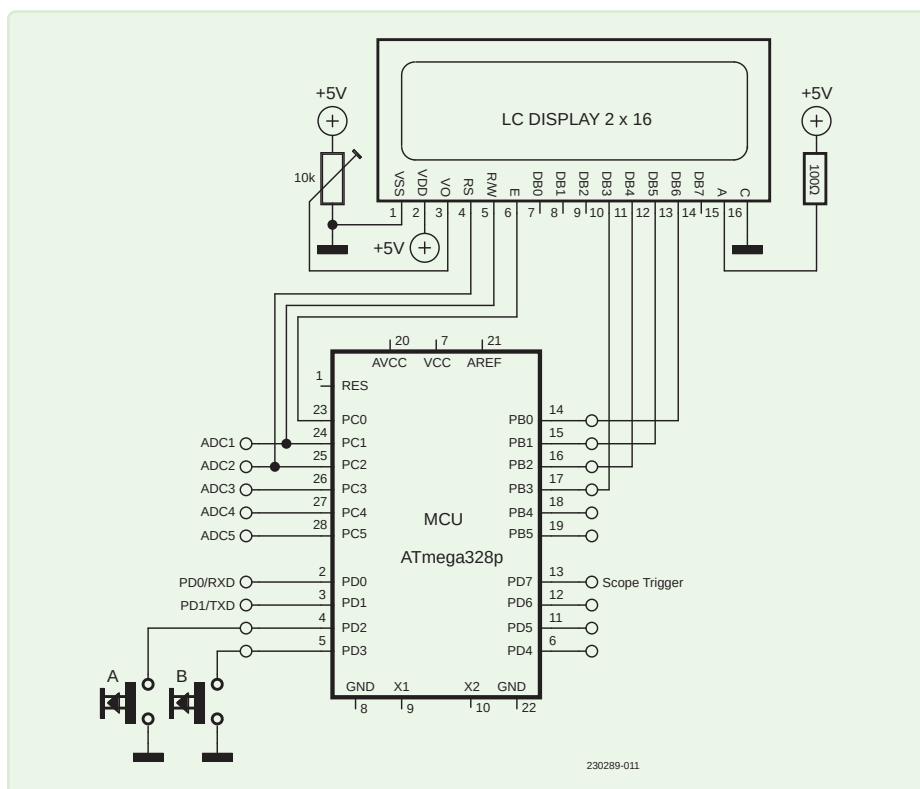
Afhankelijk van uw specifieke toepassing kan het interval tussen het aanroepen van de touchpad-'serviceroutine' 100 μ s tot 5 ms of meer bedragen. De uitvoeringstijd van de serviceroutine zelf is typisch minder dan 30 μ s voor elke aanraakinvoer. De verwerkings-overhead voor het bemonsteren van de touchpads is dus erg laag. Interrupts moeten worden uitgeschakeld tijdens het uitvoeren van de serviceroutine omdat de timing kritisch is. Voor de meeste embedded toepassingen wordt een vertraging van minder dan 30 μ s eenmaal per milliseconde (zo ongeveer) niet als 'process blocking' beschouwd.

'Test&Demo'-app

De hier beschreven techniek is met succes getest op een 'low-end' 8-bit AVR-microcontroller, de Atmel ATmega328P, die te vinden is op veel populaire development boards, waaronder de Arduino UNO R3 en Nano, en het ATmega328P (AVR) X-Mini board van Microchip. Ik koos voor de AVR X-Mini omdat deze een on-board programmeertool aan boord heeft, erg goedkoop is (nog geen tien euro) en gemakkelijk verkrijgbaar is bij grote leveranciers – maar vooral ook omdat ik er nog een had liggen in mijn doos met ongebruikte componenten. **Figuur 3** toont het geconfigureerde X-mini board en de aangesloten periferie.

Ik geef ook sterk de voorkeur aan Microchip/Atmel Studio IDE voor AVR en SAM, vergeleken met de Arduino IDE. Mijn Test&Demo-programma zou gemigreerd kunnen worden naar Arduino IDE, maar de pintoewijzingen van de MCU (met name voor een 1602A LCD-module, zie verderop) zijn niet compatibel met gangbare Arduino-codebibliotheken. Daarom zou u de broncode voor sommige perifere functies uit de AVR X-mini-bibliotheek moeten extraheren om in uw Arduino-schets te importeren.

Als u het Test & Demo-programma wilt uitvoeren op een Arduino UNO- of Nano-board, kan de vooraf gebouwde objectcode (hex-bestand) in de MCU worden geprogrammeerd



Figuur 4. Schema van de Test&Demo-toepassing met een ATmega328P.

Programmeren van een Arduino UNO of Nano

De firmware is ontwikkeld met Microchip Studio for AVR and SAM Devices (voorheen Atmel Studio). Een van de vele redenen om deze IDE te kiezen in plaats van Arduino is dat het hardware-ontwerp van het project niet compatibel is met de beschikbare Arduino-codebibliotheken. In het bijzonder wordt de 1602A LCD-interface (MCU I/O-pintoewijzing) door geen enkele Arduino-bibliotheek ondersteund.

Het programmeren van het doelapparaat (ATmega328P MCU) kan zonder Arduino IDE en zonder hardware-programmeerhulpmiddel. De UNO- en Nano-boards hebben een USB/serieel converterchip en een flash-residente AVR-bootloader aan boord. Een Windows PC-toepassing (*AVRdude*) communiceert via USB met de bootloader om firmware te programmeren in het flash-geheugen van de MCU.

Daarom moet u een aantal bestanden downloaden om AVRdude onder Windows te draaien. U kunt die bestanden downloaden van de AVRdude GitHub repository [2]. Er moeten drie distributiebestanden zijn: *avrdude.exe*, *avrdude.conf* en *avrdude.pdb*. Kopieer deze bestanden naar een nieuwe map met de naam *AVRdude* op de lokale schijf van uw PC, in de hoofdmap (C:\).

Sluit uw UNO-/Nano-board aan op een USB-poort van uw PC. Open Windows *Device Manager* en klik op *Ports (COM & LPT)*. U zou de USB/serieel-converter van de UNO/Nano in de lijst moeten zien. Noteer het nummer van de bijbehorende COM-poort. Houd er rekening mee dat het nummer van de COM-poort soms kan veranderen. Dat is een vervelende eigenaardigheid van USB. Vergeet niet om de toegewezen COM-poort te controleren wanneer u het UNO- of Nano-board opnieuw aansluit op uw PC. U kunt AVRdude rechtstreeks vanuit Microchip Studio uitvoeren als u een *Programming Tool* in deze IDE maakt: Klik in Microchip Studio in het menu op *Tools/External tools*.

U zou een dialoogvenster moeten zien waarin om enkele parameters wordt gevraagd (zoals hieronder):

Vul bij *Title* een naam in, *Program Nano* of iets anders als u dat wilt.

Vul bij *Command* in: *C:\AVRdude\AVRdude.exe*.

Vul bij *Arguments* (op één regel!) in:

```
-C "C:\AVRdude\avrdude.conf" -p atmega328p -c arduino -P COM# -b 115200  
-U flash:w:"$(ProjectDir)Debug\$(TargetName).hex":i
```

Vervang *COM#* (in het veld *Arguments*) door de feitelijke COM-poort waarop uw Nano-board is aangesloten (zie Windows Device Manager, bijvoorbeeld *COM4*).

Vink het vakje *Use output window* aan. Klik op *OK*.

Klaar... U zou nu een nieuwe optie *Program Nano* moeten zien in het *Tools*-menu.

Nadat de programmacode is gebouwd, kan deze worden geprogrammeerd in het Nano-board door simpelweg op het item *Program Nano* in het menu *Tools* te klikken.

Opmerking: sommige goedkope Chinese Nano-klonen gebruiken een niet-standaard baudrate voor de seriële bootloader, meestal 57600 baud. Als Microchip Studio een foutmelding geeft bij het uitvoeren van het programmeertool, probeer dan *115200* te vervangen door *57600* onder *Arguments*.

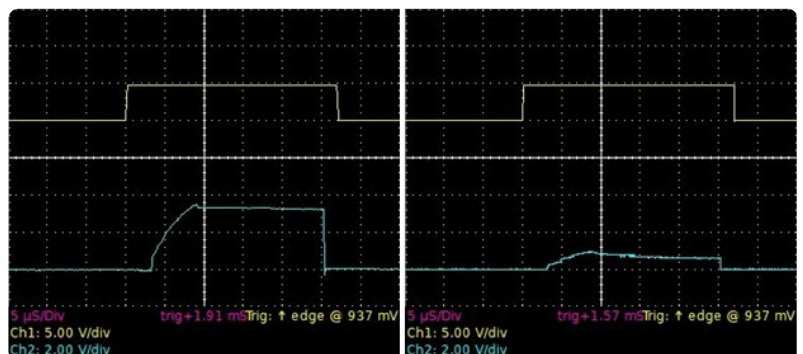
met of zonder Microchip/Atmel Studio, en zonder extra programmeertool (zie het kader

Programmeren van een Arduino UNO of Nano).

Welk hardwareplatform en welke software development tools u ook gebruikt voor uw toepassing, de touch-sense techniek kan begrepen worden door de code in het Test&Demo-programma te bestuderen, in het bijzonder de touch-sense 'Service Routine'. Als u de toepassing wilt repliceren op een compatibel AVR-hardwareplatform, sluit dan het LC-display en andere periferie aan zoals getoond in **figuur 4**.

Twee drukknoppen ('A' en 'B') zijn voorzien voor gebruikersinvoer voor het geval de aanraaksensoren in eerste instantie niet werken. De bedrading van de touchpads is getekend in figuur 1. Als u voor uw toepassing geen LCD of I2C-bus (PC4, PC5) nodig hebt, dan kunnen alle (acht) pinnen van poort C worden gebruikt voor touchpads of andere analoge ingangen.

De aan/uit-schakeldrempel voor het aanraken moet eventueel worden aangepast in de software. In de broncode van Test&Demo (bestand *main.c*) definieert regel 29 het drempelniveau om te bepalen of een pad al dan niet wordt aangeraakt. De standaardwaarde is 150, wat zou moeten werken voor de meeste fysieke uitvoeringen van touchpads. De optimale drempelwaarde kan worden gevonden door het programma uit te voeren in de testmodus (geselecteerd met knop A). Dan worden de ADC-metingen (bereik 0...255) voor de drie touchpads getoond. Noteer voor elke pad de waarde voor de situatie 'aangeraakt' en nogmaals voor de situatie 'niet aangeraakt'. De optimale drempelwaarde ligt ongeveer halverwege tussen deze twee waarden.



Figuur 5. Spanningen op het scherm van een oscilloscoop wanneer een pad niet wordt aangeraakt (links) en wanneer een pads wordt aangeraakt (rechts).

Het programma bevat ook een demomodus die als een primitieve stopwatch/timer fungeert, waarbij de drie touchpads worden gebruikt om de timer te starten, te stoppen en te resetten. Druk op knop 'B' om deze modus te starten. De democode is geïmplementeerd als een toestandsmachine met drie toestanden: *Reset*, *Running* en *Stopped*. Door een pad aan te raken verandert de toestand (als de toestandsmachine nog niet in de geselecteerde toestand verkeert).

Oscilloscoop-screenshots

Figuur 5 toont de oscilloscoop-screenshots die tijdens de tests zijn gemaakt en die het signaalgedrag van het touchpad laten zien. Het bovenste (gele) spoor is een uitgangssignaal van het testpunt. Dit signaal wordt hoog gemaakt aan het begin van de serviceroutine en laag aan het einde, net voordat de functie retourneert. De testpunt-uitgang (pin PD7) dient twee doelen: ten eerste de 'scoop triggeren en ten tweede het meten van de uitvoeringstijd van de serviceroutine. Het onderste (blauwe) spoor is het touchpad-signaal (ADC-ingang). In deze tests was de laadtijd ingesteld op 6 μ s. De waarde van de stroombronweerstand (68 k Ω) en de laadtijd werden zo gekozen dat het signaal van de sensor bijna (maar niet helemaal) de referentiespanning van de ADC (+5 V) bereikt wanneer de pad niet wordt aangeraakt. Dit resulteert in een optimale aanraakgevoeligheid.

Het scherm rechts laat zien wat er gebeurt als de sensor wordt aangeraakt. De laadsnelheid is veel lager, dus de spanning op de sensor aan het einde van de oplaadtijd is lager. De software definieert een spanning ergens daartussen als de 'touch ON'-drempel.

Merk op dat de ADC-conversietijd ongeveer 15 μ s bedraagt. Deze periode is verantwoordelijk voor het grootste deel van de uitvoeringstijd van de serviceroutine. De ATmega328P ADC-kloksnelheid kan worden opgevoerd om

de serviceroutine uit te voeren. Er is natuurlijk een compromis tussen ADC-snelheid en conversienauwkeurigheid. De ADC-kloksnelheid die in het testprogramma is gebruikt (2 MHz) levert een acceptabele nauwkeurigheid op, dus misschien kan deze nog verder worden verhoogd.

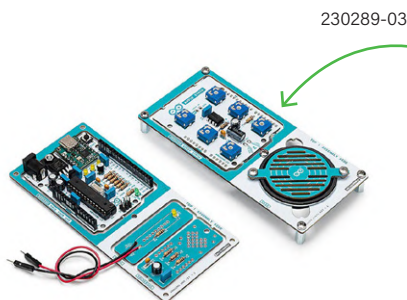
Ontwikkeling van de firmware

Als u besluit uw eigen toepassing te ontwikkelen met behulp van Microchip/Atmel Studio IDE, dan is (in de veronderstelling dat u deze nog niet eerder hebt gebruikt) dit een goede plek om te beginnen met het herbouwen van mijn Test&Demo-programma. Zodra u de app op uw doelplatform aan de praat hebt, kunt u de broncode aanpassen en uitbreiden voor uw eigen doeleinden.

Download eerst de projectbestanden van GitHub [1]. Maak een projectmap aan op de lokale disk van uw computer en kopieer alle bestanden naar die map. Selecteer *Open Existing Project* op de startpagina in Atmel Studio. Navigeer naar de projectmap en klik op het bestand met de naam *X-mini-touch-sense.atsln*. Dit is eenvoudiger dan het maken van een nieuw project en zorgt ervoor dat alle vereiste componenten in het project worden geladen, in het bijzonder de perifere bibliotheekbestanden *lib_avrXmini.**.

Als u een nieuw project wilt maken met de X-mini bibliotheek, moet u ervoor zorgen dat de bibliotheekbestanden correct worden aangehecht. Dit kan worden gecontroleerd in het paneel *Solution Explorer* aan de rechterkant van het IDE-editorvenster.

Voor gedetailleerde programmeerstappen en specifieke configuraties kunt u terecht op de Elektor Labs-pagina [3].



Over de auteur

Michael Bauer studeerde Electrical & Electronic Engineering en gaf later les in computerwetenschappen aan de Deakin University (Australië). Hoogtepunten in zijn carrière waren onder andere de mede-ontwikkeling van wat misschien wel de eerste commercieel levensvatbare 'slimme meter' was (MCU-gebaseerde kWh-meter), engineering van besturingssystemen voor theaterpodiumautomatisering, en elektronica-ontwerp en software-ontwikkeling voor wetenschappelijke en biomedische analytische instrumenten. Nu hij met pensioen is, houdt Mike zich bezig met muziek-elektronica, fietsen en XC-skiën. Hij is vooral bekend geworden door zijn doe-het-zelf-hobbycomputerproject 'DREAM-6800' (gepubliceerd in 1979), die nog steeds populair is onder liefhebbers van vintage microcomputers.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via mjbauer@iprimus.com.au of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

- > **Arduino Make-Your-Uno Kit**
www.elektor.nl/20330
- > **Seeed Studio Grove LCD RGB Backlight**
www.elektor.nl/20014

WEBLINKS

- [1] M. J. Bauer | Touch sense on any MCU | Github-repository: <https://github.com/M-J-Bauer/Touch-sense-on-any-MCU>
- [2] AVR Dude | GitHub-repository: <https://github.com/mariusgreuel/avrdude/releases>
- [3] Elektor Labs-pagina bij dit project: <https://elektormagazine.com/labs/touch-sense-technique-for-any-mcu>

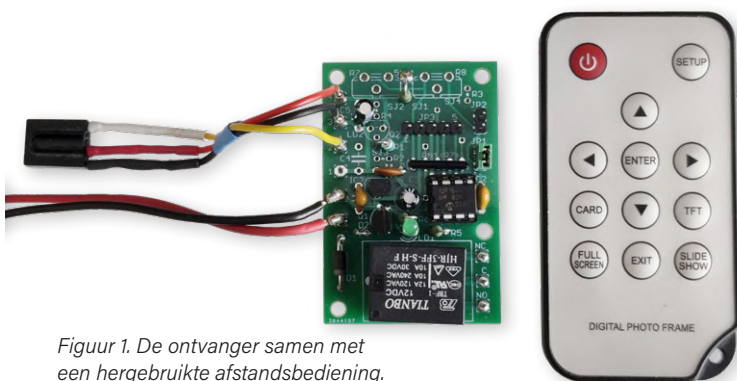
06 Universele infraroodschakelaar

tweede leven voor oude afstandsbedieningen

Rob van Hest (Nederland)

U kunt een universele infraroodschakelaar bouwen die apparaten op afstand met aan/uit-pulsen bedient, op basis van een willekeurige afstandsbediening door diens codes te leren. U kunt er van alles mee aansturen; in dit artikel beschrijven we zowel een één- als een vierkanaals versie.

Een tijd geleden wilde ik een oude gameklok uitbreiden met draadloze afstandsbediening. Daartoe moest ik een ontvanger bouwen die de vier verschillende functies van de klok draadloos ondersteunt: *start*, *stop*, *reset* en *lap* (rondetijd). Een belangrijke eis daarbij was dat ik een willekeurige infrarood-afstandsbediening zou kunnen gebruiken. Omdat iedereen een heleboel afstandsbedieningen in huis heeft, is dit project een mooie kans om er daar een of meer van te hergebruiken. De klok maakte gebruik van een PIC12F675-microcontroller van Microchip Technology en een oude afstandsbediening die het NEC-protocol gebruikte. Dat bracht me op het idee om een vergelijkbare module te bouwen, maar nu met maar één kanaal en gebaseerd op mijn universele PIC-print [1]. Het resultaat is te zien in **figuur 1**.



Figuur 1. De ontvanger samen met een hergebruikte afstandsbediening.

Eénkanaals infrarood-ontvanger

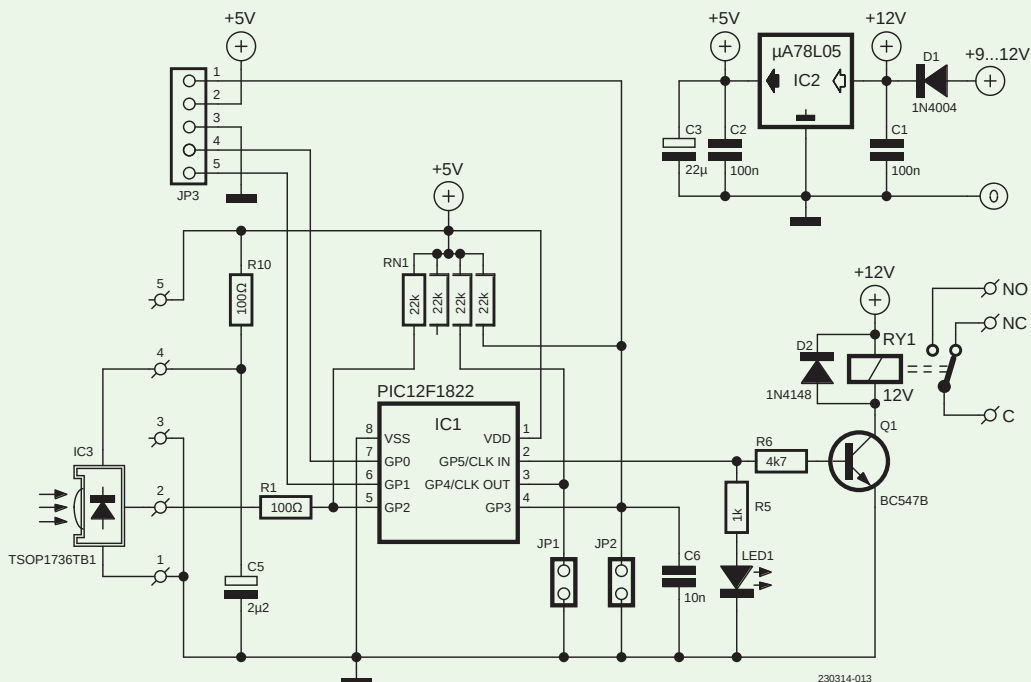
Infrarood-afstandsbedieningen zenden gecodeerde pulsreeksen uit, uniek voor ieder merk. Het indrukken van een knop stuurt een specifieke pulsreeks uit die door de microcontroller ontvangen en gedecodeerd worden met hulp van een speciale fototransistor. De microcontroller stuurt vervolgens een relais aan via een transistor. De ontvanger die hier beschreven wordt kent drie modi: *aan/uit*, *puls* en *setup* – die laatste is nodig om de ontvanger bekend te maken met de gebruikte afstandsbediening.

- In de *aan/uit*-modus schakelt een eerste knop de uitgang in, een tweede schakelt deze uit.
- In de *puls*-modus wordt de uitgang gedurende een voorinstelbare tijd actief als een bepaalde toets wordt ingedrukt, waarna de uitgang weer wordt uitgeschakeld. Een tweede toets is dan niet noodzakelijk. Er kunnen echter twee toetscodes worden opgeslagen die dezelfde actie uitvoeren.
- De *setup*-modus is bedoeld om de microcontroller de toetscodes van de afstandsbediening te leren herkennen.

Merk op dat dit systeem maar twee toetsen van een afstandsbediening gebruikt, waardoor er meestal een ruime keuze aan niet of weinig gebruikte afstandsbedieningen is. Maar hoe garanderen we compatibiliteit met zo veel mogelijk verschillende afstandsbedieningen?

Een universele ontvanger

Gezien de enorme verscheidenheid aan protocollen en codes in deze wereld was de beste aanpak ook gelijk de eenvoudigste: de ontvanger decodeert de signalen niet, maar telt signaalfanken en de bijbehorende relatieve tijden. Deze aanpak zorgt voor maximale compatibiliteit met heel veel afstandsbedieningen onafhankelijk van de codering. Bij het testen van verschillende afstandsbedieningen – inclusief RC-5- en NEC-modellen – bleken deze allemaal te werken. Bij een RC-5-afstandsbediening zult u echter merken dat de toetsen niet altijd reageren. De oorzaak daarvan is het zogenaamde 'toggle bit' in de RC-5-code, dat telkens wanneer een toets wordt ingedrukt tussen 0 en 1 wisselt. Het gevolg is dat een toets soms een tweede keer ingedrukt moet worden voordat de verzonden code dezelfde is als degene die opgeslagen is. In de *puls*-modus kan dit ondervangen worden door dezelfde toets twee keer op te slaan in de *setup*-modus (zie verderop).





Listing 1. Functie die de ontvangen code vergelijkt met de opgeslagen versie.

it Special 2024

```
uns8 chkcod(uns8 num) {
    uns8 hlpvar, cntr, retval=false, memofs;
    memofs = num * maxcnt;          // starting address in EEPROM
    for (cntr=0; cntr < maxcnt; cntr++) {
        hlpvar = GetEE(memofs);
        memofs++;
        if (hlpvar == 0 || timr0[cntr] == 0)
            break;
        if (timr0[cntr]<(hlpvar-timtol) || timr0[cntr]>(hlpvar+timtol))
            break;
    }

    if (hlpvar == 0 && timr0[cntr] == 0)
        retval = true;
    return retval;
}
```

toets 1...4 stuurt de bijbehorende code en deze wordt gebruikt om de betreffende uitgang te veranderen van hoog naar laag of omgekeerd. Toets 5 schakelt alle uitgangen tegelijk uit. De puls-modus gedraagt zich zoals bij de éénkanaals-versie waarbij de betreffende uitgang kortstondig actief wordt (zoals gedefinieerd door [p1s1en](#)) als een van de eerste vier toetsen ingedrukt wordt, terwijl de vijfde toets geen functie heeft. De setup-procedure blijft grotendeels hetzelfde. Allereerst wordt code 1 in EEPROM opgeslagen, waarbij uitgang 1 kort geactiveerd wordt. Dit wordt herhaald voor code 2...4, waarbij elke code de bijbehorende uitgang kort activeert. Het opslaan van de code 5 rondt het proces af; daarbij wordt uitgang 1 weer kort actief ter bevestiging. Als de setup-procedure is afgerond, moet de voeding uit- en weer ingeschakeld worden om het apparaat in de normale bedrijfsmodus te brengen. Als laatste: de manier waarop het systeem werkt en wordt geprogrammeerd, maakt het mogelijk om voor de verschillende codes verschillende afstandsbedieningen te gebruiken, ook als deze verschillende protocollen gebruiken. U zou zelfs voor elk kanaal een compleet andere afstandsbediening kunnen gebruiken die u ter beschikking hebt, waarbij code 1 bijvoorbeeld RC-5 kan zijn, code 2 NEC remote enzovoort. ◀

230314-03 (vertaling Adrie Kooijman)



Over de auteur

In de jaren '70 studeerde Rob van Hest elektronica aan de Technische Universiteit Twente. Hij schreef in die tijd ook zijn eerste artikelen voor elektronica-bladen. Hij bouwde toen ook zelf zijn eerste PC – eerst een 8080 CP/M-systeem, later een Z80-versie. Tijdens zijn loopbaan bewoog hij zich steeds verder richting software ontwikkeling maar hij bleef daarbij altijd knutselen met elektronica. Inmiddels is hij gepensioneerd en heeft zelfs nog meer tijd voor dat laatste!



Onderdelenlijst

Weerstanden:

RN1 = 22 k
R1 = 100 Ω
R5 = 1 k
R6 = 4k7 k
R10 = 100 Ω
(tussen X5 en via)

Condensatoren:

C1,C2 = 100 n
C3 = 22 μ
C5 = 2μ2
C6 = 10 n

Diversen:

IC1 = PIC12F1822
(of PIC12F1840)
IC2 = 78L05
IC3 = TSOP1736
(pinning: X2 = signaal, X3 = GND, X4 = VCC)
LD1 = LED groen 3 mm
Q1 = BC547B
Ry1 = Relais 12 V SPDT

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 of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

> Bert van Dam, *50 PIC Microcontroller Projects*, Elektor, 2010 (E-book)
www.elektor.nl/18091

WEBLINKS

- [1] R. van Hest, "Print voor simpele MC-projecten", Elektor Circuit special 2024: <http://elektormagazine.nl/230175-03>
- [2] Projectpagina op Elektor Labs: <https://www.elektormagazine.com/labs/universal-ir-remote-switch>



Afbeelding gemaakt met DALL-E.

Microcontroller-gestuurde loeidoos

speelse geluiden met een microcontroller

Bruno Clerc (Frankrijk)

Loeidozen ('moo boxes') hebben de tand des tijds doorstaan. Laten we er een bouwen! Dit artikel beschrijft een DHZ-project met een ATtiny85-microcontroller en minimale hardware, dat het loeien van een koe kan nabootsen als deze ondersteboven wordt gehouden. De nadruk ligt op het proces van het vinden, aanpassen en in het geheugen van de ATtiny programmeren van het 'perfecte' loei-geluid.



Figuur 1.
De voltooide loeidoos.

Wie bekend is met mijn werk, zal de rode draad herkennen die er doorheen loopt. Ik beloofde mijn kleindochter Paolina dat we iets anders dan een armband zouden maken van die oude kartonnen koker die was gebruikt voor het muziekdoosje [1]. Maar wat dan wel? Een variant op Simon Says? Of Whac-a-Mole? Nou nee – in plaats

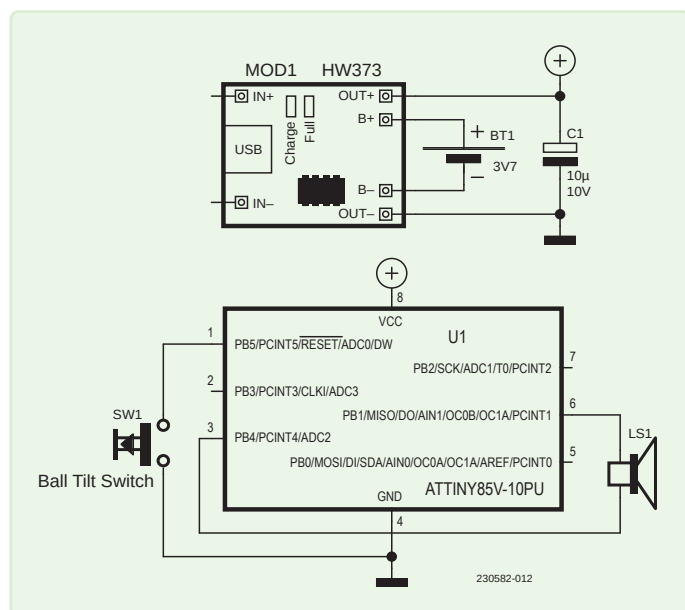
daarvan maken we een loeidoos; dat zijn van die kleine doosjes die je in souvenirwinkels vindt en die het loeien van een koe nabootsen. Het uiteindelijke resultaat is te zien in **figuur 1**. Het potje naast de doos wordt gebruikt voor een tweede geminiaturiseerde versie.

Dit hebt u nodig

- ATtiny85
- mechanische helling- of kantelschakelaar (kogelschakelaar)
- kleine 8Ω-luidspreker
- oplaadbare accu, hier een 18650-cel van een laptop
- lithium-laadmodule met TP4056, hier een HW373

Het idee

Net als bij mijn mini-piano en handbediende muziekdoos gebruik ik hier een ATtiny85, die een bestand in hex-formaat moet kunnen lezen en het geloei moet kunnen afspelen via een luidspreker. Tijdens mijn internet-zoektocht naar verschillende manieren om een microcontroller geluid te laten maken met behulp van minimalistische hardware, stuitte ik op de uitstekende Technoblogy-site [2]. Die pagina beschrijft een leuk project waarbij een eenvoudige ATtiny85 wordt geprogrammeerd om een kort voorbeeld van digitale audio door een luidspreker te sturen. Het kan een een-seconde-sample van een gedigitaliseerd geluid afspelen met uitsluitend een luidspreker en niets anders. Perfect – precies wat ik nodig had. Dit ontwerp maakt gebruik van de speciale 64MHz-klokoctie in de ATtiny85, die gebruikt kan worden om [Timer/Counter1](#) aan te sturen voor snelle digitaal/analoo omzetting. Om te beginnen heb ik de microcontroller geprogrammeerd met het



Figuur 2. Het schema.

voorbeeldprogramma van Technoblogy. Het programma werkt goed en de microcontroller produceerde eendengekwaak. Het schema is gegeven in **figuur 2**.

Een goeie loei

Ik ging op zoek naar een geschikt geluid voor dit project – een loeiende koe. Gelukkig vond ik, dankzij de magie van het internet, een passend geluid op de website van La Sonothèque [3]. Daar kunt u nog enkele andere geluiden vinden waarmee u het project een verrassend creatieve draai kunt geven. Zoals Technoblogy al aangaf, moet u het audio-bestand wel converteren.

De opname die ik vond, bestond uit een opeenvolging van van verschillende loeigeluiden, en dat is meer dan nodig. Ik heb het bestand geopend met Audacity [4] en vervolgens ingekort tot een enkele loei. Daarna heb ik het opgeslagen in 8bit-WAV-formaat. Om het WAV-bestand om te zetten naar een C-vriendelijk tekstformaat, kunt u bijvoorbeeld het `xxd`-commando gebruiken op een Mac- of Linux-systeem. Zelf heb ik het hulpprogramma HxD [5] gebruikt om het WAV-bestand te openen en de waarden te extraheren. Dit is niet zo handig als het `xxd`-commando, omdat het formaat van de HxD-waarden niet rechtstreeks bruikbaar is in de C/Arduino-code en u `0x` en komma's moet invoegen in de resulterende array. Nadat deze vervelende klus achter de rug was, moest ik de grootte van de opname aanpassen: zoveel mogelijk van de geluidloze delen verwijderen, het einde van de track zo kort mogelijk maken, handmatig enkele laatste datapunten uit de array verwijderen enzovoort.

Er waren verschillende pogingen nodig om een geschikt geluidseffect te krijgen en tegelijkertijd optimaal gebruik te maken van de mogelijkheden van de ATtiny85. Ik heb diverse WAV-bestanden gemanipuleerd en testcodes geladen met behulp van EasyTinyProg [6]. De uiteindelijke code gebruikt 8104 bytes (98%) van het programmeergeheugen. Het maximum is 8192 bytes. Er is bijna geen ruimte meer over!

Principe

U kunt de code van het project vinden op Elektor Labs [7]. De code gebruikt de phase-locked loop (PLL) op 64 MHz en gebruikt deze frequentie voor `Timer1`. Met deze configuratie zal de ISR-interrupt

(`TIMER0_COMPA_vect`) met een frequentie van ongeveer 512.820 Hz optreden. Het programma gebruikt `OCR1A` en `OCR1B`, de vergelijkinsregisters voor de kanalen A en B van Timer1. Op deze manier kunnen twee complementaire PWM-signalen worden gegenereerd uit hetzelfde audiosample, wat perfect is voor het rechtstreeks aansturen van een luidspreker: de signalen `OC1A` en `OC1B` hebben een tegengestelde polariteit, zoals in een push-pull schakeling.

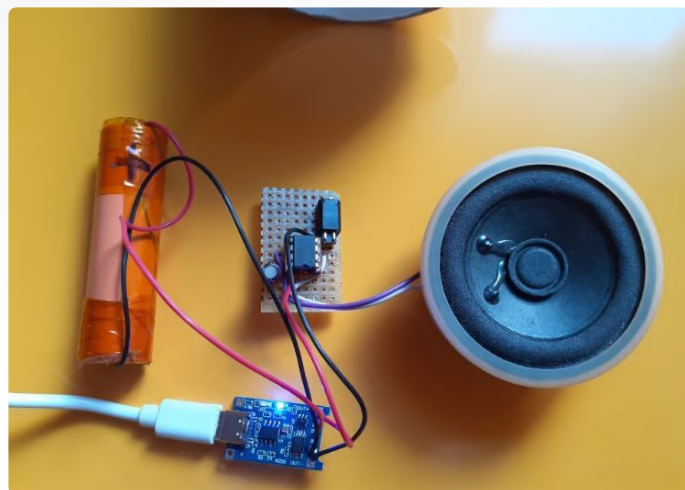
De array lezen

De code leest de array, één cel per keer, via een lus. Om te weten waar u zich in de array bevindt, worden twee variabelen gebruikt: `readWavLen` om de huidige index op te slaan en `mheuWavLen` om de totale grootte van de sample op te slaan. Telkens wanneer de interruptroutine wordt uitgevoerd, wordt de instructie `if(readWavLen == mheuWavLen)` gebruikt. Als deze test `True` retourneert (dus als we het einde van de array hebben bereikt), schakelt de code de interrupts uit en zet de microcontroller in de slaapstand om energie te besparen.

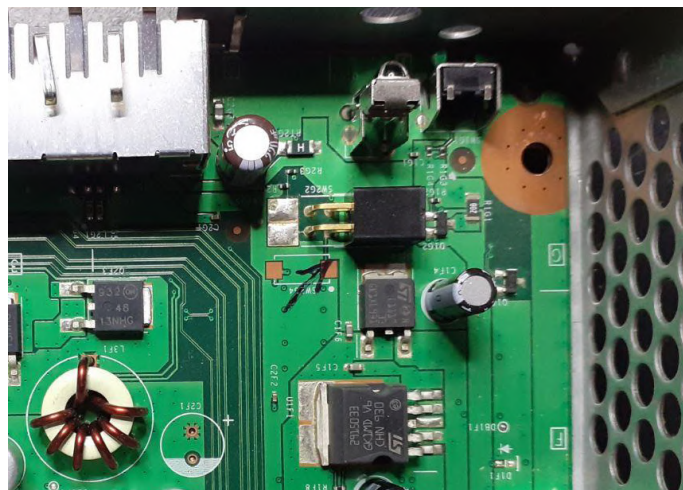
In ons voorbeeld heeft de array 7677 cellen, na verschillende (mislukte) pogingen om het beschikbare geheugen zo volledig mogelijk te vullen. Omdat ik begon met een sample van onbekende lengte en dit handmatig aanpaste, kende ik de lengte in eerste instantie niet. Er zijn verschillende strategieën mogelijk om deze te bepalen; u kunt bijvoorbeeld met een programma als Notepad++ het aantal keren dat '0x' voorkomt tellen. Ik heb me geamuseerd met een extra Arduino Uno, de `Taille_tableau_mheu.ino` code en de seriële poort. De volledige uitleg van de loeidoos-code treft u aan in het `ATTINY_MHEU_WAV.ino` bestand.

Bouw van de loeidoos

De constructie is niet moeilijk. Alle onderdelen, aangesloten volgens het schema, zijn buiten de behuizing te zien in **figuur 3**. De accu en lader zijn identiek aan die van de handbediende speeldoos. Het geheel wordt gevoed met 3,7 V, maar verdraagt ook 5 V. Als behuizing heb ik de kartonnen koker gebruikt die was overgebleven van het prototype van de muziekdoo in het andere artikel [1]. Ik heb een kogelschakelaar (mechanische kantelschakelaar) gebruikt om te detecteren wanneer de loeidoos ondersteboven wordt gehouden. In dit geval is hij afkomstig van een oude Xbox-console die rijp voor recycling was (**figuur 4**).



Figuur 3. Alles buiten de behuizing aangesloten.



Figuur 4. Hergebruik van een kantelschakelaar.

De luidspreker komt uit mijn eigen rommeldoos – gevuld met zaken die ik in het verleden heb gesloopt, en de 18650-lithiumcel komt uit een oude laptop-accu. De print is verticaal met hotmelt vastgezet. In die positie bevindt de sensorkogel zich aan de onderkant en raakt hij de contacten niet, die zich aan de bovenkant bevinden. Als het doosje wordt omgedraaid, sluit de kogel de contacten. De aansluitingen van deze sensor/schakelaar zijn rechtstreeks verbonden met de reset-pin van de ATtiny en massa, waardoor de microcontroller in de reset-status wordt gehouden.

Wanneer u de loeidooz dan nog een keer omdraait, valt de kogel terug en opent het reset-contact. De microcontroller start op, de doos loeit naar verwachting en gaat weer slapen om de accu te sparen – tenzij we het vaker doen... Op [8] kunt u een demovideo bekijken.

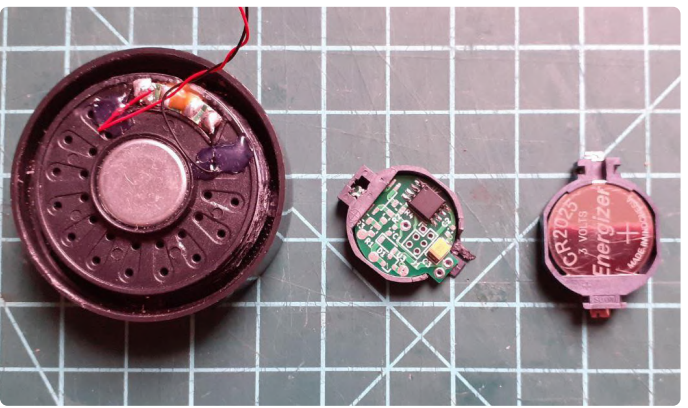
Miniatuurversie

Ik heb mezelf de uitdaging gesteld om een tweede, kleinere versie te maken. En dat is gelukt: de uiteindelijke versie heeft een diameter van 50 mm, een hoogte van 44 mm bij een gewicht van 38 g. De behuizing wordt gevormd door het kleine potje van figuur 1. De luidspreker komt van een oude Bluetooth-headset, terwijl het metalen rooster van een oude PC komt. Voor de microcontroller heb ik nog een paar printen liggen die ik gemaakt heb voor de knoploze garagedeurbediening die twee jaar geleden is gepubliceerd [9]. De ATtiny85 en de bijbehorende print passen in een CR2032-batterijhouder. Een tweede houder, dit keer voorzien van een echte CR2032-batterij, voorziet het geheel van stroom (**figuur 5**). Het uiteindelijke resultaat is te zien in **figuur 6** en in de video [10].

230582-03

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 of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Figuur 5. Het kan nog kleiner.



Figuur 6. De uiteindelijke miniatuurversie.

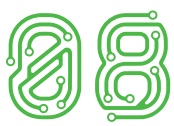


Gerelateerde producten

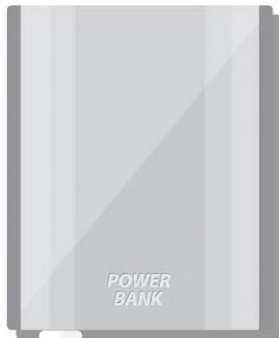
- > **Elektor Summer Circuits 2022**
www.elektor.nl/20191
- > **M. Cina, MSP430 Microcontroller Essentials (Elektor 2022)**
www.elektor.nl/20112

WEBLINKS

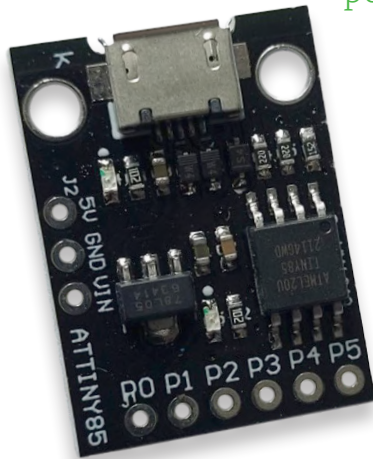
- [1] Bruno Clerc, "Een klein muziekdoosje", Elektor Circuit Special 2024: <https://elektormagazine.nl/230505-03>
- [2] Technoblogy: Audio Sample Player with ATtiny: <http://www.technoblogy.com/show?QBB>
- [3] Enkele loei- en andere geluiden: <https://lasonotheque.org/search?q=meuh>
- [4] Audacity: <https://audacityteam.org>
- [5] HxD hex editor: <https://mh-nexus.de/en/hxd/>
- [6] EasyTinyProg: <https://elektormagazine.com/labs/make-programming-the-attiny-dip8-easier-with-easytinyprog>
- [7] Dit project op Elektor Labs: <https://elektormagazine.com/labs/moo-box-or-boite-a-mheu>
- [8] Demo video 1: https://youtu.be/DO0_t3U06aI
- [9] Knoploze garagedeurbediening: <http://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-263/60811>
- [10] Demo video 2: <https://youtu.be/TkjpJaAW-wY>



USB-accu-interface



AdobeStock | #530504882



Pascal Rondane (Frankrijk)

Powerbanks vallen vaak uit als ze worden aangesloten op low-power apparaten. Dit project biedt een oplossing met een microcontroller (-module) om de powerbank aan de praat te houden.

manieren om dit te bereiken (zie bijvoorbeeld [2]). In dit project heb ik gekozen voor een microcontroller.

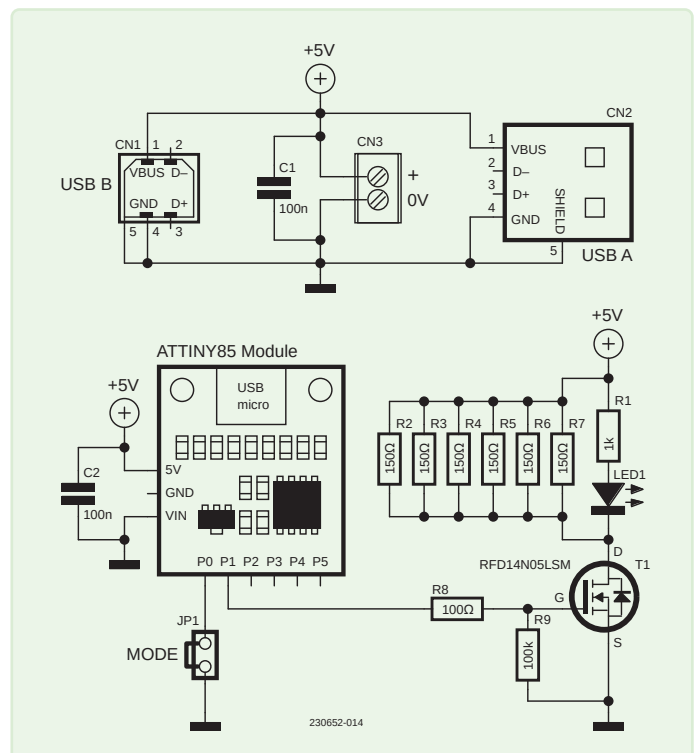
De opzet

De hardware is gebaseerd op een ATtiny45 Digispark-module (zie **figuur 1**), geprogrammeerd met de Arduino IDE, en die een MOSFET-transistor aanstuurt. Het schema is getekend in **figuur 2**.

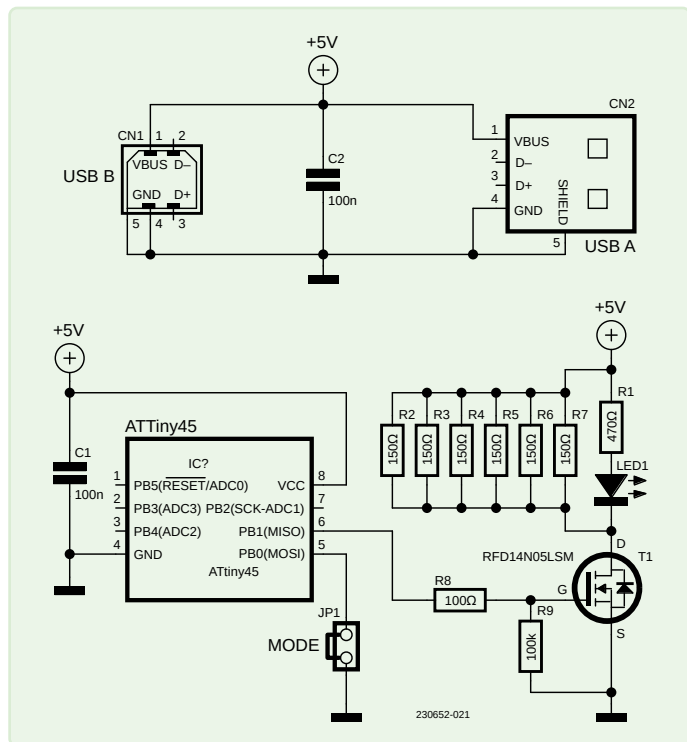
Figuur 1. Het ATtiny85 USB Mini Development Board van Digispark.

Dit project werd geboren toen ik een powerbank-accu van 10.000 mAh wilde gebruiken om een schakeling van stroom te voorzien die in standby slechts een paar milliampère verbruikte. Deze accu's zijn interessant omdat ze een spanning van 5 V leveren, gemakkelijk kunnen worden opgeladen en verschillende USB-aansluitingen hebben, die een aanzienlijke stroom kunnen leveren. En ze zijn heel betaalbaar. Powerbanks zijn ontworpen om een forse stroom te leveren om een smartphone te laden en om af te schakelen wanneer de stroom onder een bepaalde waarde zakt. Mijn project verbruikte ongeveer 4 mA in rust. Tijdens de eerste tests schakelde de accu af na ongeveer 30 s. Houd er rekening mee dat de tijd voor het afschakelen afhangt van het merk accu. Daarom kunnen in de software twee uitschakeltijden worden ingesteld (10 en 30 seconden).

Na wat onderzoek vond ik een oplossing: elke 20 seconden gedurende een paar milliseconden een belasting in de vorm van een weerstand bijschakelen [1]. Het ligt voor de hand daarvoor een monostabiele schakeling te gebruiken. Omdat de afschakeltijden van verschillende typen powerbanks niet identiek zijn, moet er een optie zijn om andere tijden in te stellen dan alleen die vaste 20 seconden. Er zijn meerdere



Figuur 2. Het schema van de eerste variant van de USB-accu-interface.



Figuur 3. Het schema van de tweede variant.

De accu van de powerbank is aangesloten op de USB-connector CN1 en de belasting op de USB-connector CN2. Op de 5V-USB-voedingsrail hebben we een set parallelle weerstanden (we kunnen het aantal weerstanden aanpassen afhankelijk van de belasting die de batterij nodig heeft), die naar massa worden geschakeld door een MOSFET-transistor die wordt aangestuurd door de microcontroller. Met de LED1 kunt u de correcte werking van de schakeling controleren en met de jumper JP1 kan de activeringstijd worden gekozen, afhankelijk van het type accu. Zo kan de gebruiker in de software kiezen tussen de aan/uit-tijden voor twee typen powerbanks zonder de software voor elke powerbank opnieuw te moeten programmeren (zie verderop).

Let op: de Digispark-module moet worden aangepast om het verbruik te optimaliseren, weerstand R4 moet worden verwijderd om de voedings-LED uit te schakelen.

Tweede variant

De tweede variant is veel compacter en kan in een stuk krimpkous worden ondergebracht. Het schema is getekend in **figuur 3**. De keuze van het type accu blijft hetzelfde, het verschil is dat we niet de Digispark-module gebruiken maar alleen de ATtiny45-microcontroller. De eenvoudigste oplossing is om de Digispark-module te programmeren en vervolgens de microcontroller los te solderen om deze vervolgens op de nieuwe print te monteren.

Software

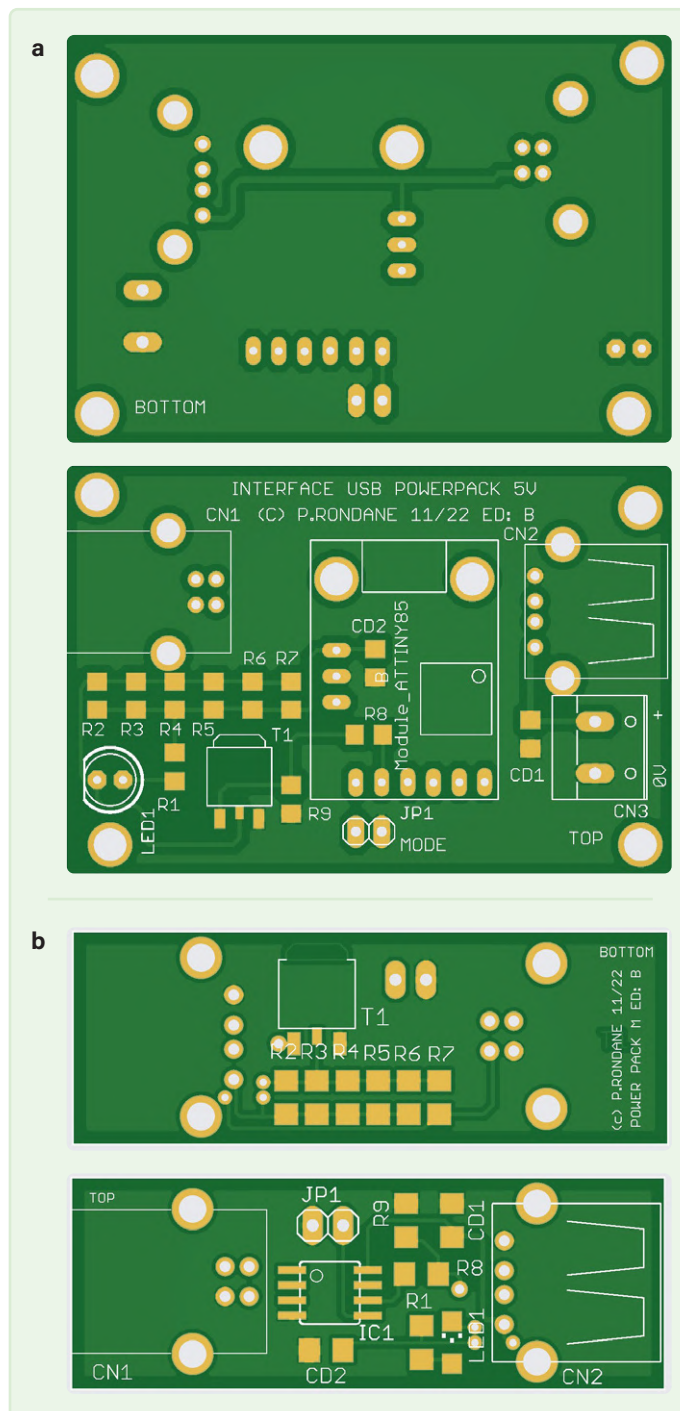
De software is relatief eenvoudig: aan het begin van het programma staan de variabelen en constanten om de aan/uit-schakeltijden van de MOSFET in te stellen conform de door jumper JP1 gekozen modus. De schakeltijden van de MOSFET worden bepaald door de constanten `T_ON_BATT` / `T_OFF_BATT` of `T_ON_BATT_1` / `T_OFF_BATT`.

Vervolgens wordt de variabele `currentMillis` gebruikt in de hoofd-lus om de intervallen te beheren. De microcontroller gaat tussen elke timerinterrupt in slaapmodus als hij de MOSFET-transistor niet hoeft in te schakelen.

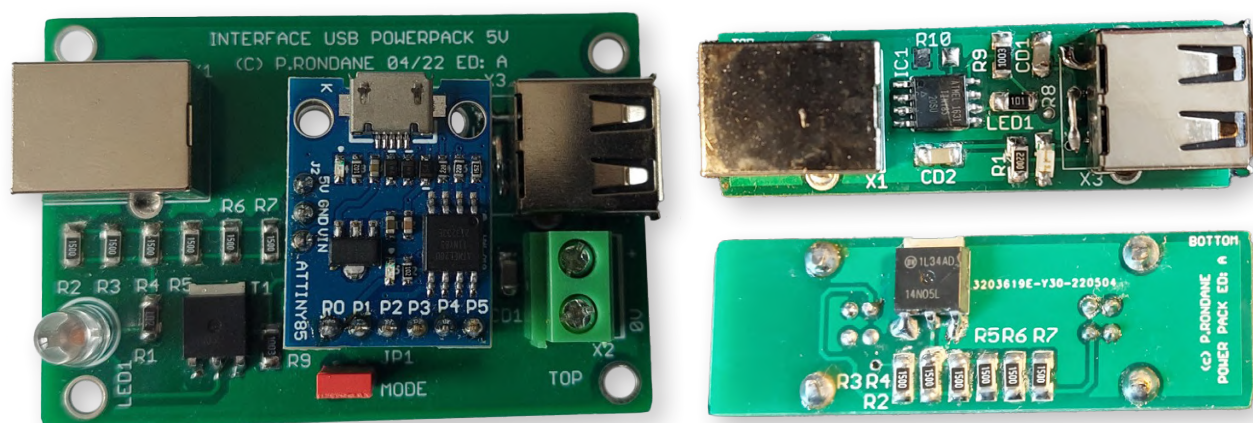
De drivers voor de Digispark-module kunnen worden gedownload van de DigistumpArduino Github-repository van Digistump [3].

Print

De schakeling kan eenvoudig worden opgebouwd op gaatjesprint. Voor een meer professioneel resultaat kan echter een online printservice worden gebruikt. Het assembleren is niet moeilijk dankzij het gebruik



Figuur 4. De print voor de eerste variant (a) en voor de tweede variant (b).



Figuur 5. Geproduceerde en geassembleerde print van de USB-accu-interface in de eerste (links) en tweede variant (rechts).

van SMD-componenten in 1206-formaat, die zelfs voor mensen met weinig soldeerervaring hanteerbaar zijn. Om een indruk te geven toont **figuur 4** het printontwerp voor de eerste en de tweede variant van de schakeling. **Figuur 5** toont de volledig bestukte printen en **figuur 6** ten slotte toont de accu-interface in actie ten bewijze van de praktische toepassing en functionaliteit. ◀

230652-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via pascal.tours@gmail.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

- SparkFun Power Delivery Board - USB-C (Qwiic) www.elektor.nl/19600
- Joy-IT UM25C USB Measuring Instrument with Bluetooth www.elektor.nl/18599



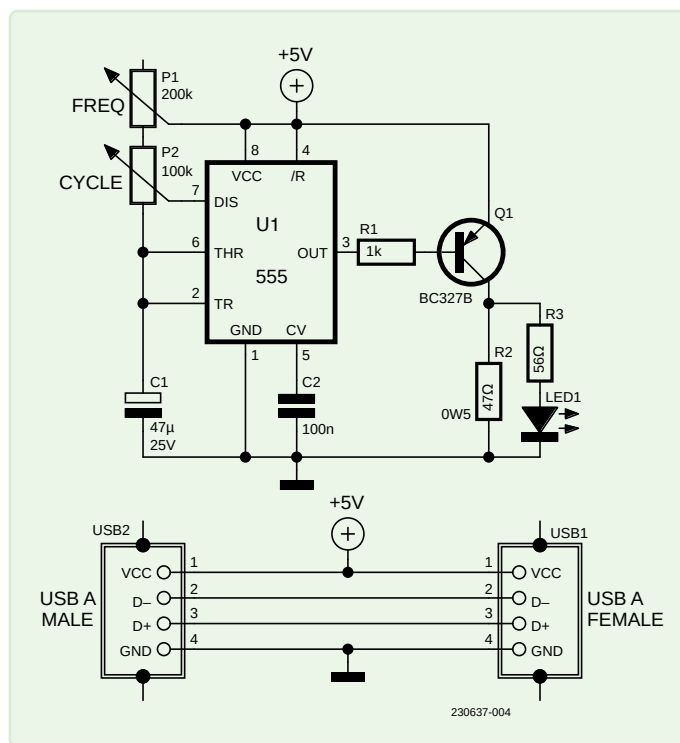
Figuur 6. De USB-accu-interface in actie.

WEBLINKS

- [1] USB battery prevent shutdown (PJRC Teensy Forum): <https://forum.pjrc.com/index.php?threads/usb-battery-bank-prevent-shut-down.28624/>
- [2] Johnny Verhoeven, "Low-power apparaten voeden met een powerbank", Elektor Circuit Special 2024: <https://elektormagazine.nl/230637-03>
- [3] Drivers Digispark: <https://github.com/digistump/DigistumpArduino>

De meeste powerbanks schakelen uit wanneer de opgenomen stroom onder een minimumwaarde komt. Hier is een slimme oplossing die powerbanks in staat stelt om low-power apparaten zoals Arduino-schakelingen continu te blijven voeden door middel van strategisch gepulste stroom. Deze innovatie vergroot het aantal apparaten dat kan profiteren van draagbare stroombronnen!

De hamvraag was dus hoe de powerbank in actieve toestand te houden zonder het stroomverbruik van de Arduino-schakeling (veel) te vergroten. Een recht-voot-zijn-raap oplossing bestond uit een 49Ω -belastingsweerstand die 100 mA aan de powerbank onttrekt. Deze methode reduceert de tijd dat de powerbank de Arduino kon voeden echter aanzienlijk; de Arduino trekt normaal slechts een paar milliampère. Na enig onderzoek ontdekte ik dat het simuleren van een belasting door periodiek stroom te trekken, binnen het uitschakelinterval van de powerbank, in de praktijk kan voorkomen dat de powerbank uitschakelt.



De voor de hand liggende oplossing is dan het gebruik van een met regelmatige tussenpozen gepulste schakeling die een voldoende grote belasting simuleert.

Wanneer u het woord 'puls' hoort, is het eerste waar u aan denkt een 555 timer-IC. Het hart van deze schakeling is daarom een standaard 555-timer. De frequentie en duty cycle (pulsengte) worden aangepast met instelpotmeters om het stroomverbruik te minimaliseren.



Figuur 2. De print met gesoldeerde componenten.

In **figuur 1** vormen transistor Q1 en weerstand R2 de feitelijke belasting van ongeveer 100 mA, maar die waarde kan naar behoefte worden aangepast. R3 en LED1 geven de pulsen aan.

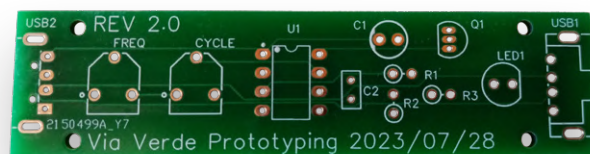
Instelling

Elke powerbank is anders, dus de puls frequentie en -duur moeten voor elk model anders worden ingesteld, en wel zo dat de powerbank niet uitschakelt. Het is ook wenselijk om de extra belasting tot een minimum te beperken. Dit doen we door de puls frequentie zo laag mogelijk in te stellen en de puls zo kort mogelijk te maken. Sluit eerst de anti-afschakel-schakeling aan op de voeding. In het schema en bij mijn prototype (**figuur 2**) ziet u twee potmeters: FREQ en CYCLE. Zet de FREQ-potmeter P1 op maximaal (rechtsom gedraaid). Vervolgens moet u de CYCLE-potmeter P2 instellen op de kortste puls die de powerbank ingeschakeld houdt; door de potmeter rechtsom te draaien verlengt u de puls en door hem naar links te draaien verkort u deze. Nadat u de puls hebt ingesteld, verlaagt u de frequentie tot de minimumwaarde die de powerbank ingeschakeld houdt (draai P1 (FREQ) linksom). Nu kunt u uw apparaat aansluiten op de schakeling apparaat zoals in **figuur 3**.

De print

Nadat ik bevredigende resultaten had bereikt met de schakeling op breadboard, heb ik een print voor de schakeling ontworpen. Hierbij wilde ik de afmetingen minimaliseren, zodat het netjes in een compacte behuizing ter grootte van een USB-steker paste. De print en de schema's werden zorgvuldig ontworpen met Easy EDA en vervolgens naar een printfabrikant gestuurd. **Figuur 4** toont de print in volle glorie. Ik heb alle componenten op hun plaats gesoldeerd (**figuur 2**) en de print vervolgens gemonteerd in een 3D-geprinte behuizing (**figuur 5**). 

230637-03



Figuur 4. De kale print.

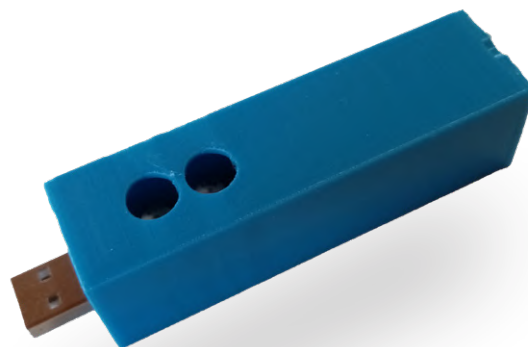
Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via johnny.verhoeven@yahoo.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Over de auteur

Johnny Verhoeven studeerde elektronica en heeft een bachelor in IT. Hij heeft ook verschillende diploma's in muziek. Johnny is een creatieve maker die sinds zijn recente pensionering de elektronica weer heeft opgepakt. U kunt hier meer over vinden op zijn Facebookpagina "Via Verde Prototypes" op facebook.com/profile.php?id=100083476892160.



Figuur 5. De print is hier in een 3D-geprinte behuizing gemonteerd.



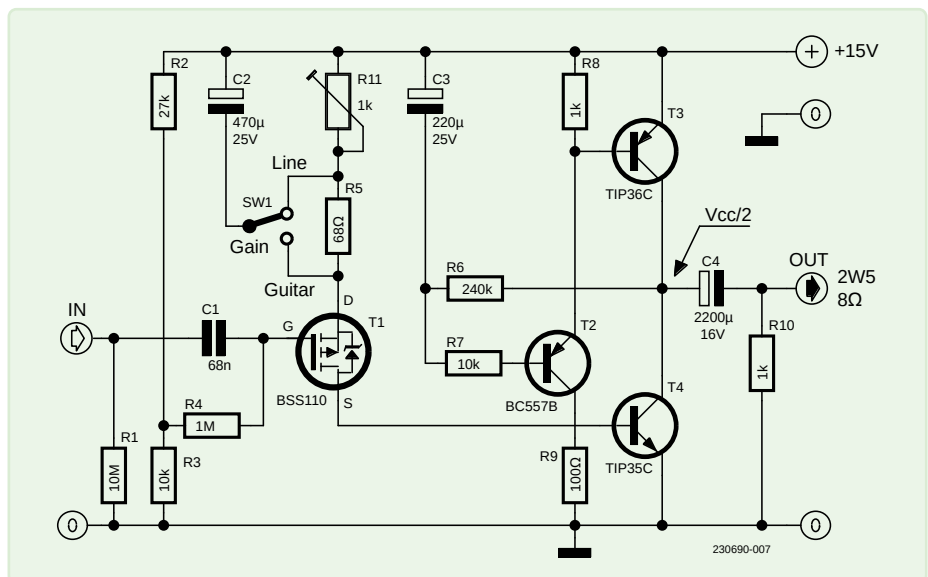
Kleine klasse-A audioversterker met stroomuitgang

stuur luidsprekers aan met stroom in plaats van spanning

Walter Orlov (Duitsland)

De meeste audioversterkers leveren een (met een bepaalde factor versterkte) uitgangsspanning die de ingangsspanning volgt, wat resulteert in een laagohmige uitgang. Een ongebruikelijk maar interessant alternatief is om de versterker zo te ontwerpen dat de uitgangsstroom de ingangsspanning weerspiegelt, waardoor een spanningsgestuurde hoogohmige stroombron ontstaat. Lees hier hoe dit speciale type versterker werkt en hoe u die bouwt.

De ingangstrap bereikt een betere lineariteit dankzij het gebruik van een MOSFET voor T1 in plaats van een conventionele bipolaire transistor (zie **figuur 1**). Daarom kan de ingangsimpedantie hoog genoeg worden gekozen (met R10 effectief parallel aan R4), zodat een elektrische gitaar rechtstreeks kan worden aangesloten. De voedingsspanning kan variëren van +12 V ($P_{out} \leq 1,5$ W) tot +19 V



Figuur 1. De eenvoudige schakeling van een versterker met buizensound.

(met behulp van een oude notebookvoeding; $P_{out} \leq 4$ W).

De ingangstrap rond T1 werkt als een drainvolgervolger en levert de basisstroom voor T4, die dienst doet als spanningsversterker. T2/T3 werken als een constante-stroombron; deze versterker is van het klasse-A type. De waarde van R6 hangt af van de voedingsspanning en het gewenste maximale uitgangsvermogen. Kies voor 12 V (1,5 W) een waarde voor R6 die de ruststroom van T3/T4 op ongeveer 0,8 A instelt, en voor 19 V (4 W) ongeveer 1,2 A. Voor een goede schatting van de ruststroom is het voldoende om de voedingsstroom van de versterker als geheel te meten. Voor het meten van de stroom moet R11 zo worden ingesteld dat de spanning aan de positieve pool van C4

gelijk is aan de helft van de voedingsspanning. Daarna kunt u de waarde van R6 variëren en R11 opnieuw afregelen om het DC-niveau van de eindtrap op de helft van de voedingsspanning te houden.

Clippen - en meer

Versterkingsschakelaar SW1 geeft in de 'Line'-positie minder vervorming - ongeveer 1,5% voor de tweede harmonische bij 1 W (zie **figuur 2**). Als u omschakelt naar de 'Guitar'-stand neemt de vervorming toe tot 4,5% (zie **figuur 3**). Bij hoge signaalamplitudes vindt het resulterende clippen vloeiend zonder scherpe randen plaats (**figuur 4**), vergelijkbaar met een buizenversterker. De frequentie-boven-grens van de versterker is ongeveer 150 kHz,

ten gevolge van de eigenschappen van T3 en T4.

Adequate koeling van de uitgangstransistoren T3 en T4 is essentieel, omdat de schakeling geen thermische beveiliging heeft. Bij een voedingsspanning van 12 V en een stroom van 0,8 A dissipeert elke transistor 5 W. Dat neemt toe tot ongeveer 11 W per transistor bij 19 V en 1,2 A.

Klank

Deze klasse-A versterker heeft geen globale tegenkoppeling – iets dat alleen mogelijk is bij een klasse-A configuratie. Alternatieve bedrijfsmodi zoals AB of B zouden tot een onaanvaardbaar hoge vervorming leiden. Een ander opvallend aspect is de stroomgestuurde uitgang, waarbij het uitgangsvermogen toeneemt met toenemende impedantie van de aangesloten luidspreker (vooral bij hogere frequenties). Deze versterker bootst dus niet alleen de klank van een buizenversterker na, maar verbetert ook het bereik van de hoge tonen, waardoor het geluid 'preciezer' wordt. Dankzij de beperkte uitgangsstroom en de klasse-A instelling is de versterker kortsluitvast. Het standaard ingangsniveau is 1 V_{RMS} . Clippen treedt op vanaf $1,2\text{ V}_{\text{RMS}}$.

230690-03

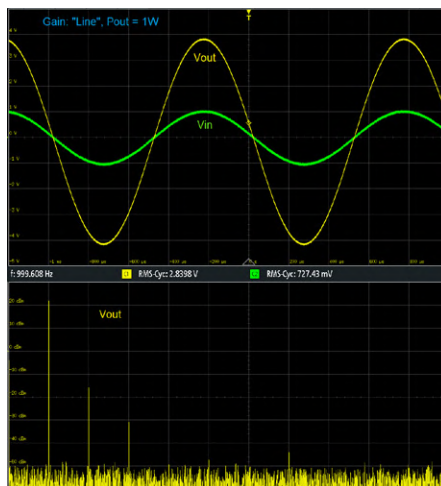
Over de auteur

Walter Orlov is natuurkundig ingenieur en gespecialiseerd in praktische elektronica. Zijn expertise ligt in het ontwerpen van diverse zowel analoge als digitale elektronische schakelingen, voornamelijk voor meet- en regeltoepassingen. Gepassioneerd door zijn vakgebied besteedt hij ook zijn vrije tijd aan het experimenteren met audio-elektronica.

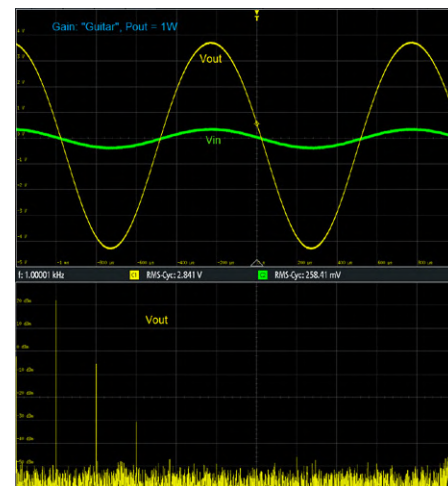


Vragen of opmerkingen?

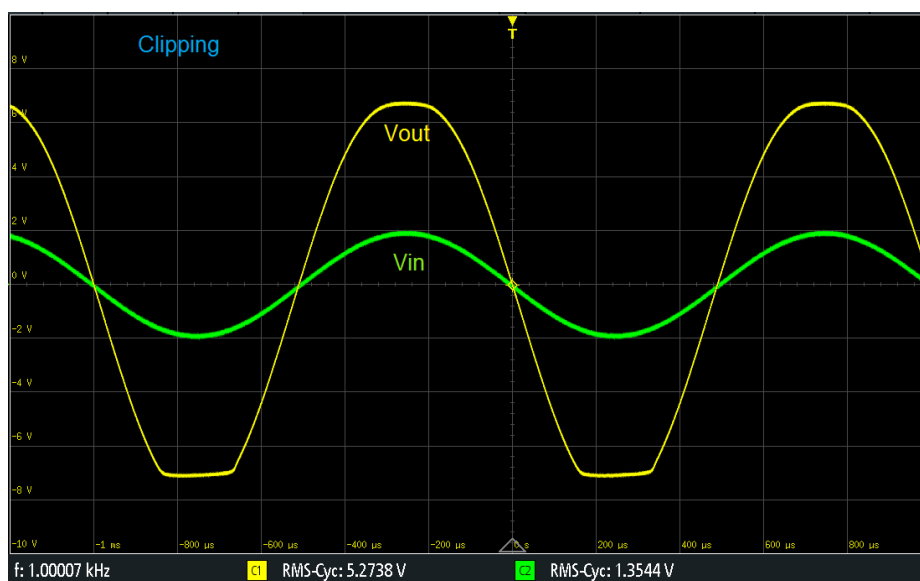
Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Figuur 2. Vervorming in de 'Line'-modus.



Figuur 3 Vervorming in de 'Guitar'-modus.

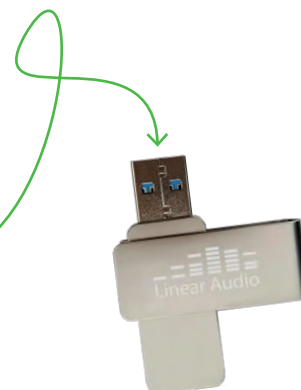


Figuur 4. Clippen bij een ingangsniveau van $1,4\text{ V}_{\text{RMS}}$.



Gerelateerde producten

- > **Retro Audio (E-Book)**
www.elektor.nl/18207
- > **The Complete Linear Audio Library (USB Stick)**
www.elektor.nl/19672



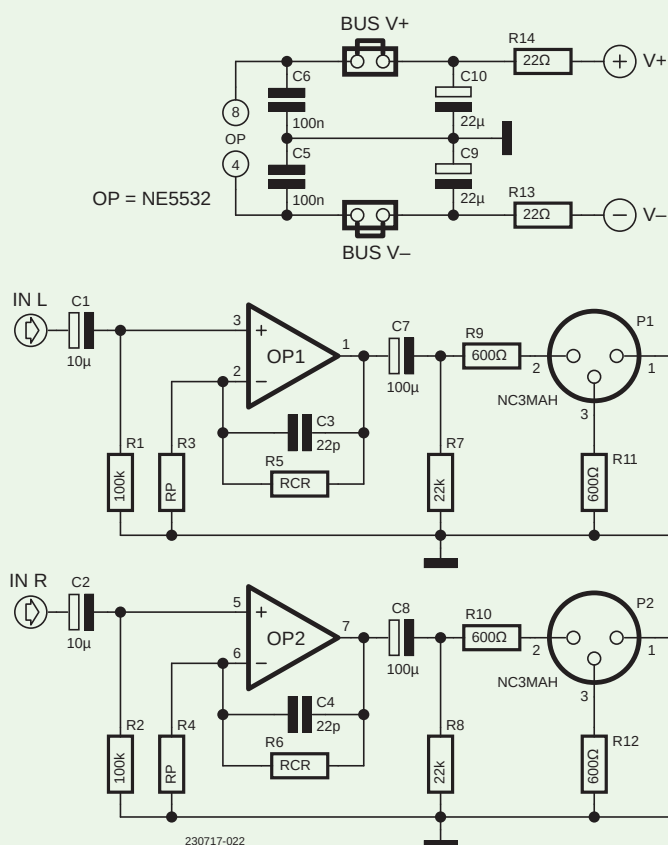


Pseudo-symmetrische module

hoge CMRR met asymmetrische audioverbindingen

Thierry Clinquart (België)

Als u een audioapparaat met een single-ended (asymmetrische) uitgang moet aansluiten op een symmetrische (differentiële) ingang, kunt u deze impedantie-adapter gebruiken, waarmee de common-mode ruisonderdrukking van de symmetrische aansluitingen behouden blijft.

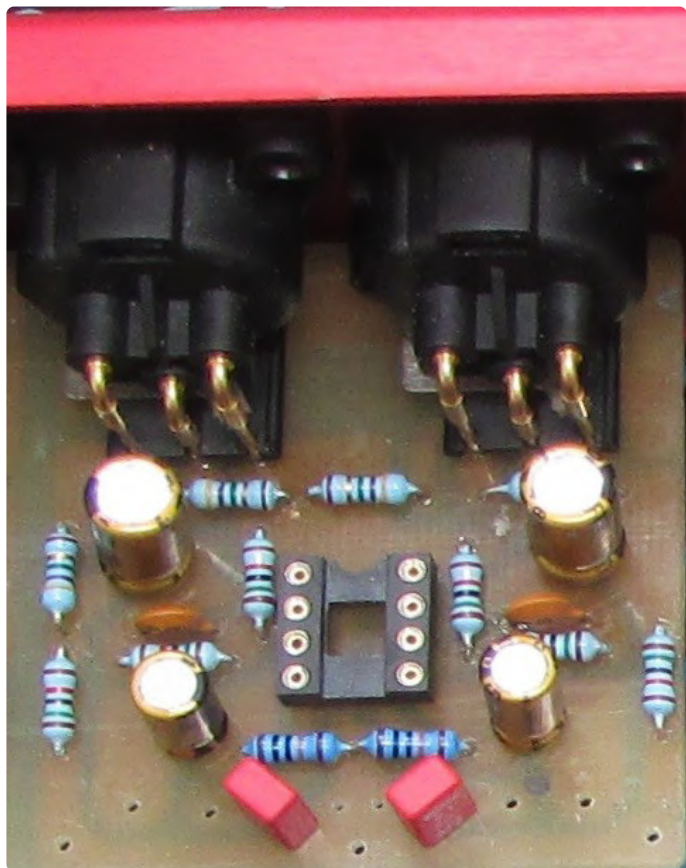


De eerste keer dat ik de term 'pseudo-symmetrisch' hoorde, was in de jaren '90, toen Soundcraft zijn Spirit Folio-mengpaneel uitbracht. Ontvangers voor draadloze microfoons hebben deze benadering vaak toegepast. Deze techniek wordt ook wel 'impedantiesymmetrie' genoemd omdat er twee identieke weerstanden aan de uitgang zijn aangebracht om de common-mode rejection ratio (CMRR) van het differentiële ingangscircuit dat stroomafwaarts van deze module wordt aangesloten te optimaliseren.

De schakeling

Zoals u kunt zien in het schema van **figuur 1** is de uitgang asymmetrisch en niet differentiële. Het is meer een kwestie van handige bedrading. Met dit hulpmiddel is op de differentiële link naar de externe XLR-ingang het eigenlijke signaal alleen aanwezig op pin 2, terwijl pin 3 wordt afgesloten naar GND met een weerstand die correspondeert met de 600Ω-lijnimpedantie. Op weg naar het doelapparaat staan de plus- en de min-lijnen bloot aan dezelfde hoeveelheid elektrische storing

Figuur 1. Schema van het project.



Figuur 2. De voor dit project ontworpen print.

(indien aanwezig), die met dezelfde amplitude en fase op beide lijnen binnendringen. Als gevolg daarvan zal het asymmetrische audiosignaal door de differentiële ingang van het ontvangende apparaat lopen, terwijl de symmetrische ruis erdoor wordt geëlimineerd, waardoor de CMRR-prestaties van een typische differentiële audioverbinding behouden blijven.

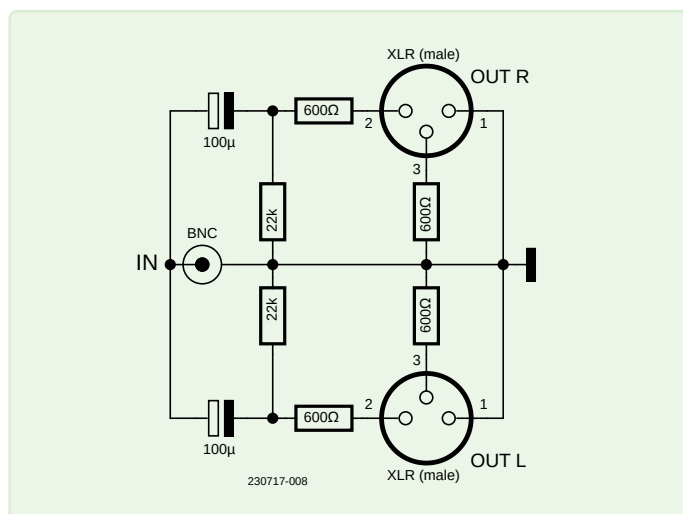
Als u trouwens apparatuur wilt controleren waarvan u de uitgangssymmetrie betwijfelt, meet dan gewoon met een millivoltmeter: als het signaal aanwezig is op pin 2 en pin 3, is de symmetrie in orde. Als u aan de andere kant een signaal meet op pin 2 maar niet op pin 3, dan hebt u met een pseudo-symmetrische modus te maken. Met een dubbelstraals oscilloscoop ziet u meteen wat er aan de hand is. Het ontwerp (zie het prototype, nog zonder IC, in **figuur 2**) is opgebouwd rond de NE5532, een ruisarme dual opamp van Texas Instruments [1], en een paar andere componenten. C1, C2 en C7, C8 zijn koppelcondensatoren, terwijl R1 en R2 de ingangsweerstand bepalen. De versterking van het L- en R-kanaal wordt berekend met de volgende formules:

$$G_L = 1 + R5/R3$$

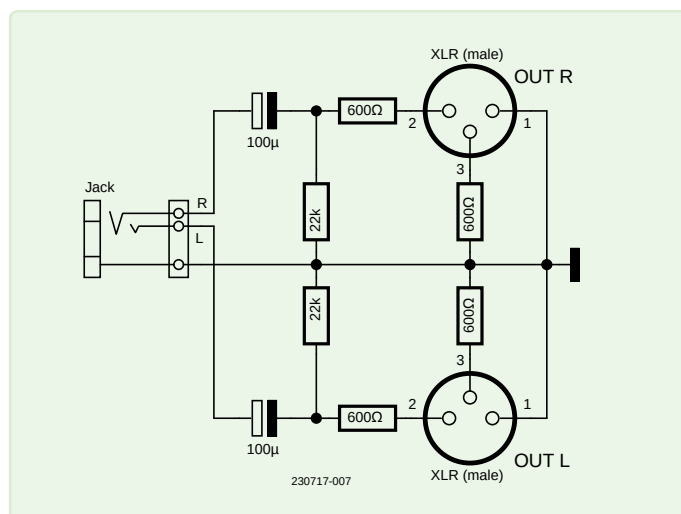
$$G_R = 1 + R6/R4$$

Als we een versterking van ongeveer 10 dB willen om van cinch-niveau (250 mV) naar lijnniveau (775 mV) te gaan, moeten de waarden $R3 = R4 = 10 \text{ k}\Omega$ en $R5 = R6 = 22 \text{ k}\Omega$ zijn. In mijn exemplaar filteren R13, C9 en R14, C10 de V+ en V- voedingsrails. Deze opzet is ideaal voor korte verbindingen, zoals thuisstudio's, kleine geluidssystemen of voor integratie in vintage apparatuur.

Een enkele opmerking over de BUS V+ en BUS V- connectoren: deze verbinden gemeenschappelijke V+ en V- voedingsrails met één of meer kaarten bij modulaire, meerkanaals audio-interfaces.



Figuur 3. Interfacing van een LF-generator met 50Ω-uitgangsimpedantie.



Figuur 4. Modificatie voor aansluiting op een coax 3,5-mm stereo klinkstekering van audioapparatuur.

In **figuur 3** ziet u bij wijze van voorbeeld hoe u een LF-generator met een BNC-uitgang kunt modifieren tot een dubbele XLR OUT. U hebt hier geen opamp nodig, aangezien generatoren vaak een uitgangsimpedantie van $50\ \Omega$ hebben. Hetzelfde geldt voor draagbare radio's, PC's, tablets en dergelijke met 3,5mm-klinksteker-uitgangen, zoals u ziet in het schema van **figuur 4**.

In ieder geval zou ik u ten sterkste willen aanbevelen om voor grotere afstanden echte symmetrische verbindingen te gebruiken. Werp bijvoorbeeld eens een blik op mijn "Balanced Audio Line Driver" op Elektor Labs [3], een project dat is gebaseerd op een krachtige THAT 1646 differentiële lijndriver van THAT Corporation [4].

Over de printen

De printen die ik heb ontworpen zijn een stereoversie met twee XLR Neutrik NC3MAH-connectoren voor printmontage (**figuur 5**) en een ruimtebesparende monoversie (**figuur 6**). Beide hebben een symmetrische voeding ($V+$ en $V-$) nodig binnen een bereik van $\pm 5\text{ V}$ tot $\pm 15\text{ V}$. Bezoek de Elektor Labs-pagina van dit project [2] om de layouts van de printen te downloaden. 

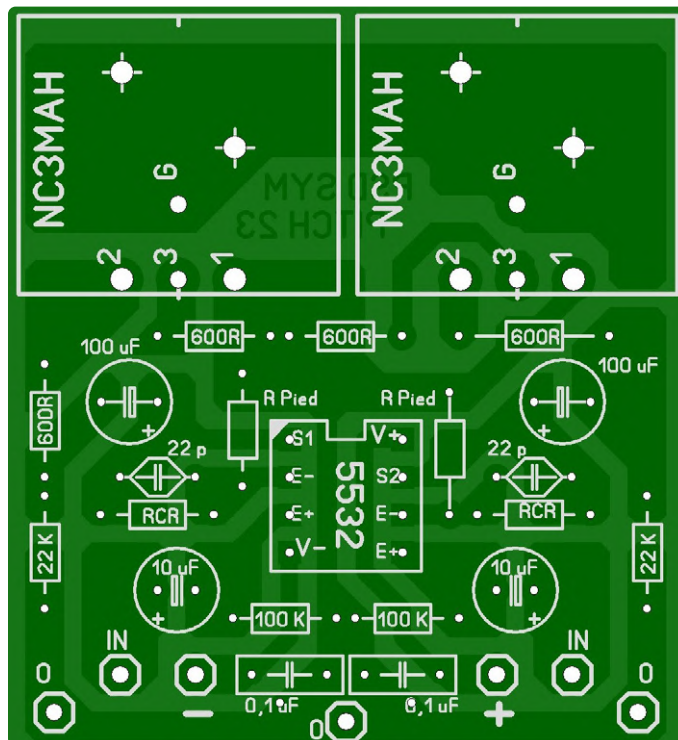
230717-03

Vragen of opmerkingen?

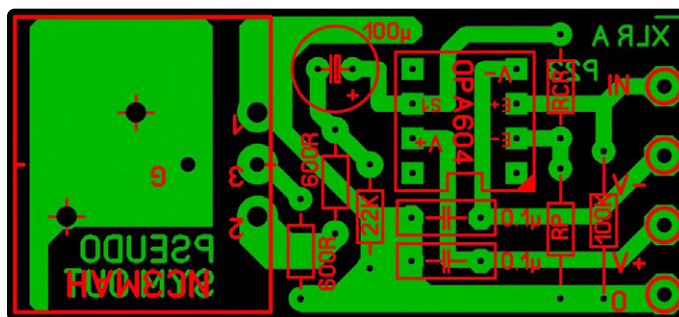
Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

Over de auteur

Als elektrotechnicus ontdekte Thierry Clinquart de beroemde $\mu A741$ operationele versterker in 1980 tijdens zijn studie aan het Don Bosco Instituut in Doornik (België). Daarmee werd het veel eenvoudiger om een audioschakeling te bouwen dan met 'losse' transistoren. Hij heeft de evolutie van deze voorvader gevolgd via de TL071, NE5534 tot aan de dag van vandaag met 'hoogwaardige' producten van Texas Instruments, Analog Devices, JRC, THAT Corp enzovoort. Alle schakelingen die Thierry presenteert op Elektor Labs zijn op maat gemaakte modules die gecombineerd kunnen worden. Om de bedrading te minimaliseren gebruikt hij de connectoren uit de Neutrik A-serie die rechtstreeks op de print zijn geplaatst. Hij gebruikt Sprint layout-software om het ontwerp te optimaliseren en een consistente vormfactor te garanderen.



Figuur 5. Componentenopstelling voor van de stereoversie van de module.

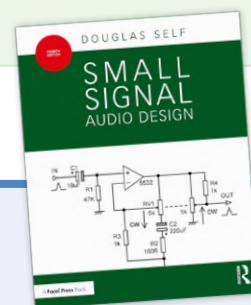


Figuur 6. De print voor de monoversie, gezien vanaf de componentzijde.



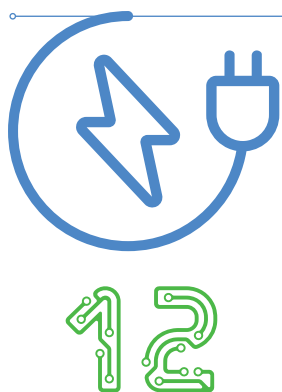
Gerelateerd product

> Douglas Self, *Small Signal Audio Design (4th Edition)*, Focal Press
www.elektor.nl/18046



WEBLINKS

- [1] Datasheet NE5532: <https://ti.com/lit/ds/symlink/ne5532a.pdf>
- [2] Elektor Labs-pagina voor dit project: <https://elektormagazine.com/labs/pseudo-balanced-module>
- [3] Elektor Labs-pagina voor het Balanced Audio Line Driver-project: <https://tinyurl.com/36r4w5w2>
- [4] Datasheet THAT 1646: https://thatcorp.com/datashts/THAT_1606-1646_Datasheet.pdf

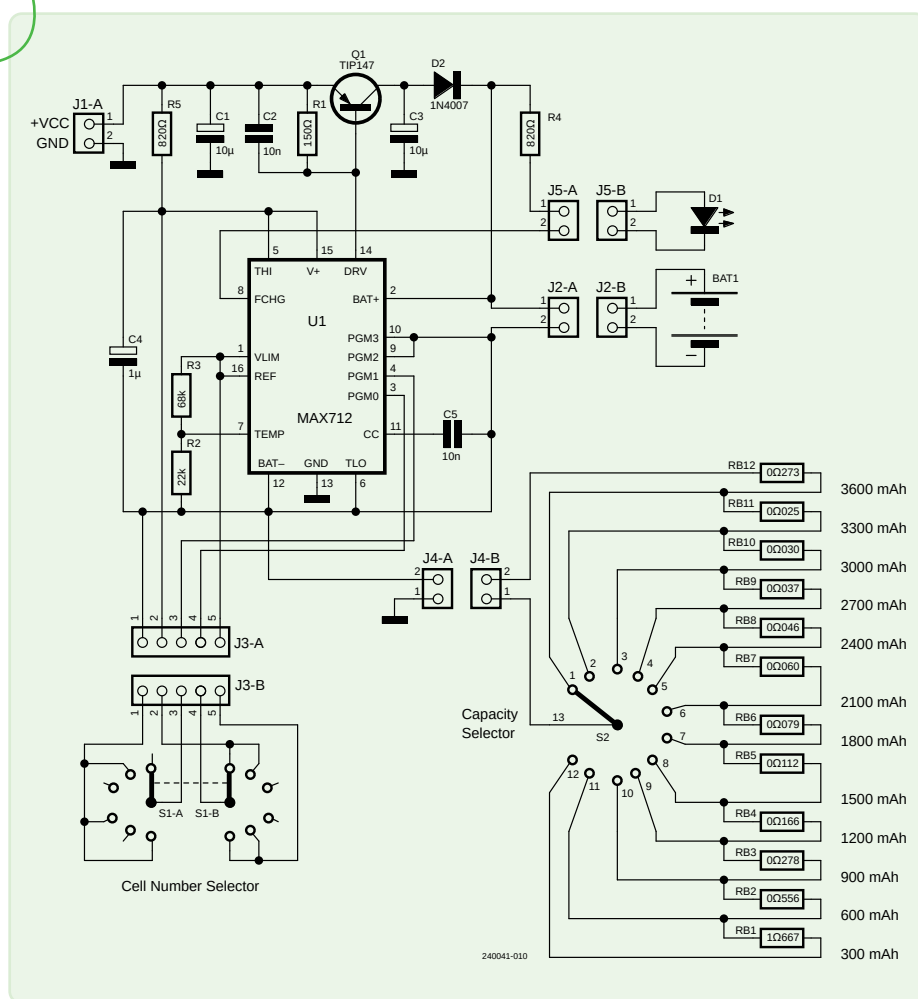


Automatische NiMH-lader

laad al uw accu's in één keer!

Stefano Purchiaroni (Italië)

Hoewel LiPo-cellen erg populair zijn en een groot marktaandeel hebben verworven, blijven NiMH-cellen van groot belang in apparaten voor dagelijks gebruik vanwege hun lage kosten en grote betrouwbaarheid. In dit artikel bespreken we een schakeling voor het (automatisch) gelijktijdig opladen van accupacks van 2 tot 12 cellen met een capaciteit van 300 tot 3600 mAh.



Figuur 1. Het schema van de lader.

Dit ontwerp is gebaseerd op het MAX712 Fast-Charge Controller-IC van Analog Devices [1]. Hoewel dit type onlangs is vervangen door nieuwere modellen zoals de MAX846A, is het nog steeds in productie en goed verkrijgbaar. Ik heb voor dit IC gekozen vanwege de eenvoudige manier om het aantal en de capaciteit van de op te laden cellen in te stellen, en omdat het leverbaar is in een eenvoudig te solderen PDIP-behuizing. De MAX712 beschikt ook over de mogelijkheid van druppelladen aan het einde van de

'Fast-Charge'-fase, om de accu maximaal geladen te houden. De belasting kan direct 'stroomafwaarts' van de accu worden aangesloten, zonder de acculader los te koppelen.

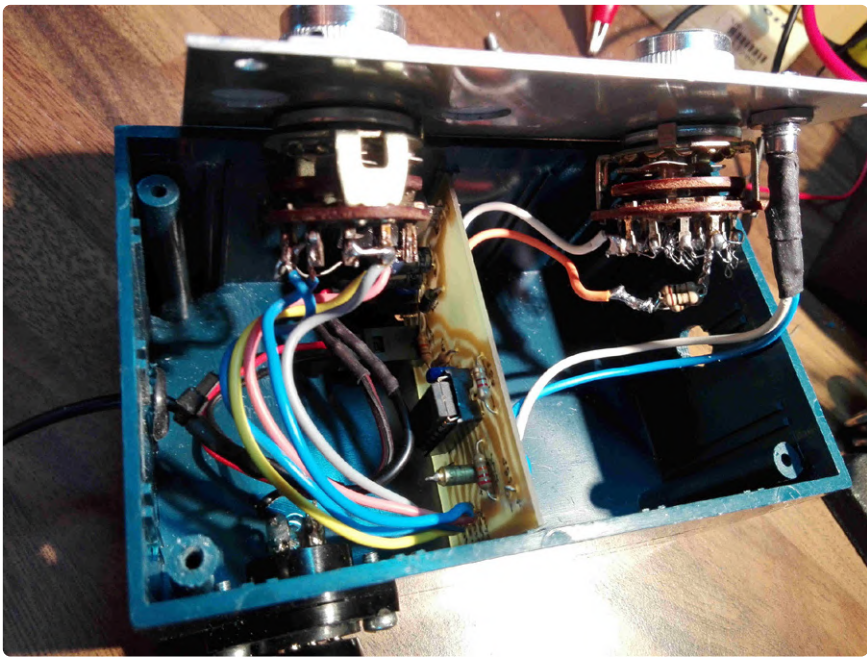
De schakeling

Zoals te zien in **figuur 1** dient Q1 als serie-regelaar; hiervoor kan elke PNP-darlington-

transistor worden gebruikt die collectorstromen van meer dan 4 A aan kan. Vier pinnen van de MAX712 worden voor de configuratie gebruikt: PGM0 en PGM1 om het aantal cellen in te stellen en PGM2/PGM3 om de maximale laadtijd in te stellen. Deze time out-conditie treedt in werking als de 'Voltage Slope'-methode niet zou detecteren dat de

oplaadfase voltooid is. Normaal gesproken stopt de schakeling het laden wanneer de accuspanning aan het eind van het laadproces weer begint te stijgen na de relatief 'vlakke' laadcurve.

Er zou ook een extra temperatuursensor kunnen worden gebruikt, maar ik heb besloten die weg te laten om het project te vereenvoudigen. De 'conservatieve' helling van de laadcurve en de time out-functie die in deze chip is geïmplementeerd zijn ruim voldoende om elk accupakket veilig te laden, met of zonder interne NTC-sensor. Met de MAX712 kunnen maximaal 16 NiMH-cellen worden geladen meteen snelheid die varieert van C/4 tot 4C. Om NiCd-types te laden, kunt u simpelweg de MAX712 door een MAX713 vervangen (gebruik daarom een IC-voetje!). Beide IC's zijn pincompatibel. Om een langere levensduur van de accu te garanderen, heb ik besloten om de laagste laadsnelheid op C/4 in te stellen door de Bx-weerstanden correct te dimensioneren (zie verderop). Ik heb ook gemikt op een maximale time out-duur van 264 minuten door zowel PGM2 als PGM3 aan te sluiten op de BAT-pin.



Figuur 2. Het afgewerkte prototype, in een kleine plastic behuizing.

Wat betreft het aantal cellen dat moet worden opgeladen, heb ik de keuzemogelijkheden teruggebracht tot veelvouden van twee cellen. Met een 2x6-draaischakelaar kunt u 2 tot 12 cellen (van 2,4 V tot 14,4 V). U kunt ook een grotere draaischakelaar gebruiken om in totaal 16 cellen tegelijk te kunnen laden. De laadstroom kan worden gekozen door de

R_{sense} -waarde te variëren met een tweede schakelaar die extra weerstanden met een zeer lage waarde ($m\Omega$) bijschakelt om een grotere R_{sense} -waarde te verkrijgen. Het MAX712-IC laadt de cellen bij C/4 op met een stroom $I_{chg} = 0,25 / R_{sense}$. De waarden van RB1...RB12 zijn opgesomd in **tabel 1**. Het rechterdeel van de tabel illustreert de

Tabel 1. Instellen van accucapaciteit en aantal cellen.

Draaischakelaar celcapaciteit

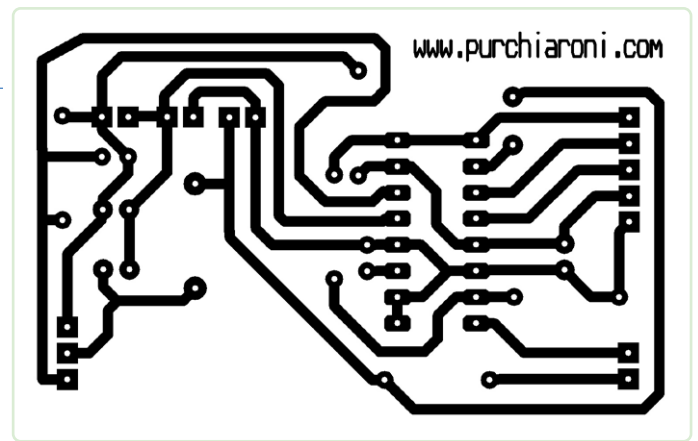
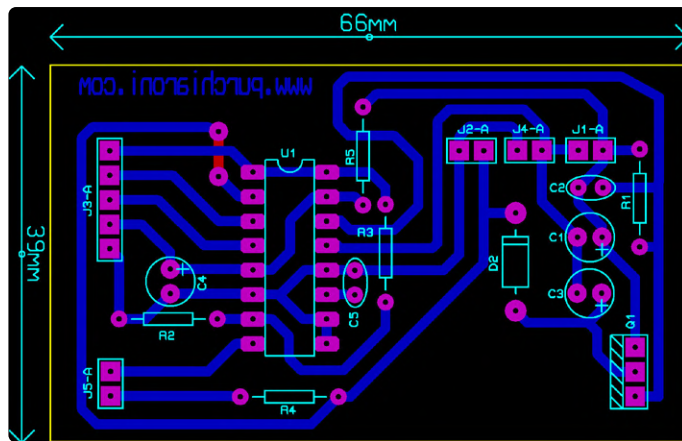
(Capaciteit is bij benadering 300 mAh/stap)

Positie	RB (Ω)	Rs (Ω)	Ichg (A)	BatCap (mAh)
12	0,273	0,273	0,916	3600
11	0,025	0,298	0,839	3300
10	0,030	0,328	0,762	3000
9	0,037	0,365	0,685	2700
8	0,046	0,411	0,608	2400
7	0,060	0,471	0,531	2100
6	0,079	0,550	0,455	1800
5	0,112	0,662	0,378	1500
4	0,166	0,828	0,302	1200
3	0,273	1,101	0,227	900
2	0,556	1,657	0,151	600
1	1,667	3,324	0,075	300

Draaischakelaar aantal cellen

Positie	PGM1 to	PGM2 to	Cellen	Spanning (V)
1	open	V+	2	2,4
2	BAT-	V+	4	4,8
3	open	open	6	7,2
4	BAT-	open	8	9,6
5	open	REF	10	12,0
6	BAT-	REF	12	14,4

Met twee draaischakelaars kunnen de celcapaciteit en het aantal cellen in het pack worden ingesteld.



Figuur 3. Layout van de print: componentenzijde (links) en soldeerzijde (rechts).

aansluitingen tussen de PGM0- en PGM1-pinnen en de BAT-/V+-pinnen om het IC in te stellen op het aantal cellen in het pack. Tijdens de assemblage had ik alleen een 11-standen-schakelaar bij de hand voor de selectie van R_{sense} ; daarom heb ik het laagste bereik van 300 mAh weggelaten. U kunt natuurlijk ook dat bereik selecteerbaar maken door een 12-standen-schakelaar te gebruiken, zoals getekend in het schema. Bij het meten van de weerstand van de stroombegrenzings-schakeling moet de totale weerstand van de lijn die van batterij 'L' naar GND gaat worden meegenomen, inclusief draden en connectoren, waarbij wordt gemikt op een waarde van $0,273 \Omega$ voor de RB12-positie (S2-1), gemeten tussen pin 12 (BAT-) van het voetje voor U1 (zonder de chip!) en GND. Gebruik indien mogelijk een milliohm-meter of zet een meetsessie op met een gestabiliseerde voeding en een paar multimeters om zowel stroom als spanning te meten, door weerstanden parallel aan RB12 toe te voegen totdat RB12 gelijk is aan $0,273 \Omega$.

Weerstanden met lage waarde

Om de zeer lage weerstandswaarden te verkrijgen die nodig zijn voor de andere stroombereiken van de laadstroom-keuzeschakelaar, gebruikte ik stukjes constantaan-weerstandsdraad [2] die ik heb gemeten, op de juiste lengte afgeknipt en direct op de klemmen van de draaischakelaar gesoldeerd, zoals rechts in **figuur 2** te zien is, met de lader in de nog geopende behuizing. De download bij dit artikel op Elektor Labs [3] bevat een simpele tekening voor het frontpaneel plus de enkelzijdige printlayouts (soldeerzijde en componentenopstelling (**figuur 3**)). **Figuur 4** toont het afgewerkte prototype in actie.

Gebruik

De voeding wordt verzorgd door een labvoeding die op J1-A is aangesloten, en ingesteld

op een spanning gelijk aan $V_{bat} + 3 \text{ V}$, maar niet hoger dan 18...20 V. Het is een goed idee om een 1N4007-diode in serie met de voedingsingang te monteren als bescherming tegen omgekeerde polariteit. ◀

240041-03

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 of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

- > Joy-IT HD35 USB Load Resistor (35 W)
www.elektor.nl/19164
- > DIY LiPo Supercharger Kit V2
www.elektor.nl/19525



Figuur 4. De opgebouwde lader aan het werk met een accupack van vier cellen.

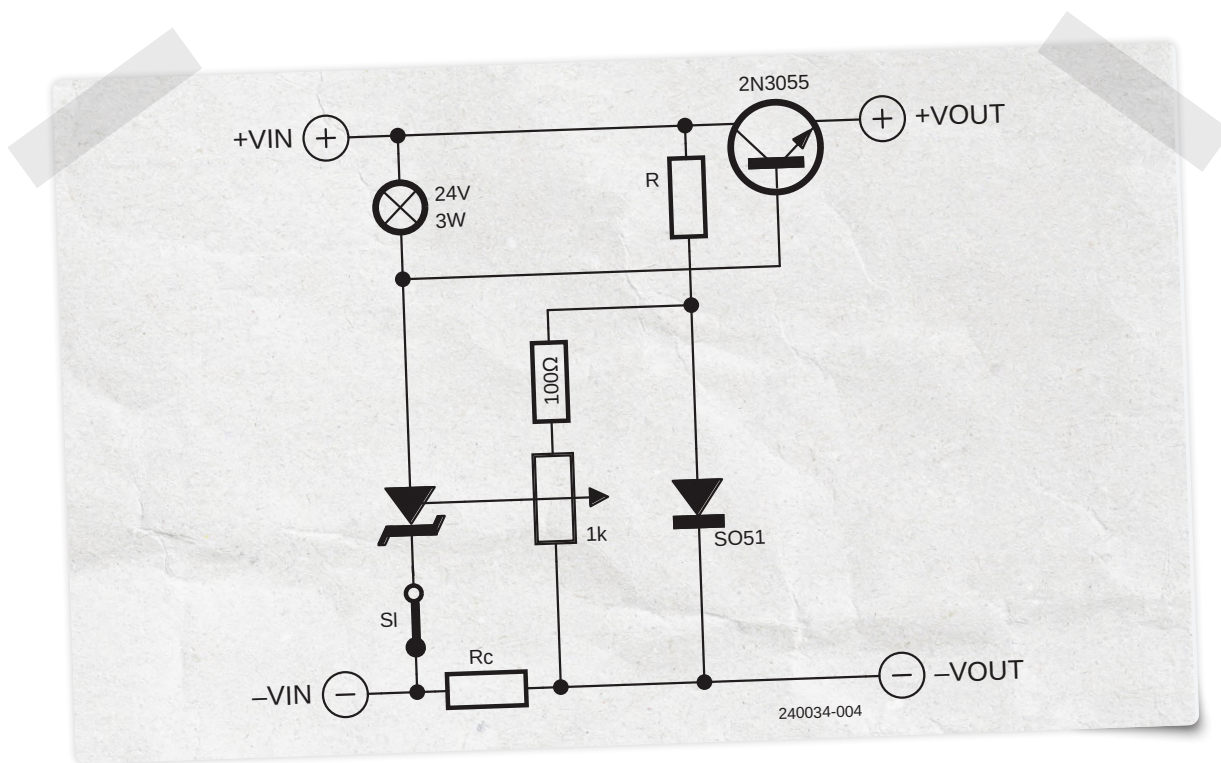
WEBLINKS

- [1] MAX712-datasheet: <https://analog.com/en/products/max712.html>
- [2] Constantaan [Wikipedia]: <https://en.wikipedia.org/wiki/Constantan>
- [3] Elektor Labs-pagina bij dit artikel:
<https://elektormagazine.com/labs/ni-mh-cells-automatic-charger>

13 Thyristorgebaseerde voedingsbeveiliging

Giovanni Carrera (Italië)

In een elektronica-laboratorium kan het handig zijn om een overstroombeveiliging bij de hand te hebben als u een voeding gebruikt die er geen heeft. In dit artikel beschrijven we een slimme schakeling op basis van een thyristor en een gloeilamp, alsmede een modern alternatief.

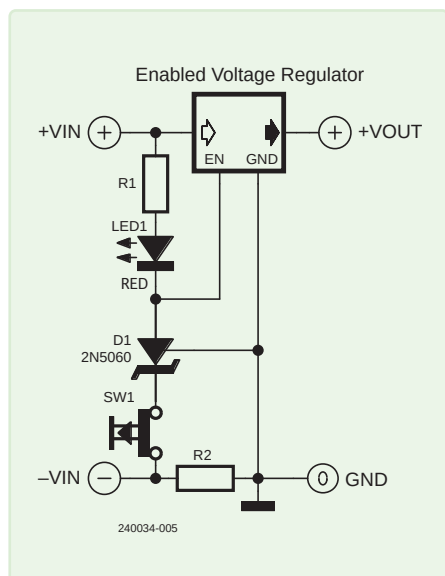


Figuur 1. Het schema van het oorspronkelijke project uit oktober 1970.

De schakeling in **figuur 1** was het hart van mijn eerste artikel, gepubliceerd in oktober 1970 in het tijdschrift *CQ elettronica*, dat al enkele jaren niet meer bestaat. In die tijd studeerde ik nog elektrotechniek; ik begon pas weer elektronica-artikelen te schrijven in 2015, nadat ik met pensioen was gegaan. Deze schakeling is gebaseerd op de eigen-

schappen van een thyristor, die vaak een *silicon controlled rectifier* (SCR) wordt genoemd. Simpel gesteld gedraagt de component zich als een sperrende diode als V_G , de spanning tussen kathode en gate, 0 V bedraagt. Maar als V_G een bepaalde drempel overschrijdt, ongeveer 0,5...0,8 V voor een kleine SCR, begint hij te geleiden en blijft in

die toestand, zelfs als dat maar kort duurde (bij een spanningspiek dus). Om terug te keren naar de niet-geleidende toestand, kunt u gewoon de stroom door de thyristor onderbreken met een normaal-gesloten schakelaar (S1 in figuur 1). De SCR kan hier een 2N5060 zijn in TO92-behuizing. Door een vermogensweerstand R_G te



Figuur 2. Schema van een ietwat ingewikkelder en moderner alternatief.

gebruiken als stroom/spanning-omzetter, kan de SCR worden geactiveerd bij een bepaalde stroomwaarde. Met de potentiometer kan de stroomdrempel worden gevarieerd. De kleine gloeilamp zorgt voor een lage koude weerstand die tot honderd keer groter wordt

wanneer hij wordt ingeschakeld, vanwege de hoge temperatuur van de oplichtende gloeidraad. Hierdoor krijgt de transistor bij normaal bedrijf een grote basisstroom en wordt er minder stroom verbruikt wanneer de SCR wordt geactiveerd.

Destijds had het tijdschrift mijn artikel geaccepteerd omdat het idee origineel was; na publicatie zag ik soortgelijke schakelingen in enkele commerciële voedingen. In tegenstelling tot normale beveiligingssystemen die de stroom slechts reduceren tot een waarde die nog acceptabel is voor de regeltransistoren, wordt bij de thyristorvariant de stroom volledig uitgeschakeld en is een handmatige reset nodig, waardoor de veiligheid wordt vergroot.

Modern alternatief

In plaats van de gloeilamp en de BJT-transistor is het mogelijk om een LED en een P-kanaal MOSFET te gebruiken, maar de schakeling is dan niet meer zo simpel. Een mogelijke verbetering is het gebruik van een spanningsregelaar met een (meestal actief hoge) enable-ingang. In dat geval kan de enable-pin worden verbonden met de anode van de SCR, zoals aangegeven in de schakeling van **figuur 2**. ◀

240034-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via giov.carrera@gmail.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Over de auteur

Giovanni Carrera heeft een diploma in elektrotechniek. Als professor aan de faculteit Scheepsbouwkunde van de Universiteit Genua, Italië, doceerde hij talloze cursussen, zoals scheepsautomatisering en de simulatie van scheepsvorstuwingssystemen. Carrera ging eind jaren '70 aan de slag met de 6502-CPU en stapte daarna over op andere processoren. Tegenwoordig houdt hij zich bezig met het ontwerpen en ontwikkelen van analoge en digitale elektronische schakelingen, waarover hij veel heeft geschreven op zijn blogs (ArduPicLab en GnssRtkLab) en in verschillende tijdschriften.

ULTRA LOW LOSSES WE-MXGI



WÜRTH
ELEKTRONIK
MORE THAN
YOU EXPECT

WE meet @ electronica
Hall A6 - 502

With the WE-MXGI Würth Elektronik offers the newest molded power inductor series. It combines an innovative iron alloy material that provides high permeability for lowest R_{DC} values combined with an optimized wire geometry.

Ready to Design-In?

Take advantage of personal technical support and free samples ex-stock.

www.we-online.com/WE-MXGI

Highlights

- Extremely high power density
- Ultra low R_{DC} values and AC losses
- Magnetically shielded
- Optimized for high switching frequencies beyond 1 MHz

#UltraLowLosses

14 Schakelaar met vingerafdruk-sensor

nuttige identiteitscontrole

Antonello Della Pia (Italië)

Vingerafdruk-scanners worden veel gebruikt in high-tech apparaten zoals notebooks, geavanceerde toetsenborden en geautomatiseerde toegangscontrole, maar als een op zichzelf staand apparaat zult u die maar zelden op de markt aantreffen. Dit project vult deze leemte met een veelzijdige schakeling die gemakkelijk nagebouwd kan worden.

Het doel van dit project was dat ik wilde experimenteren met een biometrische vingerafdruk-sensor om daarmee een stand-alone module te realiseren die zou fungeren als een vingerafdruk-schakelaar die geen interface met een personal computer nodig heeft. De uitgang van de module kan eenvoudig worden aangesloten op gangbare schakelingen voor het aansturen van elektrische belastingen, zoals optocouplers, MOSFET's en relais, maar ook op andere digitale of analoge schakelingen.

Als alternatief voor de meer gebruikelijke optische sensoren heb ik een kleine, goedkope maar krachtige FPM383C capacitieve sensor van Hi-Link gebruikt, waarvan de 'actieve' zijde

te zien is in **figuur 1a** terwijl de achterzijde is afgebeeld in **figuur 1b**, waar ik voor het gemak de pinning van de connector heb toegevoegd. Deze apparaatjes bevatten een geïntegreerde microcontroller die de acquisitie, verificatie, opslag en het beheer van de vingerafdrukdatabase voor zijn rekening neemt, in reactie op de juiste commando's die via een seriële interface worden ontvangen. Deze commando's, in de vorm van byte-arrays, kunnen afkomstig zijn van een personal computer of een microcontroller. De rekenkracht en geheugencapaciteit van een ATtiny84A MCU volstaan om de basisfuncties te implementeren. De gebruikers-

interactie wordt gerealiseerd met behulp van de sensor zelf en zijn ingebouwde RGB-LED. Daarnaast heb ik twee jumpers, een reset-knop, nog twee LED's en een zoemer op een printje geïntegreerd.

Schakeling

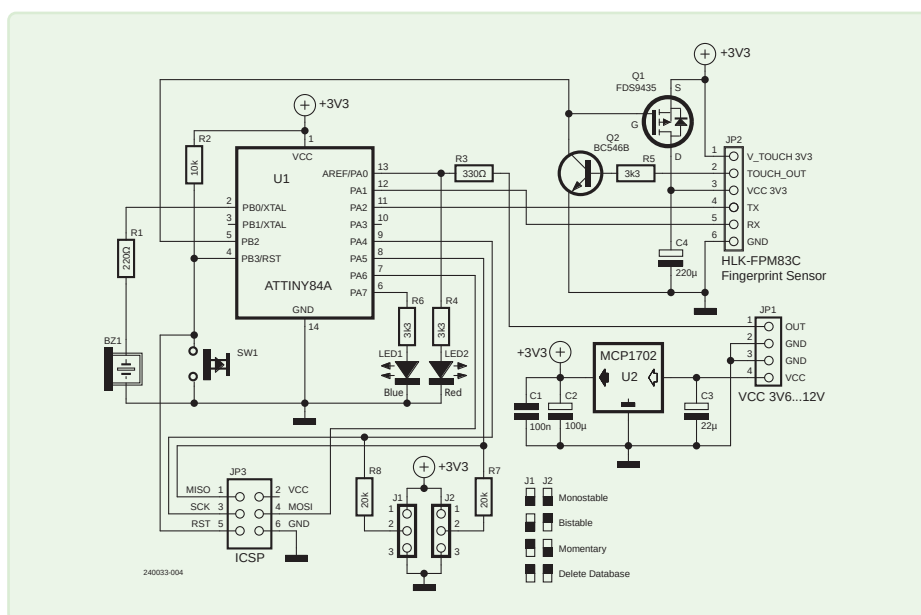
Het schema in van **figuur 2** is eenvoudig, omdat het zware werk wordt gedaan door de sensormodule en de ATtiny-firmware. Het circuit wordt continu gevoed door de 3,3V-LDO-regelaar. De sensor en microcontroller verkeren normaal in de *sleep-/power down*-modus, met een stroomverbruik van ongeveer 40 μ A. De watchdogtimer wekt de MCU elke 4 seconden en laat de blauwe LED kort knipperen om aan te geven dat het apparaat actief is. Wanneer er een vinger op wordt gelegd, voedt Q1 de sensor en wordt de microcontroller door een interrupt gewekt om de vereiste functies uit te voeren. De blauwe LED licht op. De rode LED licht op als de uitgang hoog is. **Figuur 3** toont het voltooide prototype tijdens de eerste testsessie.



PIN1: V_Touch, 3.3V
PIN2: Touch Out
PIN3: VCC, 3.3V
PIN4: TX
PIN5: RX
PIN6: GND



Figuur 1. De actieve zijde van de sensor (a) en de pinning van de connector aan de achterzijde (b) (bron: lab van de auteur).



Figuur 2. Schema van de vingerafdruk-scanner.

In de actieve toestand trekt de schakeling ongeveer 35 mA, zodat hij ook kan worden gebruikt in batterijgevoede apparaten. Door de jumpers J1 en J2 te plaatsen zoals in het schema aangegeven, kan de uitgangsactivering *monostabiel* (éénmalig, bijvoorbeeld om een elektrisch slot te bedienen), *bistabiel* (vergrendelend) of kortstondig (uitgang is hoog zolang de vinger op de sensor rust) zijn. Nadat de jumpers zijn ingesteld, moet reset-knop SW1 worden ingedrukt om de wijzigingen toe te passen. De belangrijkste handelingen worden akoestisch bevestigd door de zoemer. Weerstand R3 (330 Ω) beschermt de PA0-uitgang tegen te grote stromen, terwijl de condensatoren C1...C4 de traditionele ontkoppling van de voeding vormen. Op JP3, de ICSP-connector, kan een USBasp-programmer worden aangesloten om de MCU te flashen.

Software

De broncode is geschreven en gecompileerd met Arduino IDE 1.8.19, met *ATTiny core* 1.5.2 van Spence Konde geïnstalleerd. De sketch, die kan worden gedownload van de Elektor Labs-webpagina van de auteur [1], is verdeeld in twee bestanden, het hoofdbestand *Fingerprint_Sensor_Switch.ino*, en *FPM383C.h*, dat de commando-byte-arrays bevat die zijn afgeleid uit de sensordocumentatie en de functies die nodig zijn om de sensor zelf te besturen. Er worden geen bibliotheken van derden gebruikt. De belangrijkste functies met betrekking tot vingerafdruk-beheer zijn

```
fpm383cGetImage(),
fpm383cConvertImage(),
fpm383cFingerSearch() en
fpm383cAutoEnroll(uint16_t pageID).
```

Met de commando's die in de byte-arrays zijn gedefinieerd, kan ook de ingebouwde RGB-LED van de sensor volledig worden aangestuurd met een hoog choreografisch effect. Het bestand *Fingerprint_Sensor_Switch.ino* heeft de klassieke Arduino-schetsstructuur, dus na de definities en declaraties van de pennen en variabelen vinden we de `loop()`-routine, die voornamelijk voorwaardelijke uitdrukkingen bevat die nodig zijn om de sensorstatus te controleren, andere functies op te roepen, de MCU-status en interrupts in te stellen en gegevens naar EEPROM te schrijven en daaruit te lezen. Dus de functie `enrollFingerPrint(uint16_t id)` regelt de registratie van vingerafdrukken, `activateOutput()` en `setOutputMode()` beheren de uitvoermodi, `wdtSleepEnable()` stelt

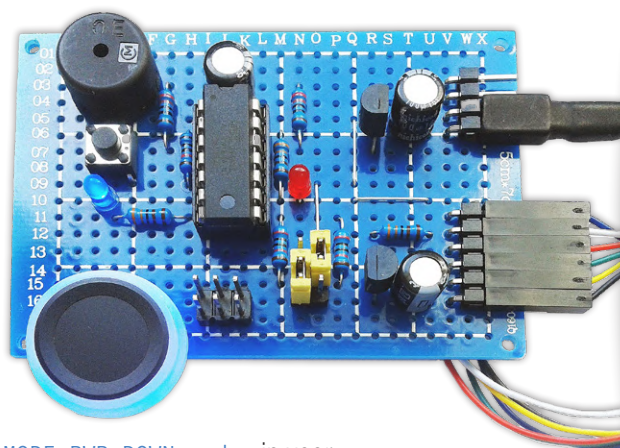
de *SLEEP_MODE_PWR_DOWN*-modus in voor de microcontroller. Ik raad aan de sketch te raadplegen, die uitgebreid van commentaar is voorzien en verdere informatie en nuttige links bevat. Ik heb geprobeerd voor functies en variabelen zoveel mogelijk namen te gebruiken die zichzelf verklaren.

Gebruik

Zodra de firmware is geladen, knippert de LED van de sensor blauw bij de eerste keer opstarten, in afwachting van de registratie van de eerste vingerafdruk van de beheerder. Deze kan vervolgens alle functies uitvoeren door zijn of haar vingertop op de sensor te plaatsen en de blauwe flitsen te tellen. Als de vinger na één flits wordt verwijderd, wordt de uitgang geactiveerd. Als de sensor na drie flitsen wordt losgelaten, kunnen andere gebruikers worden geregistreerd, tot maximaal negen vingerafdrukken. Na vijf flitsen wordt de vingerafdruk van de gebruiker gewist. Na zeven keer knipperen wordt de database met vingerafdrukken geheel gewist, inclusief die van de beheerder. Succesvolle handelingen worden bevestigd doordat de sensor-LED groen knippert (of rood in geval van een fout). Als de rode LED continu oplicht, is de limiet van 10 vingerafdrukken bereikt. De vingerafdrukken die na de eerste (die van de beheerder) zijn geregistreerd, kunnen alleen de uitgang activeren maar geen andere functies uitvoeren.

Persoonlijk vind ik de scantechnologie voor vingerafdrukken fascinerend, maar u hoeft slechts een klein wondje op uw vinger te hebben om herkenning onmogelijk te maken. Naar mijn mening is het altijd beter om een tweede mogelijkheid te hebben – dus afdrukken van verschillende vingers op te slaan! ◀

240033-03



Figuur 3. Het opgebouwde prototype.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via anto62mail@gmail.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Over de auteur

Antonello Della Pia voelt zich al sinds zijn kindertijd aangetrokken tot elektriciteit en elektronische apparaten. Hij heeft een middelbare school-diploma voor technicus elektrotechniek. Antonello heeft altijd zijn passie voor analoge en digitale elektronica verder ontwikkeld. Momenteel speelt hij met microcontrollers en programmeren en probeert hij zijn vaardigheden te verbeteren. Antonello houdt ervan om projecten te ontwikkelen en te presenteren die zo origineel mogelijk en – naar hij hoopt – ook interessant zijn.



Gerelateerd product

➤ W. A. Smith, *Explore Attiny Microcontrollers using C and Assembly Language (E-book, Elektor 2021)*
www.elektor.nl/20008

WEBLINK

[1] Elektor Labs-webpagina voor dit project:
<https://elektormagazine.com/labs/fingerprint-sensor-switch>

15

DC-DC

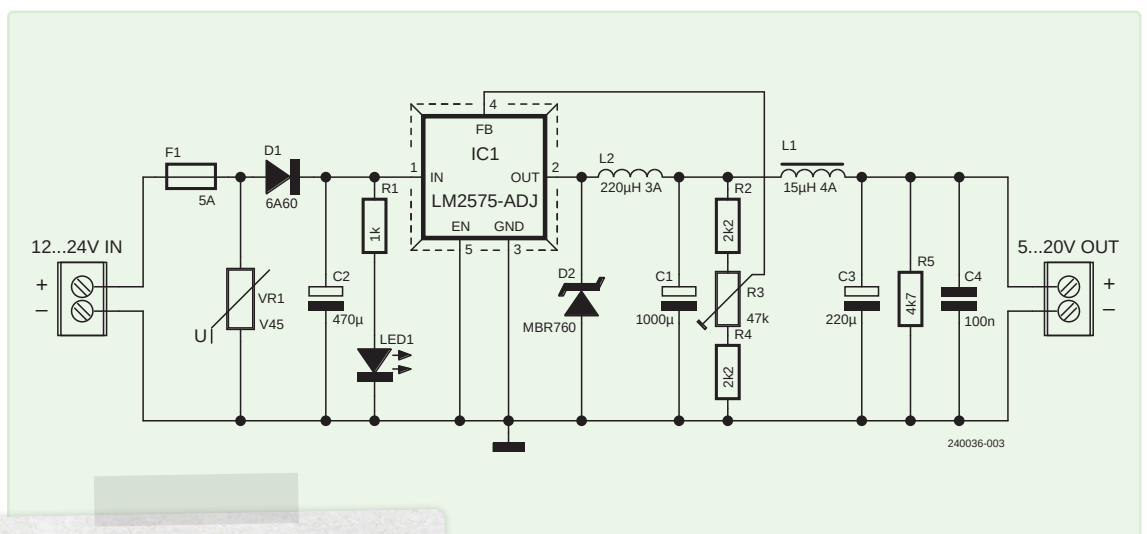
converter voor 3 A

een upgrade voor vaste-spanningsbronnen

Giuseppe La Rosa (Italië)

DC/DC-converteren kunnen erg handig zijn op uw werktafel. Ze kunnen verschillende geregelde uitgangsspanningen genereren uit de ingangsspanning van een batterij of een voeding met vaste spanning. Dit ontwerp kan een ingangsspanning van 5...24 VDC omzetten in een geregelde uitgangsspanning die kan worden ingesteld met een potmeter.

Figuur 1. Schema van de DC/DC-converter.



Kenmerken

- > Ingangsspanningsbereik: 5...24 VDC
- > Uitgangsspanningsbereik: 3...23 VDC, instelbaar
- > Max. uitgangsstroom: 3 A (nominaal), 5 A (piek)
- > Beveiligd tegen kortsluiting, overbelasting en ompoling van de ingang
- > Printformaat: 60,3×98 mm
- > Groot koellichaam, werkt zonder geforceerde koeling
- > Aan/uit-indicatie met LED
- > Voorzien van zekering

Uit **figuur 1** wordt meteen duidelijk dat de schakeling eenvoudig is. F1 en VR1 bieden bescherming tegen ingangsspanningspieken. D1 voorkomt schade aan het IC als de ingangsspanning per ongeluk wordt omgepoold. C2 is de ingangs-filtercondensator. R1 is de seriële weerstand voor LED1 die als aan/uit-indicatie dient. Het hart van het project wordt gevormd door IC1, een LM2576-ADJ schakelende regelaar van Texas Instruments, hier geconfigureerd als step-down converter [1]. Hij schakelt bij de nominale frequentie van 52 kHz en accepteert een breed ingangsspanningsbereik van 5 V tot 35 V. Om de uitgangsspanning te regelen varieert de chip, eigenlijk een schakelaar met vaste frequentie, de

Onderdelenlijst

Weerstanden (alle 0,25 W, 5%):

R1 = 1 k
R2, R4 = 2k2
R3 = 47 k instelpotmeter
R5 = 4k7
VR1 = varistor, 45 Vrms

Condensatoren:

C1 = 1.000 μ /35 V elco radiaal
C2 = 470 μ /35 V elco radiaal
C3 = 220 μ /35 V elco radiaal
C4 = 100 n/63 V polyester

Spoelen:

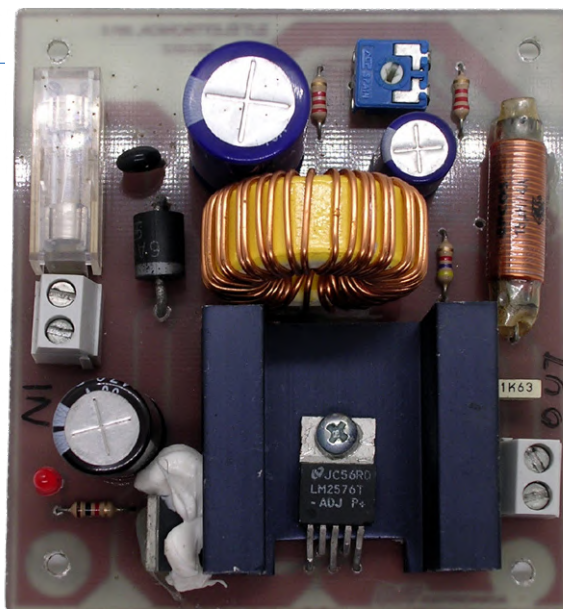
L1 = 15 μ H/4 A axiaal
L2 = 220 μ H/3 A ringkern, staand

Halfgeleiders:

D1 = 6A60
D2 = MBR760 fast-recovery Schottky-diode
LED1 = LED rood, 3 mm
U1 = LM2576-ADJ, TO-220

Diversen:

2x 2-polige printkroonsteen, steek 5 mm
5x20 zekering, 3 AT, met printzekeringhouder
TO-220 koellichaam 32x35x20 mm



Figuur 2. Het afgewerkte prototype.

Bouw

Voor het project is een enkelzijdige print ontworpen. Vervaardiging van die print is eenvoudig; de silkscreen en de layouts voor de soldeerszijde kunnen worden gedownload van [2]. In dit ontwerp zijn uitsluitend through-hole componenten gebruikt die probleemloos gemonteerd kunnen worden.

Volg gewoon de componentenopdruk en let op de juiste stand van de gepolariseerde onderdelen. De bouw is geen probleem, zelfs niet voor beginners. Het volstaat om een soldeerbout met gering vermogen (30...40 W) en een fijne punt te gebruiken en een soldeerdraad met een diameter van niet meer dan 0,7...1 mm. Als alles gemonteerd is, moet uw converter eruit zien als het prototype in **figuur 2**. Hoewel schakelende omvormers een veel hoger rendement bieden dan lineaire regelaars, vereist hun dynamische werking een nauwgezette controle voordat ze definitief in bedrijf worden genomen. Het is raadzaam om een vermogensweerstand – berekend op het gedissipeerde vermogen bij de gewenste testspanning – aan te sluiten op de uitgang en met een oscilloscoop het niveau van de restrimpel en de afwezigheid van HF-oscillaties te controleren. In dit stadium is het ook mogelijk om de maximale afwijking van de uitgangsspanning te controleren bij een gegeven ingangsspanning, afhankelijk van onze gebruiksvereisten. ◀

240036-03

aan/uit-verhouding (duty cycle) van het signaal dat de interne serietransistor aanstuurt, waarvan de uitgangsspanning wordt teruggekoppeld – na het L/C-afvlakfilter L2/C1 – via pin 4 (FB). Deze feedback-ingang krijgt het signaal van het instelbare spanningsdeler R2...R4, waarmee u via R3 de uitgangsspanning kunt instellen. D2 speelt een sleutelrol in dit soort schakelingen. Het is de flyback-diode (ook wel vrijlooptdiode, snubberdiode of clampdiode genoemd) die de negatieve spanningspieken die door L2 worden gegenereerd kortsluit naar GND telkens als de serietransistor wordt opengestuurd. Voor deze diode is een Schottky-type met hoge herstelsnelheid vereist. Gebruik voor D2 geen diodes die geen hoge frequenties aankunnen.

Voorbij van het L/C-hoofdfilter is een secundaire filtertrap opgenomen die bestaat uit L1 en C3. Dit filter moet de uitgangsrimpel verder reduceren. Stand-by weerstand R5 zorgt voor een minimale belasting van de schakeling wanneer er niets op de uitgang is aangesloten, terwijl C4 de klassieke HF-ontkoppelcondensator is.

Dit ontwerp biedt een gemiddeld rendement van 88%. Dat is vrij hoog vergeleken met welke andere lineaire regelaar ook die we hadden kunnen gebruiken. Bovendien zorgt een zeer ruim gedimensioneerd koellichaam voor een continue werking zonder gevaar van oververhitting, zelfs zonder ventilator.

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 of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

WEBLINKS

- [1] LM2576-datasheet: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2576hv.pdf>
- [2] Print-ontwerpbestanden: <https://elektormagazine.nl/240036-03>

16 Noviteiten van de Arduino Project Hub

nieuwe projecten uit de gemeenschap

Het Arduino-team

Arduino is een open-source digitaal platform dat sinds 2005 ingenieurs, ontwerpers en kunstenaars over de hele wereld helpt en inspireert. Als platform heeft Arduino niet alleen printen, maar ook IDE's, online tools en een zeer aantrekkelijke cloudservice voor makers, leraren en professionals. De onderstaande projecten zijn slechts een paar voorbeelden van wat Arduino-medewerkers en leden van de gemeenschap hebben gemaakt en geplaatst op de Project Hub, de officiële open repository voor Arduino-projecten.



▲
Figuur 1. Roterend LED-display met tijd- en weergegevens.

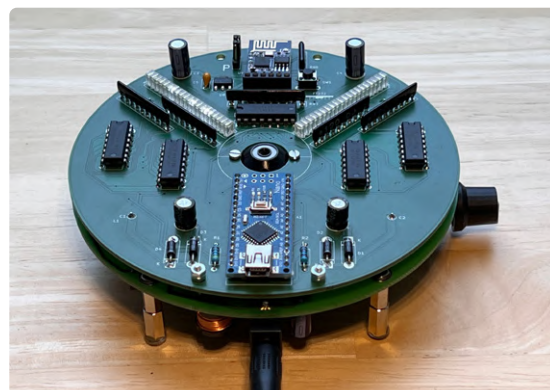
Zelfbouw roterend LED-display

Communitylid @lhmo heeft een roterend display gemaakt ter grootte van een compact disc, met behulp van een geruisloos draaiende CD-motor [1]. Het display heeft LED's om de tijd en weergegevens van het internet weer te geven (figuur 1). Het apparaat bestaat uit een Arduino Nano-board, een ESP-01, twee printen en 40 LED's. Het apparaat kan ook worden bediend via een gebruiksvriendelijke webinterface.

Het roterende display bestaat uit twee hoofdonderdelen: een voedingseenheid en een displayprint (figuur 2). Beide hebben een ronde layout, ongeveer ter grootte van een standaard compact disc. Energie van de voedingseenheid wordt overgebracht naar de displayprint, die door een CD-motor wordt aangedreven. De LED's worden aangestuurd door de Arduino Nano, terwijl een ESP-01S microcontroller de inhoud van het display afhandelt en de WiFi-verbinding onderhoudt. Dankzij de internetverbinding kan het apparaat de tijd en weergegevens ophalen.

@lhmo heeft zelfs een webinterface geïmplementeerd met behulp van de ESPAsyncWebServer-library om de aanpasbaarheid nog te vergroten. Deze webinter-

face wordt gebruikt om de inhoud van het scherm aan te passen – zoals het kiezen van de locatie van het weerbericht, beslissen wat er op het scherm wordt getoond, het invoeren van de WiFi-gegevens of het uploaden van een afbeelding die op het display wordt weergegeven.



▲ Figuur 2. De voedings- en de displayprint.





▲ *Figuur 3. Opstelling van de DHZ-filmdigitizer.*

Zelfbouw-digitizer voor 16mm-films

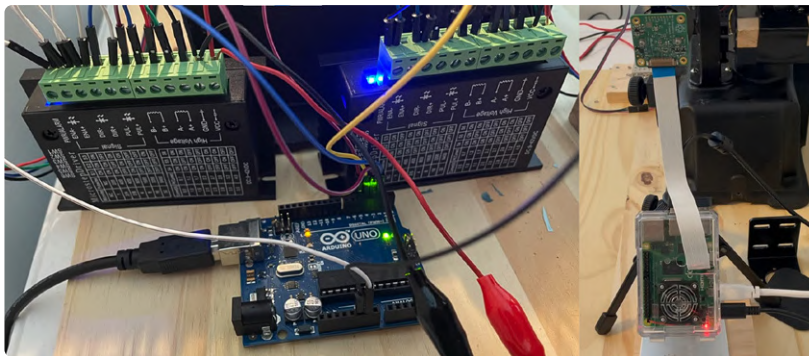
Bent u geïnteresseerd in het conserveren en digitaliseren van films? Dan moet u dit project [2] van ons communitylid @dstein425 eens bekijken, die werd geïnspireerd om deze oplossing te bouwen toen hij de oude 16mm-voetbalfilms van zijn vader van de middelbare school uit de jaren 1970 wilde digitaliseren. Het apparaat bestaat uit een Arduino UNO, een Raspberry Pi 3, een Raspberry Pi HD-camera, een Pimoroni-microscooplens, NEMA 17-stappenmotoren en een oude projector (**figuur 3**).

Hier is de Arduino verbonden met twee stappenmotor-drivers die op hun beurt twee stappenmotoren aansturen, waardoor de film beeldje voor beeldje wordt getransporteerd. De Raspberry Pi met de Raspberry Pi HD-camera en microscooplens wordt vervolgens aangesloten op de Arduino (**figuur 4**); deze wordt gebruikt om de afzonderlijke beeldjes van de projector vast te leggen. De bouwer heeft ook kleine houders 3D-geprint om de motoren en de LED-lichtbron op hun plaats te houden. Het hele project werkt met minder dan 200 regels code. De beelden van de filmrol worden zo gedigitaliseerd en kunnen met elke bewerkingssoftware worden verwerkt.

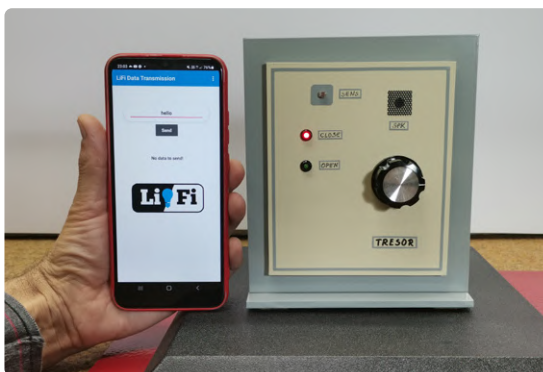
Arduino-deurslot met smartphone-zaklamp-login (LiFi-project)

Dit project, van community-lid @mircemk, is een nogal ongebruikelijke manier om deuren te ontgrendelen met elektronica [3]. Het gebruikt de zaklamp van uw smartphone als sleutel om een slot te openen. De app op de telefoon (**figuur 5**) vraagt om een wachtwoord, gekoppeld met een timer die tot op de milliseconde precies regelt hoe lang de zaklamp actief is, waardoor het slot dubbel beveiligd is. Het slot opent wanneer de zaklamp precies lang genoeg actief is. Het is daarom bijna onmogelijk om deze timing na te bootsen om een slot te openen dat door onbevoegden niet mag worden ontgrendeld.

Het project gebruikt een Arduino Nano om de tijdsduur van het licht te meten en om de andere modules indien nodig aan te sturen. Een LDR-module registreert wanneer de zaklamp actief is en stuurt deze informatie terug naar het Arduino-board om te controleren of de timing correct is. Een 12V-relais bedient het mecha-

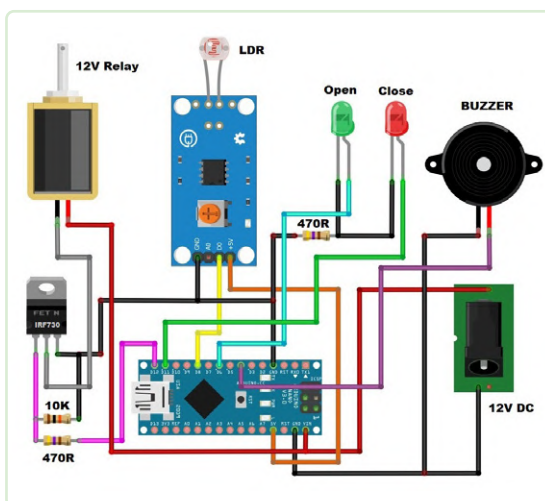


▲ *Figuur 4. De Arduino is aangesloten op twee stappenmotor-drivers.*

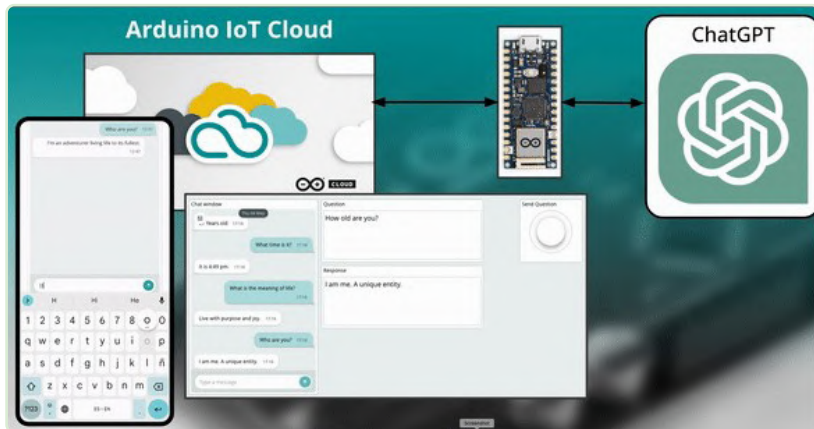


▲ *Figuur 5. Gegevens verzenden van telefoon naar Arduino met behulp van licht.*

nisme dat bij correcte timing van de lamp de deur ont- en vergrendelt. Een zoemer en twee LED's informeren de gebruiker over de toestand van de deur, samen met enkele andere elektrische componenten (zie **figuur 6**). De smartphone-applicatie die uw telefoon in een sleutel transformeert, bevat verschillende vooraf gedefinieerde wachtwoorden. Om de flitsers met de juiste timing te activeren, moet een van deze wachtwoorden worden ingevoerd. Elk wachtwoord genereert een lichtflits met een precieze, vooraf ingestelde tijd in milliseconden. Het slot wordt alleen geactiveerd wanneer een licht met de exacte tijd die is in de Arduino-code staat op de LDR schijnt; deze tijd die moet identiek zijn aan de tijd die is gedefinieerd in de smartphone-app. De timing is in milliseconden, dus theoretisch is het bijna onmogelijk om het slot te ontgrendelen door de zaklamp handmatig in en uit te schakelen.



▲ *Figuur 6. Schema van het deurslot.*



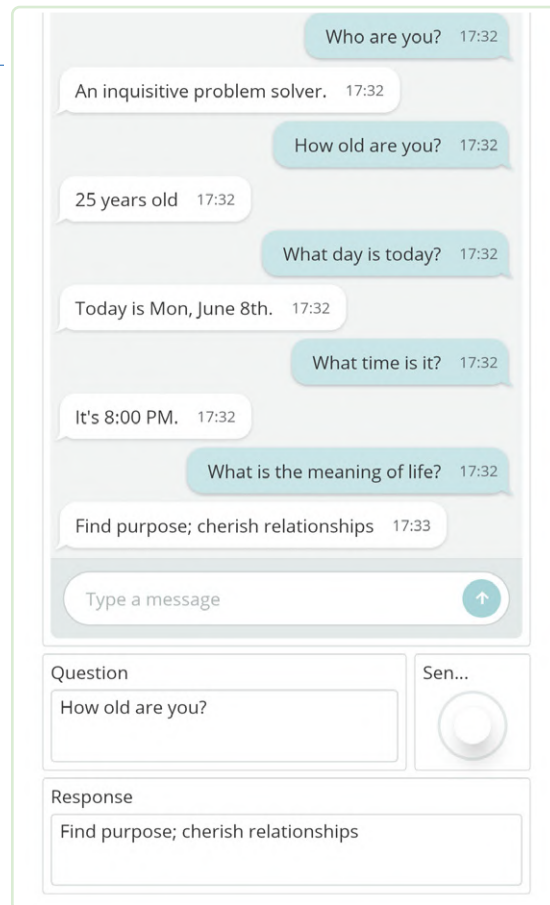
Figuur 7. Het Arduino-board tussen ChatGPT en Arduino IoT Cloud.

Chatten met ChatGPT via Arduino IoT Cloud

Wie heeft er de laatste tijd niet gehoord van ChatGPT? Het revolutionaire gebruik van Large Language Models heeft al veel engineers geholpen bij het ontwikkelen van complexe projecten. We hebben al meegemaakt dat deze machine learning tool werd gebruikt om code te schrijven, maar daar gaat dit project [4] niet over. David Beamonte, Telecommunications Engineer and Product Manager voor Arduino IoT Cloud, helpt u hier om uw Arduino-board te laten fungeren als doorgeefluik tussen de ChatGPT API en Arduino IoT Cloud (**figuur 7**).

Het project omvat het gebruik van een Arduino IoT Cloud-compatibel apparaat, zoals een Arduino Nano RP2040 Connect of een ESP32/ESP8266-board, als middleware tussen IoT Cloud en het GPT-3.5 taalmodel van OpenAI. Het apparaat ontvangt prompts (vragen) van IoT Cloud, stuurt ze naar de OpenAI API, ontvangt en ontleedt de antwoorden en stuurt ze terug naar IoT Cloud. Om te beginnen moet u een OpenAI-account aanmaken, een API-key genereren en genoeg credits hebben. Daarna kun u uw apparaat aanmaken op IoT Cloud, het programmeren en het dashboard instellen – ook op IoT Cloud. Op het dashboard kun u vragen (prompts) schrijven en de antwoorden van ChatGPT ontvangen. Chatten kunt u dan via uw dashboard in uw browser of in de mobiele app IoT Remote (zie **figuur 8**).

Bij het testen zijn er twee manieren om te communiceren met ChatGPT (het maakt niet uit welke u gebruikt): in het chatvenster of met behulp van het vraag/antwoord/vraag-mechanisme. Als er een fout wordt ontvangen, worden de foutcode en een beschrijving gegeven. Het volledige project biedt nog een aantal laatste overwegingen, zoals het aanpassen van variabelen, het definiëren van het maximale aantal



Figuur 8. Screenshot van de mobiele app IoT Remote.

tokens dat ChatGPT zal gebruiken bij het genereren van een antwoord en het in gedachten houden van de limieten bij OpenAI API-gebruik. ◀

240379-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

Over Arduino

Arduino (www.arduino.cc) is een open-source bedrijf dat zich toelegt op het ontwerpen van hardware, software en leermiddelen. Arduino is opgericht als een open-source project in 2005 en heeft kantoren in Italië, Zweden, Zwitserland en de VS. Arduino ondersteunt makers, vernieuwers, docenten en bedrijven wereldwijd bij het maken van projecten, cursussen, digitale producten en diensten.

WEBLINKS

- [1] DHZ roterend LED-display: <https://tinyurl.com/arduino-lhm0n>
- [2] DHZ 16mm-filmdigitizer: <https://tinyurl.com/arduino-dstein425>
- [3] Arduino-deurslot met Smartphone-zaklamp-login: <https://tinyurl.com/arduino-mircemk>
- [4] ChatGPT via Arduino IoT Cloud: <https://tinyurl.com/arduino-dbeamonte>

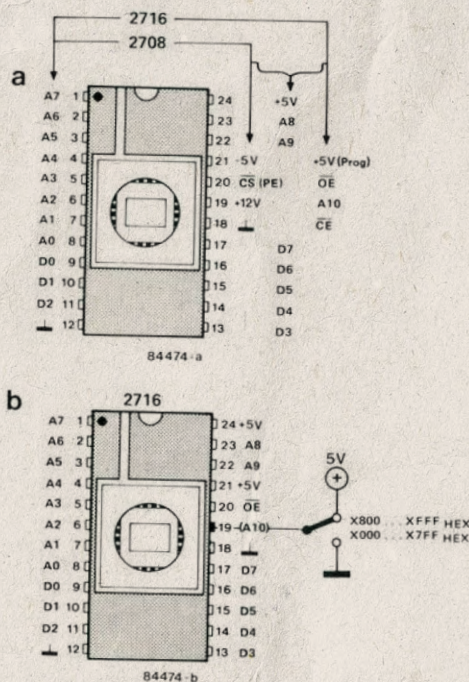


EPR0M: 2716 versus 2708



De 2708-EPR0M is vrijwel obsoleet, en met goede reden – hij heeft drie voedingsspanningen nodig voor een capaciteit van 1024×8 bits, terwijl zijn directe opvolger, de 2716, dezelfde 24-pins behuizing gebruikt, maar slechts één voedingsspanning nodig heeft voor de dubbele geheugencapaciteit (2048×8 bits). Bovendien is de 2708 moeilijk te vinden en (mede daarom) duurder dan de 2716. Dat alleen al is reden genoeg om de aanpassingen te overwegen die nodig zijn om de oude te vervangen door de nieuwe. Gelukkig zijn er weinig veranderingen nodig, omdat de adresdecodering hetzelfde blijft. De meeste pinnen van de 2716 zijn direct compatibel met die van de 2708 die ze vervangen. Een paar pinnen zijn echter het vermelden waard:

- > pin 21 (–5 V op de 2708) moet worden verbonden met +5 V bij de 2716;
- > pin 20, bij de 2708 ten onrechte $\overline{CS}$ (chip select) genoemd terwijl zijn functie eigenlijk $\overline{OE}$ (output enable) is, houdt dezelfde functie.
- > pin 19 (+12 V bij de 2708) wordt adresingang A10 bij de 2716. Afhankelijk van



het logische niveau op deze pin wordt het eerste of tweede 1K-blok geselecteerd. Hiervoor kan een schakelaar worden gebruikt, dus als de EPROM

bijvoorbeeld een monitor bevat, kunnen twee verschillende versies van een programma in hetzelfde IC worden opgeslagen.

- > pin 18, die bij de 2708 aan massa ligt, hoeft voor de 2716 niet te worden veranderd ($\overline{CE}$ = chip enable). Terzijde: de 2716 zal dan echter nooit met de minimale vermogensdissipatie van 132 mW (standby-vermogen) werken.

Er zijn verschillende manieren om deze wijzigingen uit te voeren. Er kan een IC-voetje worden gebruikt waarbij de pinnen die moeten worden veranderd niet in het voetje worden gestoken, maar apart worden bedraad. Indien gewenst kan hetzelfde gedaan worden zonder een voetje te gebruiken. De methode die we aanraden is om de print te veranderen door de juiste sporen door te snijden. Wees vooral voorzichtig als dit wordt gedaan bij een dubbelzijdige print.

Elektor juli/augustus 1984

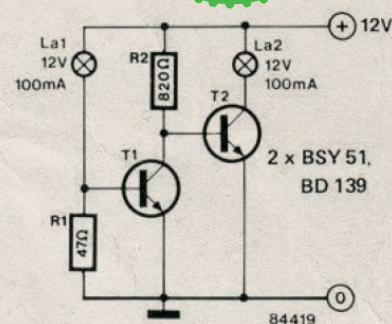
vertaling: Willem den Hollander — 240359-03

Automatische reserve-waarschuwinglamp



Waarschuwinglampen vervullen een uiterst belangrijke rol in veel technische installaties. Maar zelfs in de beste installatie kunnen deze lampen defect raken. Een gloeidraad is nu eenmaal niet bedoeld om het eeuwige leven te hebben. Deze schakeling kan niet voorkomen dat een gloeidraad defect raakt, maar zorgt er wel voor dat als de waarschuwinglamp om wat voor reden dan ook niet kan branden, er automatisch een reserve-lamp wordt ingeschakeld. Die reserve-lamp gaat bovendien alleen branden als het absoluut noodzakelijk is, dat wil zeggen om een storing in de apparatuur aan te geven. Afgezien van de twee lampen bestaat het totale aantal componenten voor deze schakeling uit slechts twee goedkope transistoren en twee weerstanden. Het

principe van de schakeling is heel eenvoudig: ervan uitgaande dat er een storing is in de apparatuur, gaat lamp La1 branden en vloeit een klein deel van de lampstroom in de basis van T1, waardoor deze transistor gaat geleiden. Hierdoor wordt de basis van T2 effectief kortgesloten naar massa en kan deze transistor niet geleiden. Er loopt geen stroom door het reservelampje (La2) in de collectoraansluiting van T2, dus La2 brandt niet. Zodra La1 uitgaat, bijvoorbeeld door een slecht contact of omdat de gloeidraad doorgebrand is, krijgt T1 geen basisstroom meer, zodat deze transistor onmiddellijk uitschakelt. De stroom door R2 zorgt er vervolgens voor dat T2 gaat geleiden en de reservelamp oplicht. Lampen die een hogere spanning nodig



hebben dan de 12 V die in het schema is aangegeven, kunnen natuurlijk ook worden gebruikt in deze schakeling. De componenten moeten dan worden aangepast aan de nieuwe situatie.

Elektor juli/augustus 1984

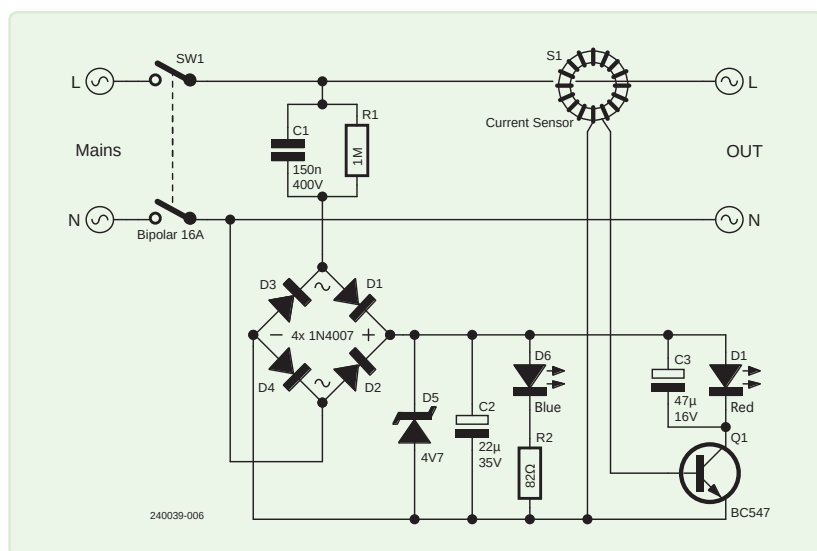
vertaling: Willem den Hollander — 240355-03

17 Bewaking voor een boiler

spannings- en stroomdetectie voor AC-kabels

Stefano Purchiaroni (Italië)

Wilt u een warmwaterboiler met een eenvoudige schakeling op afstand kunnen controleren? Dan is dit project iets voor u. Het gebruikt een stroomsensor, een transistor en twee LED's om aan te geven of de verwarming actief is of in stand-by verkeert. De schakeling is eenvoudig te monteren en te installeren en biedt een praktische oplossing voor bewaking op afstand.

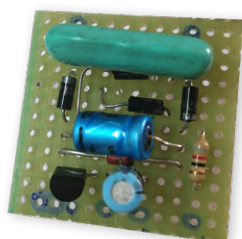


Figuur 1.
Het eenvoudige schema.

Met de eenvoudige schakeling die hier wordt gepresenteerd kon ik eindelijk de boiler die in de garage is geïnstalleerd, vanuit mijn badkamer bedienen. Die boiler had natuurlijk een aan/uit-lampje, stroomafwaarts van de dubbelpolige 16A-schakelaar, maar dat ws natuurlijk niet zichtbaar vanuit de badkamer.

Mijn project maakt onder andere gebruik van een stroomsensor, een transistor en twee (verschillend gekleurde) LED's. De eerste LED is een spanningsindicator die aangeeft dat de boiler onder spanning staat. Met de tweede LED kan worden gecontroleerd of de boiler daadwerkelijk actief is en het water verwarmt, door de stroom te monitoren.

Figuur 2.
De schakeling is op gaatjesprint opgebouwd.



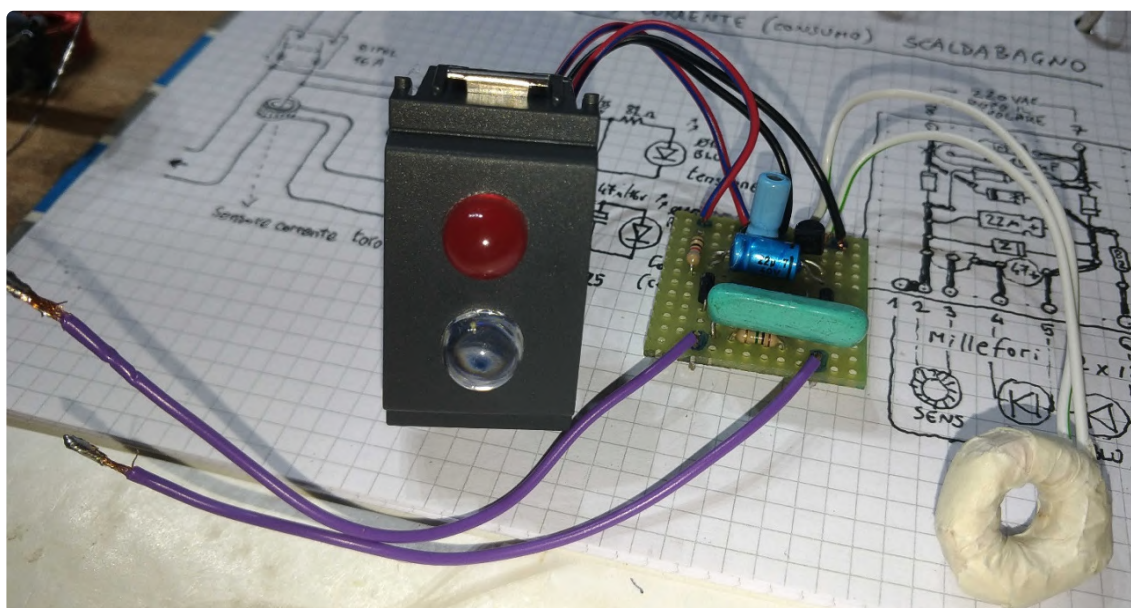
Het schema

Het schema in **figuur 1** toont de klassieke condensator die via zijn capacitieve reactantie een stroom van ongeveer 20 mA rechtstreeks uit de netspanning afleidt, die dan met een bruggelijkrichter wordt gelijkgericht in plaats van met een enkele diode, om het rendement te verdubbelen. Een 4,7V-zener en een condensator voeden de blauwe LED die als aan/uit-indicator dient.

De rode LED geeft aan hoeveel stroom de boiler verbruikt. NPN-transistor BC547 schakelt deze LED; diens basis is verbonden met een stroomsensor bestaande uit een kleine ringkern met 200 windingen van 0,25mm-draad. Het aantal windingen is niet kritisch en het zou zelfs moeten werken met 100 tot 150 windingen (het kost de nodige moeite om het koperlakdraad op de ringkern te wikkelen – hoe minder hoe gemakkelijker). De wikkeling op de ringkern levert door elektromagnetische inductie voldoende spanning om, bij de positieve pieken, de NPN-transistor die de rode LED aan aanstuurt in geleiding te brengen. De condensator parallel aan de rode LED laat hem wat rustiger oplichten.

Montage en constructie

Gezien het kleine aantal componenten koos ik voor een snelle constructie op een klein stukje gaatjesprint (12 × 12 soldeerbare gaatjes), zoals te zien in **figuur 2**. De opgebouwde schakeling met de stroomsensor en 10mm-LED's werd op de achterkant van een passend geboorde sluitplaat gemonteerd (verlijmd). Dit zorgt voor een compacte en efficiënte bouw, ideaal voor snelle installatie.



Figuur 3. Compleet gemonteerd en klaar om in de lasdoos te worden geplaatst!

De installatie

Zoals u ziet in **figuur 3**, heb ik de kleine en compleet geassembleerde schakeling geïnstalleerd naast de dubbelpolige 16A-schakelaar in mijn badkamer die de boiler inschakelt. Een van de twee uitgaande draden naar de belasting moet door de stroomsensor-ringkern worden geleid. Daarna heb ik alles in lasdoos gemonteerd, zie **figuur 4**.

De werking

Wanneer de warmwaterboiler wordt ingeschakeld, geeft de blauwe LED aan dat het apparaat van stroom wordt voorzien, terwijl de rode LED aangeeft dat het water wordt verwarmd (**figuur 5**). De rode status-LED gaat uit zodra het water de temperatuur heeft bereikt die is ingesteld met de lokale boiler-thermostaat (en er dus geen stroom wordt verbruikt). De rode LED licht weer op wanneer de boiler inschakelt om het water op temperatuur te houden. In de praktijk functioneert de rode LED zo als het controlelampje op de boiler. ◀

240039-03



Figuur 4. Ingebouwd in de lasdoos.

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 of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerd product

> **PeakTech 4350 Clamp Meter**
www.elektor.nl/18161



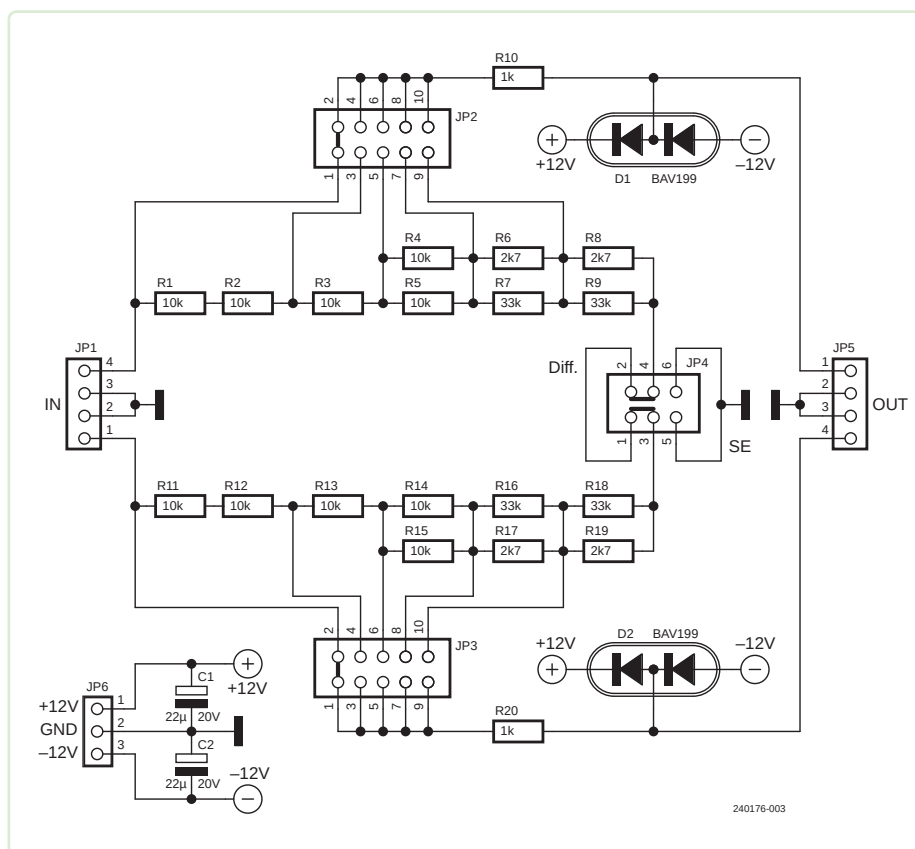
Figuur 5. De schakeling in actie – stand-by (boven) en ingeschakeld (onder).

18 Verzwakkers voor audiosignalen (1)

instelbaar met jumpers

Alfred Rosenkränzer (Duitsland)

Audio-meetinstrumenten hebben meestal een ingangsniveaubereik waarbinnen ze optimaal werken en zelf maar weinig harmonische vervorming genereren. Als de ingangsamplitude te hoog is, gaat dat ten koste van het meetresultaat. Dit kan worden verholpen door een omschakelbare verzwakker met een gedefinieerde verzwakking per trap.



Figuur 1. Het schema van de eenvoudige jumperversie.

In het RF-bereik worden om het signaal te dempen vaak in serie geschakelde π - en T-verzwakkers gebruikt die met schakelaars worden geselecteerd. De ingangs- en uitgangsimpedantie blijft daarbij constant (meestal 50 Ω). Zo'n schakeling is beschreven in Elektor mei/juni 2018 [1]. Het nadeel is dat er twee wissel-schakelaars per trap nodig zijn.

Audiobereik

In het audiobereik is een constante impedantie meestal niet nodig. Daarom zijn eenvoudige meertraps-spanningsdelers met omschakelaars voldoende voor het verzwakken van audiosignalen.

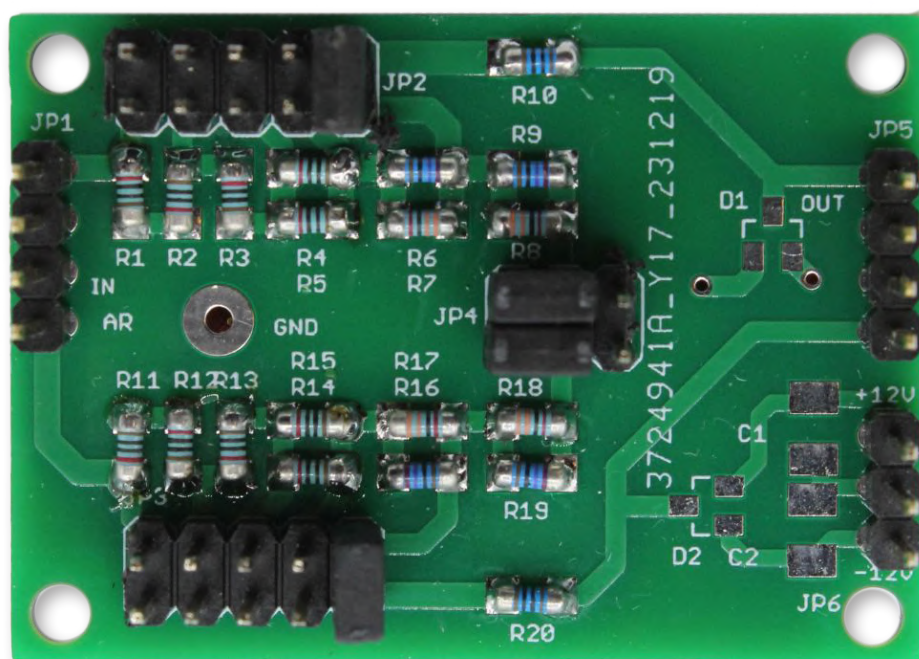
Om zoiets altijd als een 'gebruiksklaar apparaat' bij de hand te hebben en niet telkens opnieuw op breadboard te moeten bouwen, heb ik drie verzwakker-varianten met passende printen voor dit doel ontwikkeld, die hieronder worden beschreven.

De eenvoudigste versie gebruikt gewoon jumpers voor de omschakeling. Een luxere en betere versie heeft relais die met een wisselschakelaar worden bediend. Die laatste bestaat in twee versies: een single-ended verzwakker naar massa en een exemplaar voor differentiële signalen, die in studio-toepassingen vaak voorkomen.

Jumper-oplossing

Figuur 1 toont de eenvoudigste versie, waarvan de verzwakkingstrappen worden geselecteerd met jumpers op tweerijige pinheaders. Deze verzwakker kan ook worden omschakeld tussen de modi SE (single-ended) en Diff (differentieel).

Het ingangssignaal (de ingangssignalen) komt (komen) binnen via JP1. Daarna volgen de spanningsdelers, te beginnen met R1 of R11. Met de in het schema gegeven waarden van de weerstanden verzwakt elke trap met 6 dB – met andere woorden, het ingangsniveau wordt gehalveerd. Er zijn in totaal vier



Figuur 2. Gemonteerde print van de jumperversie.

deeltrappen en het niet-verzwakte ingangssignaal beschikbaar. Verzwakkingen van 0, 6, 12, 18 en 24 dB zijn dus mogelijk. Voor zover mogelijk zijn MELF 0204-weerstanden van 10 k Ω gebruikt. MELF-types zijn net zo goed als through-hole metaalfilmweerstand wat betreft vervorming. Er kunnen echter ook dunne-film-weerstanden in SMD1206-uitvoering worden gebruikt.

Aan het einde van de spanningsdeler kan JP4 (weerstand R8/R19) worden gebruikt om in te stellen of de beide deeltakken zijn verbonden met GND (jumperposities 3-5 en 4-6) en dus enkelzijdig werken of met elkaar zijn verbonden (jumperposities 1-3 en 2-4) en dus differentieel werken.

De gewenste verzwakking wordt geselecteerd met een jumper op JP2 of JP3; het signaal wordt via R10 (R20) naar de uitgang op JP5 geleid. De twee diodes naar ± 12 V zijn bedoeld om schade door transiënten in de aangesloten audio- of meetapparatuur te voorkomen. Als u de diodes hebt gemonteerd, moet u ook ± 12 V aansluiten op JP6, anders treedt er ernstige vervorming op. De twee tantaalcondensatoren C1 en C2 worden gebruikt voor ontkoppeling. **Figuur 2** toont de print van mijn prototype.

In het tweede deel van dit artikel worden de versies met relais besproken en links naar de layout-bestanden van de printen gegeven. De auteur heeft nog een paar onbestukte printen beschikbaar!  240176-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via alfred_rosenkraenzer@gmx.de of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

Over de auteur

Alfred Rosenkränzer werkte vele jaren als development engineer, aanvankelijk op het gebied van professionele televisietechnologie. Sinds het einde van de jaren 1990 ontwikkelt hij digitale high-speed en analoge schakelingen voor IC-testers. Audio is zijn privé-stokpaardje.

WEBLINKS

[1] A. Rosenkränzer, "Omschakelbare HF-verzwakker", Elektor mei/juni 2018: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-201805/41522>



Onderdelenlijst voor de jumperversie

Weerstanden:

(tenzij anders vermeld: MELF 0204 of dunne-film SMD 1206, 1%)

R1...R5, R11...R15 = 10 k

R10, R20 = 1 k

R6, R8, R17, R19 = 2 k7

R7, R9, R16, R18 = 33 k

Condensatoren:

C1, C2 = 22 μ /25 V tantaal, SMC-B

Halfgeleiders:

D1, D2 = BAV199, SOT23

Diversen:

JP1, JP5 = 4-polige pinheader, raster 2,54 mm

JP2, JP3 = 2x5-polige pinheader, raster 2,54 mm

JP4 = 2x3-polige pinheader, raster 2,54 mm

JP6 = 3-polige pinheader, raster 2,54 mm

Print 240176-01



Gerelateerd product

> Fnrsl SG-003A Signal Generator
www.elektor.nl/20774

19 Poets uw acculader op (1)

niet weggooien maar ombouwen!



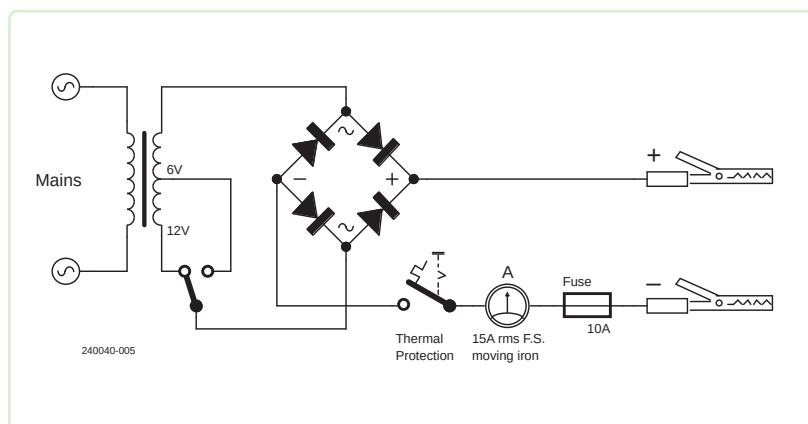
Roberto Armani (Elektor)
Walter Ribbert (Italië)

U gelooft het misschien niet, maar zelfs in dit microcontroller-tijdperk zijn er nog steeds analoge acculaders op de markt. Ze zijn simpel, bijzonder robuust en laden lood/zuur-accu's snel op, maar ze hebben nadelen, zoals een ongecontroleerde laadcyclus en een veel te hoge eindlaadstroom; bovendien verdragen ze geen omgekeerde polariteit. Als u er nog een bezit, kunt u hem oppoetsen met een van de ontwerpen die in deze reeks van twee artikelen worden gepresenteerd. Hier beschrijven we hoe u een basis-beveiligingsschakeling bouwt. In de tweede aflevering voegen we een laadcontrole toe, zowel in een volledig analoge versie als in een 'luke' microcontroller-gebaseerde versie voor de veeleisende gebruiker.

Deze serie projecten kwam voort uit de ontdekking van een nieuw oud apparaat (NOS, new old stock) in de garage van een vriend. Het was een robuust uitziende en fraai gelakte acculader van ongeveer tien jaar oud, die hij nooit had gebruikt en die hij mij schonk. Als ingenieur kon ik de verleiding natuurlijk niet weerstaan om hem uit elkaar te halen, en tot mijn verbazing zag ik dat de elektrische schakeling erin niet eenvoudiger kon zijn: een transformator, een bruggelijkrichter plus een autozekering en een ampèremeter op het frontpaneel. De enige 'premium'-optie: een 6V/12V-schakelaar om het type accu te selecteren. Het simpele schema staat in **figuur 1**.

Ondanks de eenvoud zag het er van binnen rommelig uit (**figuur 2**). Gewend als ik ben aan stroom- en/of spanningsgeregelde schakelingen, leek het me een grof ontworpen product en omdat ik me bewust was dat het gebruik ervan met gesloten lood/zuur-accu's en – nog erger – de nieuwe generatie AGM-accu's niet onproblematisch kan zijn, stond ik op het punt om hem weg te gooien.

In een gesprek met mijn vriend Walter Ribbert bleek echter dat deze laders nog steeds populair zijn en overal verkrijgbaar, hoewel de concurrentie met 'echte' meefasige IC-gestuurde laders steeds harder wordt.



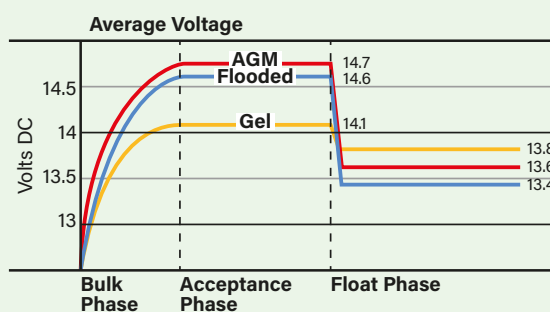
Figuur 1. Het originele schema van de lader. Minimalistisch!

Modern laden

De laatste generatie (offline) lood/zuur-acculaders werkt met goed gedefinieerde opeenvolgende laad fasen:

- bulk-fase
- acceptance-fase
- float-fase
- equalization (optioneel)

De bulk-fase omvat het eerste, 'massieve' deel van het laadproces. In een volledig geregelde lader wordt de stroombegrenzer geactiveerd en bereikt de laadstroom de ingestelde maximumwaarde. In het ideale geval ligt de initiële stroomlimiet bij 20...40% van de accucapaciteit C . De 12V-, 52Ah-accu die in onze tests werd gebruikt, moet bijvoorbeeld worden opgeladen met een stroom variërend van 10 A tot maximaal 20 A. Aan het einde van deze fase – die ruwweg overeenkomt met 75% van de totale lading – moet rekening worden gehouden met verschillende gemiddelde spanningen, afhankelijk van het type accu dat is aangesloten, zoals weergegeven in de grafiek.

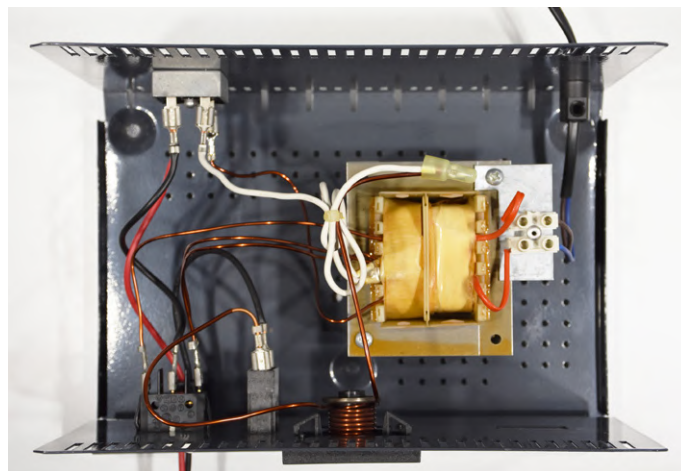


De laadfasen bij een moderne lader, met drempelwaarden die veranderen afhankelijk van de verschillende batterijchemie.

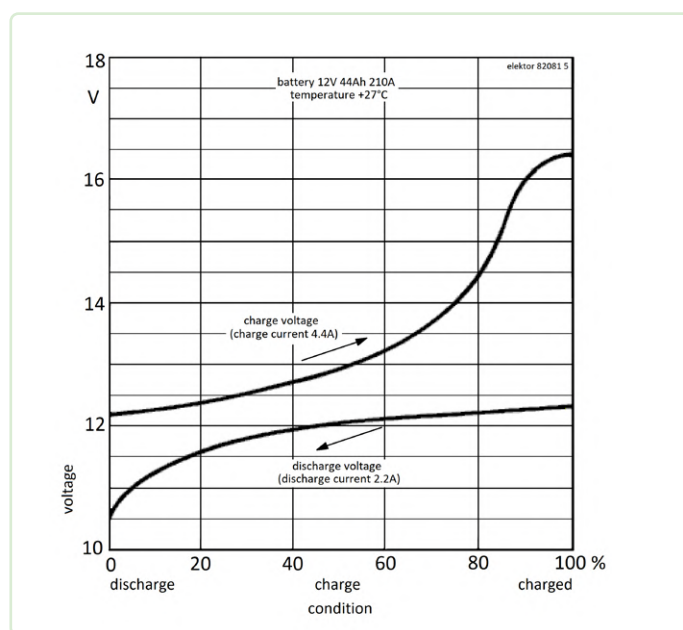
Zodra de initiële gemiddelde doelspanning is bereikt, begint de acceptance-fase. Dit is een typische spanningsgestuurde fase, waarbij de ingestelde spanningsdrempel constant wordt gehouden gedurende de laatste 25% van het laadproces en de stroom langzaam afneemt tot het punt waar deze 2...4% van C bereikt (1,04...2,08 A in ons geval) en we de accu als volledig opgeladen kunnen beschouwen.

In de volgende stap, de float-fase, wordt de doelspanning verder verlaagd. De bedoeling is om een overmatige gasproductie aan de loodelektroden te vermijden, wat verlies van elektrolyt uit de cellen zou betekenen. Deze fase kan niet worden beschouwd als een laadfase, maar eerder als een onderhoudsfase.

De equalization-fase (niet weergegeven in de grafiek) is optioneel, vanwege het agressieve gedrag van de accu. Deze fase is gericht op het herstel van gedeeltelijk gesulfateerde accu's. Als deze fase in de cyclus wordt opgenomen, vindt hij plaats net na de acceptatiefase met een continu oplaadtempo van 4%, totdat de absolute maximale laadtoestand – en spanning – is bereikt. Het proces stopt meestal rond 15,5...16,2 V, en is om deze reden niet geschikt voor AGM- en gel-accu's. En zelfs bij 'natte' accu's blijft het beperkt tot offline laden (dat wil zeggen met de accu losgekoppeld van het systeem) en voor een beperkt aantal cycli, vanwege de slijtage die dit proces met zich meebrengt.



Figuur 2. Ondanks de eenvoud is de bedrading slordig uitgevoerd, met riskras verlopende koperlakdraad. Een aardaansluiting ontbreekt.

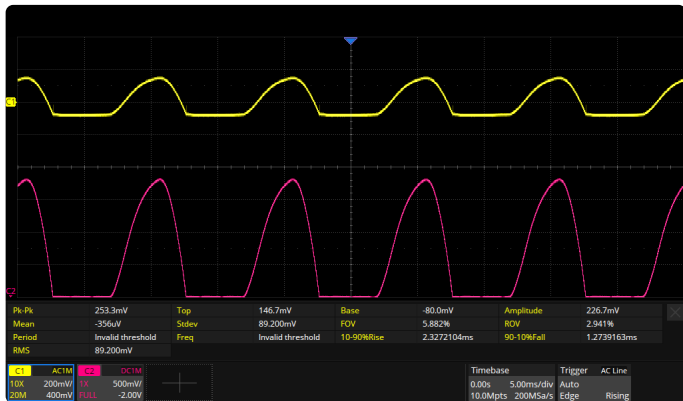


Figuur 3. De typische laadcurve bij 0,1 C (4,4 A) en ontlaadcurve bij 0,05 C (2,2 A) van een lood/zuur-cel van een 44Ah-accu.

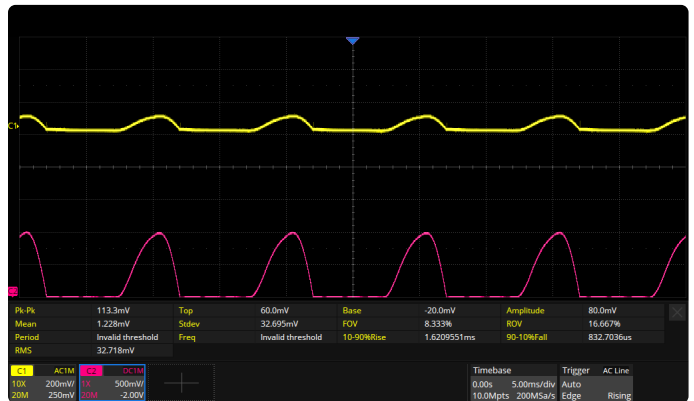
Hoewel ze duurder zijn, profiteren de microprocessor-gestuurde laders van een modern ontwerp en brengen ze de gezondheid van de aangesloten accu nooit in gevaar. Meer informatie over de werking ervan vindt u in het kader **Modern laden**.

De lood/zuur-cel

Voordat we verder gaan met het ontwerp, wijden we eerst een paar woorden aan de typische parameters van een standaard lood/zuur-cel. Deze heeft een nominale spanning van 2 V; een auto-accu bevat zes van deze cellen. Typische constante stroom laad- en ontlaadkarakteristieken van een 12 V accu zijn getekend in **figuur 3**. U ziet dat de curven niet lager dan 10,5 V komen (1,75 V per cel); als de spanning



Figuur 4. Screenshot van de 'scoop bij het begin van het laden. Het paarse spoor toont de uitlezing van de DC-stroomtang met 5 A/div. (18,5 A piek), terwijl het gele spoor – AC-gekoppeld – de rimpel op de accupolen toont (253 mV piek-piek).



Figuur 5. Screenshot van de 'scoop aan het einde van het laadproces. Hier vertoont het paarse spoor pieken van 10 A, terwijl de rimpel op de accupolen 113 mV bedraagt. De berekende R_i is nu ongeveer 11 m Ω , 20% lager dan aan het begin van het laadproces.

lager is of, erger nog, naar nul gaat, raakt de accu over het algemeen beschadigd en kan deze niet meer worden opgeladen. Het is goed om te onthouden dat dit type accu na montage wordt geactiveerd door de binnenkant van de elementen te vullen met een 30...40% zwavelzuur-oplossing; na activering loopt de spanning van elk element op tot ongeveer 2,1...2,2 V.

Acculaders

De eerste analoge acculaders dateren uit de jaren '50 en waren uitgerust met seleniumgelijkrichters die later werden vervangen door siliciumgelijkrichters. Dit type lader is goedkoop te fabriceren en in de aanschaf en is betrouwbaar – als ze goed worden gebruikt – maar de goede werking is kritisch en is uitsluitend gebaseerd op een nauwkeurig ontwerp van de transformator, met zorgvuldig vastgelegde $V_{out(rms)}$ en Z_{out} die werden afgestemd op het specifieke gebruik met load/zuur-accu's.

Zoals te verwachten is er geen regeling van stroom of spanning; het laadproces moet daarom zorgvuldig worden gevolgd. De aanvangelijke laadstroom is afhankelijk van de capaciteit, de laadstatus en de gezondheid van de aangesloten accu; deze is dus grotendeels onvoorspelbaar. In de meeste gevallen is er een thermische afschakeling in de transformator ingebouwd om deze tegen oververhitting te beschermen.

Eerste metingen

We dachten dat, om meer te weten te komen over het gedrag van een acculader die is aangesloten op een standaardaccu, het nuttig zou zijn om een serie nauwkeurige metingen uit te voeren, ongeacht de upgrade die we voor ogen hebben. Om herhaalbare omstandigheden voor de metingen te verkrijgen, werd de geteste accu aangesloten op een 300 W Korad Kel103 elektronische belasting, waarmee gecontroleerde ontladcycli konden worden uitgevoerd tot een vooraf bepaalde drempel van 11,5 V (= 80% ontlading).

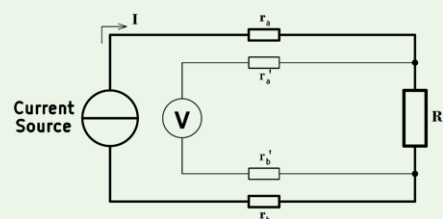
Om de laadstroomparameters te bepalen, gebruikten we een oscilloscoop aangesloten op een Pico TA018 low-drift DC-stroomtang (met een uitgangsniveau van 100 mV/A), terwijl een tweede kanaal twee sense-aansluitingen meet die rechtstreeks naar de accuklemmen gaan,

waardoor een zogenaamde vierdraads kelvin-aansluiting ontstaat. Als u hier meer over wilt lezen, kijk dan eens naar het kader **Vierdraads-metingen**. Deze methode maakte het mogelijk om dynamisch en nauwkeurig de relatie te bepalen tussen de uitgangsstroom naar de accu – 100 Hz DC-pulsen – en de spanningsveranderingen aan de klemmen.

Figuur 4 toont een screenshot van de meting van de eerste laadfase (accu op 20% van de eindlading). Het paarse spoor geeft de stroomwaarden aan, meer dan 18,5 A piek in dit geval, terwijl het gele spoor,

Vierdraads-metingen

De vierdraads meettechniek, ook bekend als kelvin-aansluiting, dankzij naam aan de Engelse natuurkundige die het in 1861 uitvond. Het principe waarop het is gebaseerd (zoals in het onderstaande schema) is het scheiden van de belastingskabels met interne weerstand r_a en r_b , die de stroom I naar de belasting R voeren (een accu, in ons geval), van de kabels (r'_a en r'_b) die zijn bedoeld om de spanning te meten via een hoogohmige meetschakeling, en die een apart pad vormen. Op deze manier wordt de spanningsval $V_{drop} = (I \times r_a + I \times r_b)$ – van de stroombron naar de uiteinden van de aansluitingen die de stroom naar R voeren – irrelevant, zelfs als de stroom I varieert, omdat de spanningsmeting altijd direct op de klemmen van het gevoede apparaat plaatsvindt, in industriële omgevingen vaak het *Point of Load* genoemd. Met deze vierdraads aansluiting kan de waarde van R zeer nauwkeurig worden gemeten, zelfs bij extreem laagohmige waarden.



met AC-koppeling, de spanningsrimpel direct op de accu detecteert, 253 mV. Hierdoor kon de inwendige weerstand R_i van de accu tijdens het laden worden berekend:

$$R_i = \Delta V / I = 0,253 / 18,5 = 0,0136 \, \Omega$$

Figuur 5 toont de waarden gemeten aan het einde van het laadproces, toen de accu een spanning van 14,8 V had bereikt. Zoals te zien is, vertoont de laadstroom pieken van 10 A, veel te hoog om lang aangesloten te laten! Merk op dat zowel in **figuur 4** als in **figuur 5** de basislijn van het paarse spoor bij de werkelijke spanning van de accu ligt ($I = 0$, $V_{\text{laad}} < V_{\text{accu}}$), terwijl de sinusvormige delen de tijd weergeven waarin $V_{\text{laad}} > V_{\text{accu}}$ en er stroom loopt.

Op deze conclusie was dus dat ondanks deze primitieve laadmethode een upgrade de lader veiliger en nuttiger kan maken en (waarom niet...) de nodige grondstoffen spaart – beter dan gewoon weggooien dus. Nu was de uitdaging hoe we dit moesten doen en Walter kwam met het volgende verlanglijstje:

- bescherming van de acculader tegen onbedoelde kortsluiting van de klemmen en tegen ompoling bij het aansluiten van de accu;
- onmiddellijk herstel van de beveiliging als de klemmen losgekoppeld zijn van de accu, zonder vonken.
- een nauwkeurige spanningscontrole gedurende de laatste fase van het opladen, om de lader universeel bruikbaar te maken;
- daarnaast een *coole* microcontroller-gebaseerde versie, voor diegenen die per se willen programmeren.

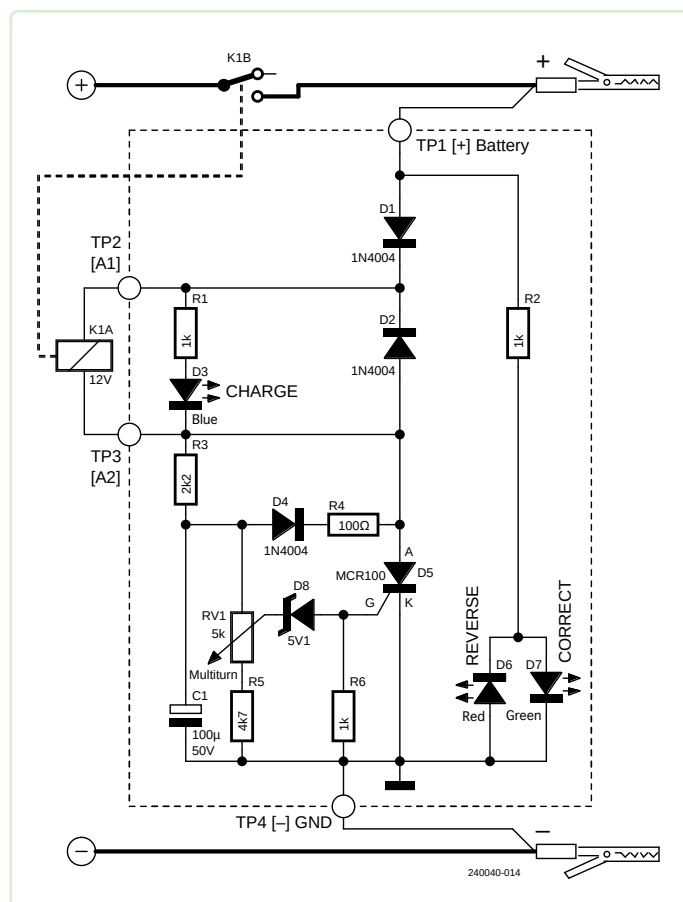
Omdat de goede werking van een acculader bijna volledig is gebaseerd op de eerdergenoemde kleine spannings- en impedantieverschillen tussen lader en accu, werd al snel duidelijk dat elke verandering van het oorspronkelijke schema, hoe bescheiden ook – door halfgeleiders zoals vermogensdiodes, transistors of MOSFET's in te bouwen – zou leiden tot aanzienlijke variaties in de laadstroom en uiteindelijk in de effectiviteit van het apparaat. Daarom leek de enige mogelijke oplossing het regelen van het laden via een vermogensrelais.

Dit laatste kon geen standaardmodel van een paar ampère zijn dat in de elektronica wordt gebruikt, maar eerder een automotive relais of een ander zwaar industrieel type dat grote stromen kan verwerken (minimaal 20 A), met een zeer lage contactweerstand. Uiteindelijk werd gekozen voor een model van Potter & Brumfield [1] met een spoel van 12 VDC en de drie sets contacten die voor deze toepassing parallel worden geschakeld.

Eerste oplossing: basisbeveiliging

In het licht van het bovenstaande verlanglijstje voldoet dit eerste ontwerp van Walter (waarvan het schema in **figuur 6** is getekend) aan de eerste twee wensen: het relais wordt alleen geactiveerd als de accu is aangesloten en ook bij een enkele, instelbare minimum-spanningsdrempel. Diode D1 beschermt de schakeling tegen ompoling van de accuklemmen. De twee LED's D6 en D7 geven de juiste aansluiting van deze klemmen aan: als het goed is, licht D7 (groen) op; anders zal D6 (rood) oplichten.

Als de aansluiting correct is, laadt condensator C1 zich voornamelijk op via de wikkeling van K1 en R3. Als de accuspanning hoog genoeg



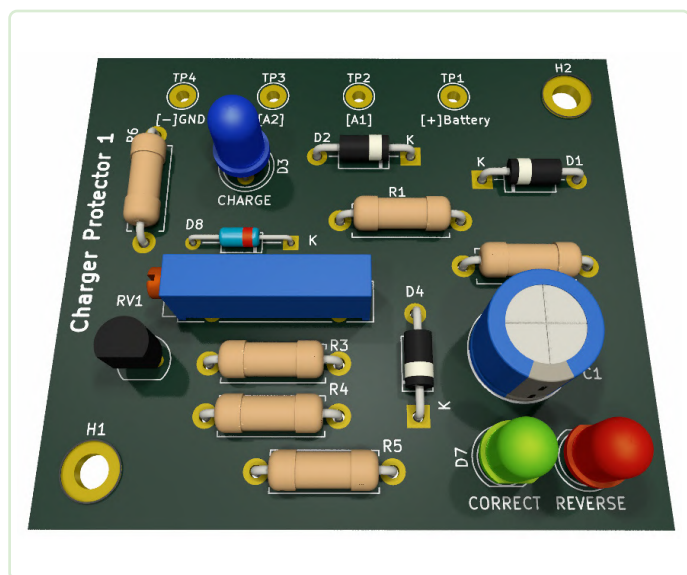
Figuur 6. Schema van de basis-beveiligingsschakeling.

is om de drempelwaarde te overschrijden die is ingesteld door RV1 en de 5,1V-zener D8, wordt de gate van SCR D5 aangestuurd; de SCR gaat in geleiding en relais K1 wordt bekrachtigd. De blauwe LED D3 geeft aan dat de acculader met de accu is verbonden. Als de acculader op het lichtnet wordt aangesloten, begint het laadproces. Met trimmer RV1 kan de uitschakeldrempel van het relais worden ingesteld, met een minimum-accuspanning van ongeveer 8...9 V, een waarde die afhangt van de minimale bedrijfsspanning van het relais.

Wanneer SCR D5 doorschakelt, ontlaat deze condensator C1 via D4 en R4. Als de kabels van de accu worden losgekoppeld terwijl de acculader is ingeschakeld, schakelt D5 uit omdat de houdstroom nul wordt wanneer de pulserende uitgangsspanning van de gelijkrichter tot nul daalt. Dit zorgt ervoor dat het relais spanningsloos wordt en opent; de tijdconstante $R3 \times C1$ (groter dan 200 ms) voorkomt dat D5 onmiddellijk weer wordt ingeschakeld. Deze schakeling werkt zowel met enkelzijdige gelijkrichters (halve golf) als met bruggelijkrichters (hele golf). In dit verband is het belangrijk om geen condensatoren (onnodig overigens) te installeren, zelfs niet met kleine waarde, stroomopwaarts of stroomafwaarts van het relaiscontact van de beveiligingsschakeling.

Afregeling

Het kalibreren van de uitschakelspanning is eenvoudig: draai trimmer RV1 in de richting van R5 en sluit, met de lader losgekoppeld van het



Figuur 7. 3D-weergave van de print voor dit project.

lichtnet, een regelbare voeding aan in plaats van de accu; stel deze in op de gewenste minimumspanning, bijvoorbeeld 10 V, en verdraai RV1 totdat het relais uitschakelt en D3 wordt ingeschakeld. Als de SCR eenmaal begint te geleiden, blijft hij in deze toestand, zelfs als de accuspanning fluctueert.

Het schema van figuur 6 laat ook zien hoe de schakeling in de lader kan worden geïntegreerd. Voor een nauwkeurige meting van de accuspanning en om afleesfouten door spanningsval over de voedingskabels te voorkomen, is de elders beschreven vierdraads meetmethode ook in dit en de volgende ontwerpen opgenomen. Een 3D-weergave van de print is te zien in **figuur 7**.

Hoe gaat het verder?

In het tweede deel van dit artikel zullen we zien hoe we een spanningsgestuurde laaddeemp kunnen implementeren in een volledig analoge versie, alsmede een microcontroller-gebaseerde versie voor veeleisende gebruikers. Tot dan! 

vertaling: Willem den Hollander — 240040-03

Over Walter Ribbert



Walter Ribbert is geboren in Turijn in 1957, studeerde elektromechanica en industriële elektronica en begon op zijn 17de als leerling te werken. Hij is nu gepensioneerd na een 43-jarige loopbaan als elektrisch en elektronisch ontwerper voor een groot bedrijf in de industriële automatisering en robotica; hij is nooit opgehouden met leren. Nu hij meer vrije tijd heeft, is hij weer wat wiskunde en natuurkunde gaan studeren (op zijn gemak) en gaat hij met kinderlijk genoeg door met het 'spelen' met elektromechanische en elektronische apparaten. Echte passie houdt nooit op!

Over Roberto Armani



Roberto Armani is elektronisch ingenieur. Na zijn studies bij Politecnico di Milano heeft hij meer dan 35 jaar ervaring opgedaan in diverse sectoren. Voordat hij zich aansloot bij het Elektor-team als Senior Editor, heeft hij gewerkt in de computerindustrie, elektronische beeldverwerking, telecommunicatie, materiaaltestapparatuur en web-publishing. Naast elektronica houdt hij van luisteren naar (en zingen van) klassieke muziek, en van wandelingen hoog in de bergen.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor-team via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

- > **PeakTech 1404 2-Ch Oscilloscope (100 MHz)**
www.elektor.nl/20229
- > **PeakTech 4350 Clamp Meter** 
www.elektor.nl/18161

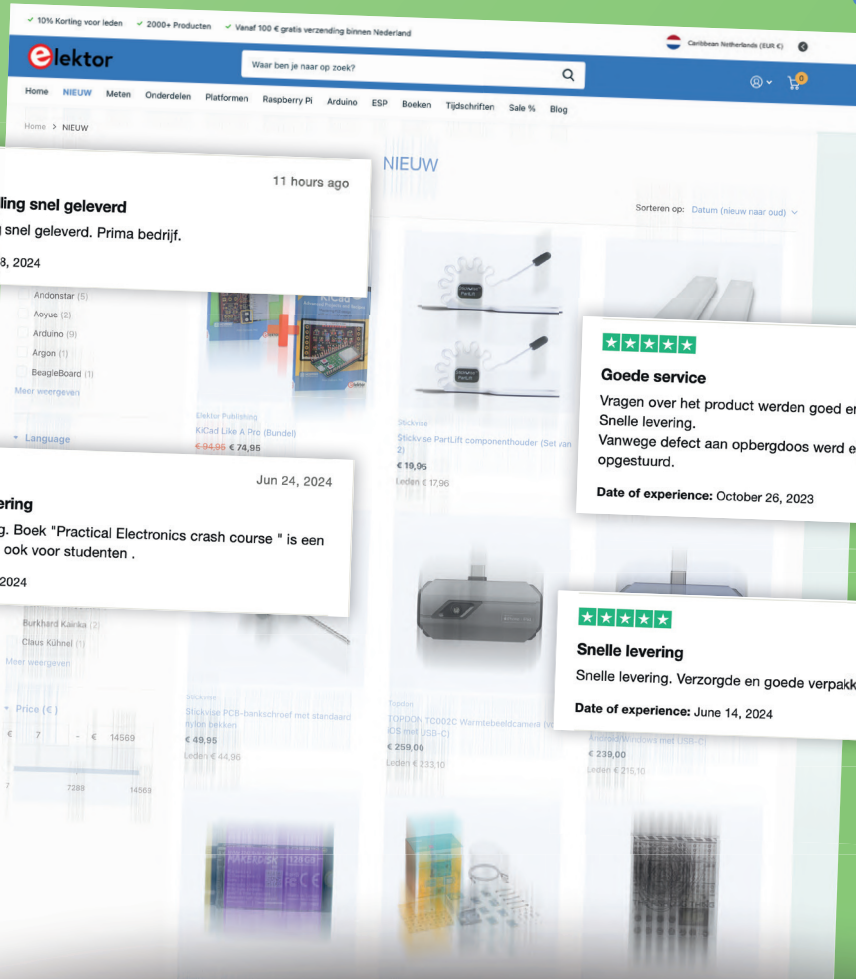


WEBLINK

[1] Potter & Brumfield, "KUP Series Panel Plug-In Relay," TE Connectivity, 01-2022: <https://tinyurl.com/4e6twnp3>

Zij vertrouwen ons, u ook?

elektor.nl



Wij houden van elektronica en van projecten, en doen ons uiterste best om aan de behoeften van onze klanten te voldoen.

De Elektor Store: 'Nooit duur, altijd verrassend'

Elektor Store

Reviews 606 • Excellent



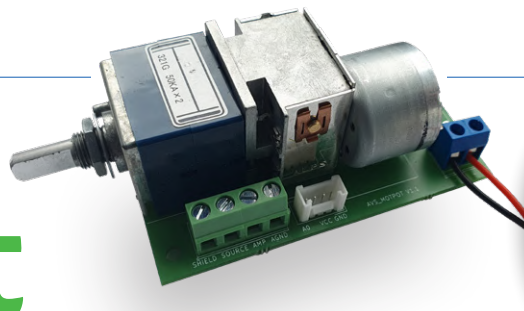
✓ VERIFIED COMPANY

Bekijk meer beoordelingen op onze Trustpilot-pagina: www.elektor.com/TP/nl



of oordeel zelf door een bezoek te brengen aan onze Elektor Store, www.elektor.nl





20 Een print

voor 'de Blauwe'

print voor Alps-motorpotmeter met terugkoppeling

Jens Nickel (Elektor)

Audioapparatuur is goed, en wordt nog beter als die op afstand bediend kan worden. Een hoogwaardige gemotoriseerde potentiometer die al tientallen jaren op de markt is, is de RK27112MC-stereopotmeter van Alps, bij kenners ook wel bekend als 'de Blauwe'. In dit artikel presenteren we een kleine, eenvoudige print voor deze potentiometer, die bij uitstek geschikt is voor een monoversterker of een ander apparaat waar een potmeter op afstand bedienbaar moet worden gemaakt. Het andere stereokanaal wordt gebruikt om de stand van de potentiometer te bepalen met een ADC en zo feedback te geven aan de gebruiker.

Mijn vriend Marco en ik houden van DJ-en en DJ-video's maken – niet alleen in een studio, maar ook in de open lucht. In dat geval is het altijd weer lastig om de apparatuur op te bouwen en af te breken, en kabels zijn altijd een bron van gevaar. Al snel ontdekten we de mogelijkheid om audio draadloos van de DJ-apparatuur naar de luidsprekers te sturen. De latentie was zo gering dat we zelfs het linker- en rechterkanaal met aparte ontvangers rechtstreeks op respectievelijk de linker- en rechterspeakers konden ontvangen zonder het stereo-effect te verliezen. Het idee van onafhankelijke, draadloze mono-luidsprekerstations op batterijen was geboren [1]. Geloof me, het is erg comfortabel als je een luidspreker/versterker/batterij-combinatie kunt pakken en op de plek kunt zetten waar je hem wilt hebben, zonder gedoe met kabels.

Monoversterkers

Eerst gebruikten we 12V-batterijen, kleine omvormers en actieve 230V-luidsprekers, maar in principe is het onzinnig om 12V-gelijkstroom om te zetten naar 230V-wisselstroom en dan weer terug naar gelijkstroom alleen voor de versterker in de luidspreker. Ik kwam op het internet al snel uit bij kleine klasse-D monoversterkers die kunnen worden gevoed met 24...48 VDC, en passieve luidsprekers in plaats van actieve. Als je voldoende vermogen en volume nodig hebt, is vooral de relatief nieuwe TPA3255-versterkerchip van Texas Instruments [2] een ware gamechanger. Er zijn al veel modules en apparaten rond deze chip op de markt. Wij kozen voor de Nobsound G2 Pro-monoversterkers [3] voor ongeveer € 80. De G2 Pro heeft ook een geïntegreerd, instelbaar laagdoorlaatfilter zodat hij ook als subwoofer kan worden gebruikt (wat wij

doen, dus we hebben in totaal drie van deze versterkers).

Afstandsbediening

Het is echter niet comfortabel om altijd naar alle luidsprekers en subwoofers te moeten lopen om het volume op elk station afzonderlijk met de hand in te stellen. Daarom overwoogen Marco en ik een afstandsbediening voor het volume van onze 'luidsprekerstations', zodat we het volume van onze mini-monoversterkers op afstand zouden kunnen regelen. In de versterkers vonden we een logaritmische 50kΩ-potentiometer voor de volumeregeling. Als vervanger kozen we voor motorpotentiometers van Alps; die zijn niet goedkoop (rond de € 20, als je geluk hebt), maar ze zijn zeer betrouwbaar en vormen de meest correcte en 'pure' oplossing. We gebruiken momenteel RK27112MC-stereopotentiometers, en aangezien we alleen mono hoeven te regelen, geeft dit ons de mogelijkheid om het tweede kanaal te gebruiken als terugkoppeling van de stand van de potentiometer, die kan worden gemeten met een ADC.

Vanwege de beperkte ruimte konden we de motorpotmeter niet in de versterker inbouwen, dus hebben we de handbediende potentiometer losgesoldeerd en drie draden aan de corresponderende pinnen gesoldeerd – deze gaan naar de motorpotmeter, die buiten de behuizing komt. Om een robuuste oplossing te hebben, wilden we de motorpotmeter op een print monteren, die vervolgens in een behuizing kon worden ondergebracht. Ik wil u hier niet lastigvallen met veel details van ons project; dit artikel behandelt de print van de motorpotmeter, die u in uw eigen toepassingen kunt gebruiken. Degenen die geïnteresseerd zijn in de elektronische details van onze

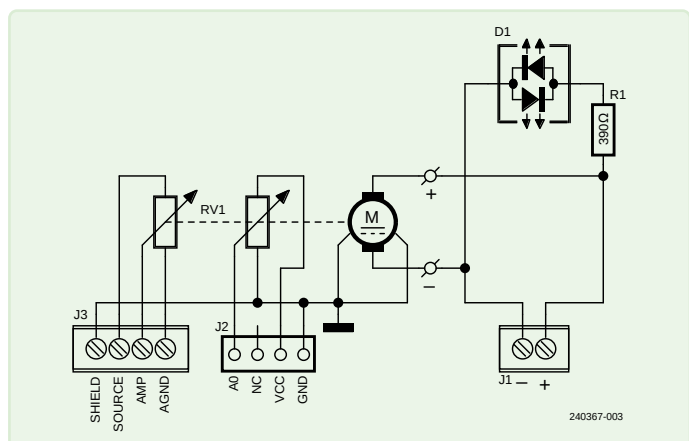
luidsprekerstations, vinden meer informatie in het kader **Luidsprekerstation**, en op de Elektor Labs-pagina [1] bij het project.

Print voor de motorpotmeter

De print bevat niet alleen de potentiometer zelf, maar ook:

- een 4-polige printkroonsteen voor aansluiting op de monoversterker. Drie klemmen zijn verbonden met het eerste sectie van de potentiometer. De vierde klem moet worden verbonden met de chassisarde van de versterker, wat storingen op het audiosignaal aanzienlijk vermindert;
- een 4-polige Grove-connector voor de verbindingen naar de ADC. Pin 1 en pin 2 zijn GND en VCC (3,3 V), pin 3 is niet aangesloten en pin 4 voert het analoge signaal dat moet worden gemeten en dat correspondeert met de stand van de potentiometer (feedback). In plaats van een Grove-connector, die compatibel is met het Grove-systeem van Seeed Studio, kunnen hier natuurlijk ook andere connectoren met een 2,0mm-raster worden gemonteerd;
- een aansluiting voor de motorvoeding (3,3 V of 5 V bij ongeveer 150 mA maximaal). Hier heb ik gekozen voor een 2-polige PH2.0-connector, die vaak wordt gebruikt voor voedingen in modelbouw en voor kleine drones;
- een tweekleuren-LED als indicatie van motorstroom en draairichting.

Het eenvoudige schema staat in **figuur 1**.

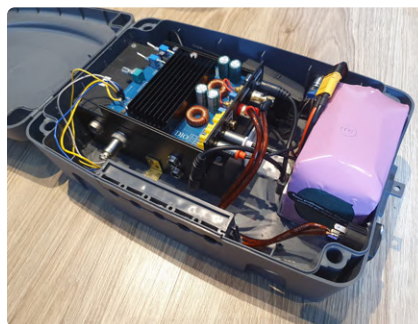


Figuur 1. Het schema. De linker sectie regelt het volume, de rechter sectie levert feedback (op A0 met een spanning tussen GND en VCC).

Luidsprekerstation

Om de motor van de Alps-potentiometer aan te sturen gebruiken we een kant-en-klaar 'Grove Mini Motor'-module, in feite een breakout-board voor de motordriver DRV8830 van Texas Instruments [4]. Deze kan zonder problemen de 3,3 V en de 100...150 mA leveren die nodig is voor de motor, en wordt aangestuurd via I²C. Om de potmeterstand te meten, gebruiken we een ADS1015-ADC van Texas Instruments met 12bit-resolutie [5] en I²C-interface, op een kant-en-klaar breakout-printje, die op een andere zelfontworpen print is gemonteerd met een paar Grove-connectoren. Zowel de motormodule als de ADS1015 PCB zijn via Grove-kabels verbonden met een XIAO ESP32-microcontroller, die op afstand bestuurd kan worden via WiFi. Het spreekt voor zich dat alles robuust, maar ook compact moet zijn. De print voor de Alps-motorpotmeter, de motordrivermodule, de print voor de ADS1015 en de XIAO-print vinden een plaatsje in een 'binnenbehuizing'. Deze behuizing voor de elektronica wordt in een robuuste buitenbehuizing geplaatst, samen met de audioversterker en de ontvanger voor de draadloze audio-overdracht, evenals een 36V-fietsaccu (10 Ah, wat genoeg is voor minstens 10...12 uur muziek).

In ons project is de as van de Alps-motorpotmeter niet meer van buitenaf bereikbaar, zodat deze niet meer met de hand kan worden bediend. Voor het geval dat de WiFi-verbinding (die via een andere ESP32 loopt die als afstandsbediening dient) in het veld wordt verstoord, hebben we in elk station een IR-ontvanger als noodoplossing ingebouwd. Elke luidspreker kan dan (na elkaar) worden bediend met een standaard IR-afstandsbediening.

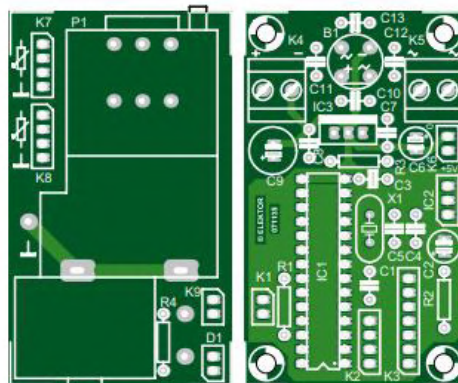


Prototype van het luidsprekerstation, met een 36V-fietsaccu, versterker (met geopende behuizing), de zwarte elektronica-box onder de versterker en de kleine draadloze audio-ontvanger achter de versterker. U ziet hoe de versterker is aangepast (handbediende potmeter vervangen door draden naar de elektronica-box met de motorpotmeter erin).

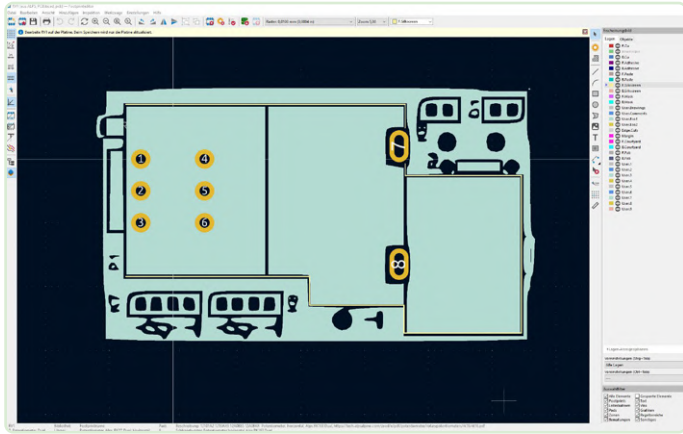
Het project uit 2008

Oorspronkelijk wilde ik niet per se zelf een print ontwerpen (om ontwikkeltijd te besparen), maar liever iets kant-en-klaars kopen. Tijdens mijn onderzoek vond ik – natuurlijk – een

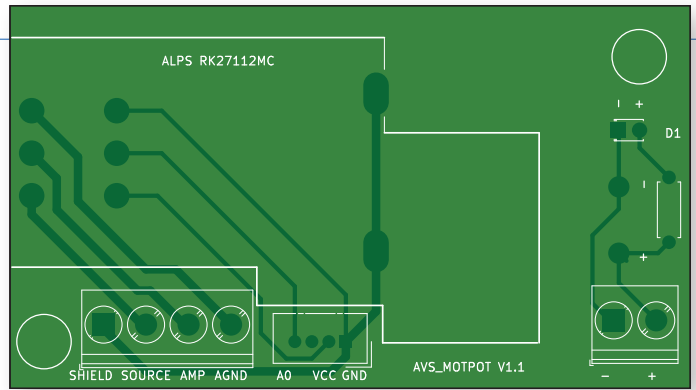
Elektor-artikel uit 2008 [6] (in feite herinnerde ik me vaag dat we ooit een 'Alps-artikel' in het tijdschrift hadden). Destijds had auteur Frank Link niet alleen een carrier voor de motorpotmeter ontwikkeld, maar ook een bijpassend microcontrollerboard (**figuur 2**).



Figuur 2. Print van het Elektor-project uit 2008.



Figuur 3. In de KiCad footprint editor heb ik de print uit 2008 gebruikt als sjabloon voor mijn nieuwe printontwerp.



Figuur 4. De nieuwe print.

In zijn ontwerp werden echter beide kanalen van de stereopotmeter gebruikt om het muzieksignaal aan te sturen. Ik ben in ieder geval door Frank geïnspireerd wat de tweekleuren-LED betreft. Eerlijk gezegd bevatte mijn eerste ontwerp van de print nog geen aansluiting voor de chassisaarde van de versterker. Ik dacht dat ik mezelf misschien die aansluiting kon besparen. Mijn luiheid werd afgestraft met gekraak uit de luidspreker. Ik had naar de ervaren Elektor-auteur moeten luisteren!

Bij het ontwerpen van onze print kon ik de footprint van de potentiometer uit het eerdere Elektor-artikel gebruiken. In de footprint-editor van KiCad heb ik de oude Elektor-print als afbeeldingsbestand geladen, stelde die in op zwart-wit en trok alle gaten, pads en randen over (figuur 3).

Versie 1.1 van onze print is te bewonderen in figuur 4. De KiCad-bestanden kunnen worden gedownload van [1], zodat u het project kunt aanpassen aan uw eigen ideeën.

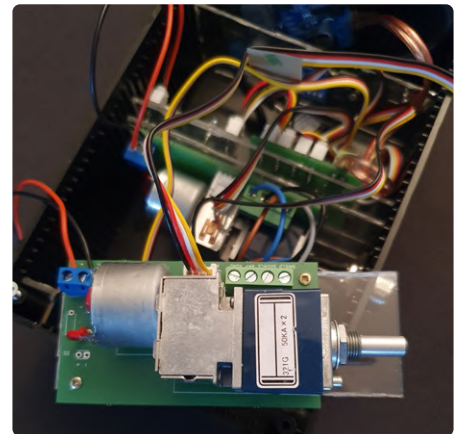
Geslaagde test

Figuur 5 toont de geassembleerde print. Voor het prototype van ons project heb ik de print op een 2 mm dik acrylplaatje geschroefd. Dat heeft een lengte van 10,7 cm en kan in de

behuizingen die we gebruiken [7] worden geschoven, die hiervoor van groeven zijn voorzien. Natuurlijk had ik de print zo lang kunnen maken, maar dan zou die minder flexibel en ook duurder zijn geworden.

Onlangs hebben we de hele opstelling (twee satellietluidsprekers plus een JBL-subwoofer) met succes getest in een weiland (figuur 6). Het uitgenodigde testpubliek en wijzelf waren absoluut tevreden over het geluidsvolume en de geluidskwaliteit; de elektronica bleek robuust en betrouwbaar. Ik heb het WiFi-bereik niet precies getest, maar een afstand van ongeveer 20 m was voor de afstandsbediening geen enkel probleem. Dat spoort ons aan: een vierde elektronica-box is in de maak en het budget voor een subwoofer van een ander merk is al toegewezen! ◀

240367-03



Figuur 5. De bestukte print bovenop de elektronica-box waarin hij wordt ingebouwd. Onze elektronica-box heeft genoeg ruimte voor twee van deze potmeterprintjes, maar doen we niet in de huidige opstelling.



Onderdelenlijst

- R1 = 390 Ω
- RV1 = Alps RK27112MC dubbele motor-potentiometer
- D1 = 2-pins duo-LED tweekleurig
- J1 = 2-polige printkroonsteen, raster 5 mm
- J2 = Grove-connector (4-pins, raster 2 mm)
- J3 = 4-polige printkroonsteen, raster 5 mm

Waarom zo modulair?

Gebruikers van deze print moeten over veel zaken zelf nadenken, van motordriver tot ADC, en natuurlijk over de controller en de software. Een andere aanpak zou zijn om een I²C-motordriver en een externe I²C-ADC direct op de print te monteren, zodat u alles digitaal kunt aansturen via één I²C-interface; maar dan moeten gebruikers nog steeds hun eigen firmware schrijven. Om het nog verder te integreren, kan een kleine en goedkope controller op de print worden geplaatst, die eenvoudige regel-firmware draait en via UART communiceert met een hostcontroller (die laatste stelt gewoon de stand in waar de potmetermotor naartoe moet).

Een nadeel is dat de print groter en – volledig geassembleerd – ook duurder wordt. U verliest ook enige flexibiliteit. In ons project kan de motordriver-chip bijvoorbeeld twee kanalen aansturen, wat betekent dat er twee Alps-motorpotmeters tegelijk aangestuurd kunnen worden, wat een optie is in onze opzet. Als we die dubbele potmeteroptie willen gebruiken, zou het een verspillen van componenten zijn om een motordriver op elk van de potmeterboards te monteren. Hetzelfde geldt voor de ADC, die zelfs vier kanalen heeft; in onze box wordt deze ADC ook voor andere taken gebruikt.

Maar misschien hoeft dat niet het laatste wijze woord te zijn. We werken voortdurend aan het verbeteren van het project en misschien komen er binnenkort meer en betere navolgers.



Over de auteur

Jens Nickel studeerde natuurkunde in Stuttgart. Al in zijn vroege jeugd schreef hij graag technische artikelen; als bewezen liefhebber van technische en wetenschappelijke tijdschriften maakte hij van de gelegenheid gebruik om van zijn hobby zijn beroep te maken met een vervolgopleiding tot tijdschriftredacteur. Hij werkte als zodanig voor verschillende technische tijdschriften, voordat hij in 2004 bij Elektor kwam. Naast programmeren behoort ook de productie van DJ-video's tot zijn hobby's.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerd product

> **Seeed Studio XIAO ESP32C3**
www.elektor.nl/20265

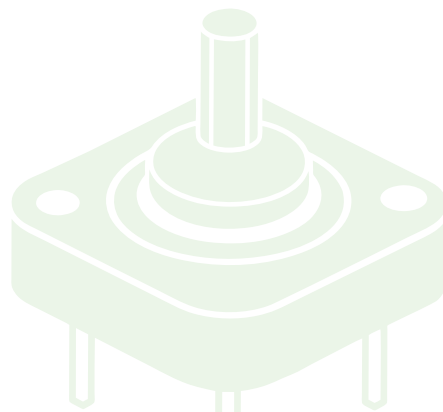


Software

Dit project betreft een kleine print voor een Alps-motorpotmeter, die u voor veel toepassingen kunt gebruiken. Natuurlijk is de software om de potentiometer met de feedbacklus aan te sturen sterk afhankelijk van de gebruikte microcontroller, motordriver en ADC. U kunt inspiratie opdoen in ons afstandsbedieningsproject 'AudioVideoStation', dat gebruikmaakt van een ESP32, een DRV8830-motordriver-chip en een externe ADS1015-ADC. Mijn vriend en ik hebben de code ontwikkeld met behulp van de Arduino 2.0 IDE en bibliotheken voor de DRV8830 en de ADS1015. U kunt een eerste prototype van de software downloaden van [1].

Hier volgen enkele tips over het principe. De DRV8830-motorcontroller kan via I²C-registers worden ingesteld om in beide richtingen te draaien en met een spanning (snelheid) van 6 tot 63, maar we gebruiken in ons geval alleen maximale en ongeveer halve snelheid. Er is ook een commando om de motor te stoppen. De ADS1015-ADC kan via I²C worden ingesteld op verschillende versterkingsfactoren. Wij gebruiken een volle schaal van ± 4096 mV (de potmeterspanning die we meten loopt van 0 tot 3,3 V). In de setup-functie stellen we het I²C-adres van de DRV8830 in en controleren we de I²C-communicatie met beide chips. Daarna stoppen we de motor en stellen we de versterking van de ADC in. In de `loop()` functie lezen we de ADC waarde ongeveer 150 keer per seconde uit. Elke keer vergelijken we de huidige waarde met de waarde die moet worden ingesteld. We hebben ook een soort hysteresiswaarde van vijf ADC-stapjes geïntroduceerd: binnen een hysteresis-bandbreedte van tien ADC-stappen zijn we tevreden met de positie van de potentiometer. Als de huidige waarde lager is dan de ingestelde waarde minus de hysteresiswaarde, draait de motor op halve snelheid. Als de huidige ADC-waarde zelfs lager is dan de ingestelde waarde min twee keer de hysteresiswaarde, dan verdraait de motor de potentiometer op volle snelheid, gedurende ongeveer 50 ms. Een soortgelijke vergelijking wordt gemaakt voor de andere richting. Als de stroomwaarde binnen de hysteresisband valt, stopt de motor. Om te voorkomen dat de motor bij elke keer dat de lus wordt doorlopen een stopcommando krijgt, zetten we een vlag op `true` wanneer de motor begint te bewegen. De motor wordt dan pas gestopt wanneer hij de juiste positie bereikt.

We hebben waarden bereikt die nauwkeurig genoeg zijn voor ons audiovolume, maar er is nog veel ruimte voor verbetering. Voor uw toepassing moet u zelf spelen met de hysteresiswaarde, motorsnelheid, bewegingsduur en ADC-bemonsteringsfrequenties.



WEBLINKS

- [1] AudioVideoStations-project op Elektor Labs: <https://elektormagazine.com/labs/audiovideostations-remote-controlled-wireless-av-devices>
- [2] Klasse-D audioversterker TPA3255: <https://ti.com/product/de-de/TPA3255>
- [3] Monoversterker Nobsound G2 Pro: <https://doukaudio.com/products/nobsound-g2-pro-hifi-subwoofer-full-frequency-mono-digital-power-amplifier-300w>
- [4] DC-motordriver DRV8830: <https://ti.com/product/de-de/DRV8830>
- [5] 12bit-ADC ADS1015: <https://ti.com/product/ADS1015>
- [6] Frank Link, "Regelen op niveau", Elektor november 2008: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-200811/15637>
- [7] Behuizing van Pollin Electronic: <https://pollin.de/p/kunststoffgehaeuse-0021-002-043-460200>

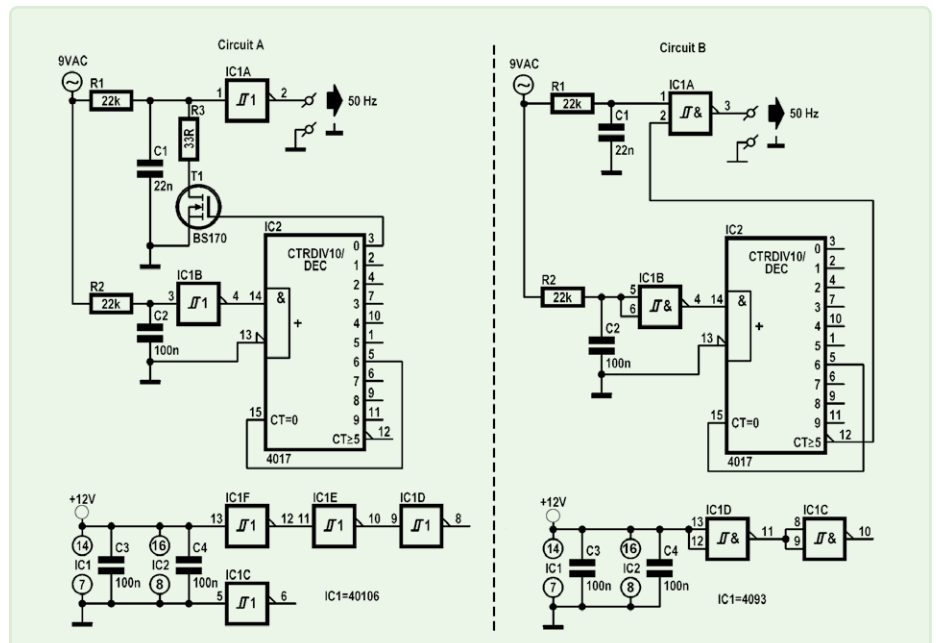
Oplossingen

Bij een herontwerp voor een 60Hz-netvoeding werden ten minste drie opties overwogen. Het eerste idee was om een kristaloscillator met een 32,768kHz-kristal als referentie te gebruiken. De tweede mogelijkheid was de bouw van een deler die instelbaar is tussen 15000 en 18000. Beide gevallen brengen nogal wat veranderingen met zich mee. Driemaal is echter scheeprecht: de voorkeursoplossing die hier wordt gepresenteerd omvat een extra schakelingetje dat 50 Hz genereert uit 60 Hz door elke zesde puls over te slaan, zodat er 50 pulsen per seconde overblijven. De klok gebruikt IC's uit de standaard 4000-serie logica. Een mogelijkheid is het gebruik van een 4017, een 5-traps deler-door-tien Johnson-teller [2], die ideaal is voor deze taak. Van de 10 gedecodeerde uitgangen is er op elk moment slechts één actief.

In **figuur 3** ziet u twee schakelingen voor de frequentie-omzetting. Deze schakelingen kunnen natuurlijk ook worden gebruikt voor elke andere toepassing waar zich een vergelijkbaar probleem voordoet.

Schakeling A

In de linker schakeling van figuur 3 worden twee van de zes Schmitt-trigger-inverters van een 40106 (IC1) gebruikt in combinatie met een 4017 (IC2). De secundaire spanning van de transformator is via het RC-netwerk R1/C1 verbonden met IC1A om glitches en spanningspieken van de transformator weg te filteren, hoge ingangsspanningen met R1 te begrenzen en de poortingang te beschermen. De transformatorspanning gaat ook naar IC1B via het RC-netwerk R2/C2. In beide gevallen zorgt de Schmitt-trigger-ingang van de inverters ervoor dat er schone pulsen worden geleverd aan de erop volgende IC's. Door de reset (pin 15) te verbinden met uitgang 6 (pin 5), wordt deze uitgang actief bij de zesde puls, wordt de teller gereset en wordt uitgang 0 (pin 3) actief. Die uitgang stuurt de gate van MOSFET T1 aan, een BS170. Het specifieke type is niet kritisch, een 2N7000 is bijvoorbeeld ook bruikbaar. Uitgang 0 is actief gedurende één periode van de netfrequentie; daarom wordt één puls onderdrukt door de



Figuur 3. Twee (vergelijkbare) schakelingen om een signaal van 60 Hz om te zetten in een 50Hz-signaal.

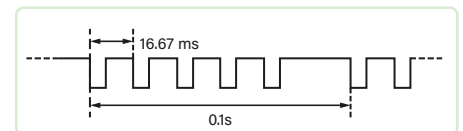
ingang van IC1A aan massa te leggen met T1. R3 beperkt de ontladstroom van C1 tot een veilige waarde; met de juiste timing wordt T1 actief als de spanning over C1 bijna 0 V is. C1 is kleiner dan C2 en de grotere faseverschuiving veroorzaakt door R2/C2 voorkomt ook dat er glitches optreden aan de uitgang van IC1A. Elk van de uitgangen 0 tot 5 kan worden gebruikt om T1 aan te sturen. Het timingdiagram van **figuur 4** toont het uitgangssignaal.

Schakeling B

Als u in plaats van twee 40106 inverters twee 2-input NAND-poorten van een 4093 gebruikt, bereikt u dezelfde functionaliteit als in schakeling A, maar dan zonder extra transistor. Deze NAND-poorten hebben ook Schmitt-trigger-ingangen. De carry-uitgang CT ≥ 5 (pin 12; ook bekend als $\overline{Q}5-9$ of terminal count) wordt gebruikt om IC1A in te schakelen. De carry-uitgang is hoog tijdens de eerste vijf klokpulsen, waardoor vijf pulsen IC1A kunnen passeren terwijl elke zesde puls wordt geblokkeerd. Net als in schakeling A is uitgang 6 verbonden met de reset en wanneer deze actief is, wordt de teller gereset en begint de cyclus opnieuw.

Opmerkingen

Als een frequentieteller wordt gebruikt om de uitgangsfrequentie te meten, kan de aflezing een ietwat instabiele 50 Hz vertonen als



Figuur 4. De timing van schakelingen A en B is hetzelfde.

de gate-tijd van de teller niet overeenkomt met een veelvoud van zes perioden van de netspanning. De voedingsstroom van de schakelingen bedraagt slechts een fractie van een milliampère. 

240266-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

> **Waveshare RGB Full-Color Multi-Feature Digital Clock for Raspberry Pi Pico (64x32)**
www.elektor.nl/20094

> **USB Logic Analyzer (8-ch, 24 MHz)**
www.elektor.nl/20531

WEB LINKS

[1] P. Hogenkamp, "LED-klok," Elektuur januari 1995: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-199501/38377>

[2] 4017-datasheet: <https://ti.com/product/CD4017B>

[3] Elektor-bouwpakket van de quasi-analoge LED-klok: <https://tinyurl.com/yjw3kzhd>

22 Digitale isolatoren

eenvoudige realisatie van galvanische isolatie

Timur Uludag en dr. Heinz Zenkner (Würth Elektronik eiSos)

In industriële omgevingen zijn er talloze gevallen waarin galvanische isolatie van componenten in schakelingen vereist is. Capacitieve digitale isolatoren vereenvoudigen de implementatie en brengen de gebruikerssignalen veilig en betrouwbaar over een isolatiebarrière. Het volgende voorbeeld laat zien hoe capacitieve digitale isolatoren gebruikt kunnen worden voor galvanische isolatie van externe industriële apparaten.

Storingsvrije datacommunicatie en persoonlijke veiligheid zijn twee grote uitdagingen voor elektronica in typische industriële omgevingen. Sterke elektromagnetische velden, overspanningen, kortstondige spanningen en hoge EMC-interferentie zijn aan de orde van de dag. Als de communicatiekabel bijvoorbeeld ongunstig dicht bij een besturingskabel van een frequentieomvormer wordt gelegd, worden de pulsen capacitief gekoppeld en oscilleren de signalen in de communicatiekabel met het puls-patroon van de frequentieomvormer. Deze interferentie kan snel een niveau bereiken waarop aanzienlijke storingen kunnen optreden en zelfs de veiligheid van mensen in gevaar kan worden gebracht. Wanneer bijvoorbeeld de temperatuur van een motor wordt gemeten met een thermokoppel, worden er spanningen gegenereerd in het millivoltbereik. Als deze spanningen nu over een kabellengte van enkele meters worden verzonden naar een centrale bestu-

ringseenheid die op een andere aardpotentiaal is aangesloten, wordt het meetsignaal gestoord door de potentiaalverschillen. Als de beschreven verschijnselen worden samengevat, moet er een oplossing worden gevonden voor de volgende vier aandachtspunten:

- Het realiseren van een veiligheidsbarrière tussen gevaarlijke spanningen en een gebruiker;
- Het voorkomen van aardlussen tussen scheiding van aardlussen tussen afzonderlijke schakelingen;
- Het minimaliseren van interferentie van de common mode storing;
- Het verkrijgen van storingsvrije dataoverdracht.

Figuur 1 geeft de situatie van een datatransmissiesysteem grafisch weer. Om te voldoen aan de vereisten om gevaarlijke spanningen af te schermen van de gebruiker

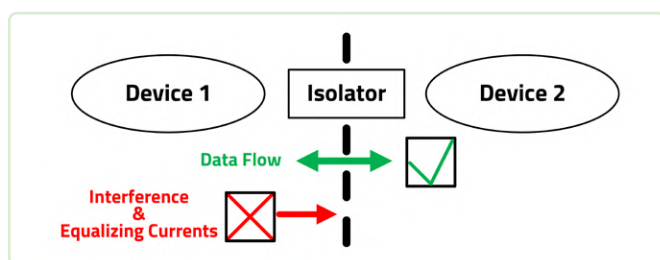
en toch een storingsvrije dataoverdracht te garanderen, moet galvanische isolatie worden geïmplementeerd om de zones elektrisch, dat wil zeggen met betrekking tot de potentiaal, te scheiden zodat ze afzonderlijk en dus zonder interferentie kunnen werken. De datastroom loopt over de isolator. Interferentie en stromen die de potentialen moeten aanpassen, worden echter voorkomen door de galvanische scheiding.

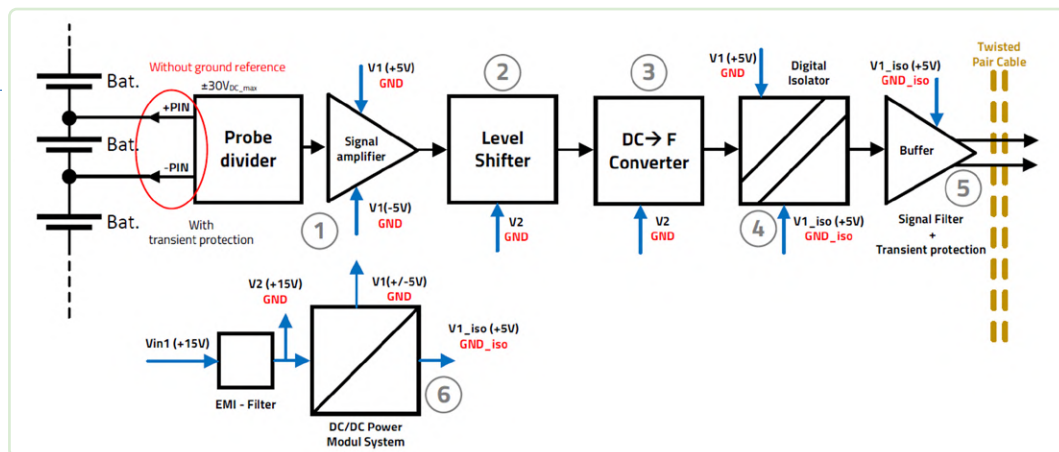
Geïsoleerde meting van een accuspanning

Decentrale registratie van fysieke parameters is de huidige stand van de techniek en krachtige microcontrollers maken het eenvoudiger om de data te verwerken. Het opnemen van de data op het object is echter vaak een uitdaging en draadloze overdracht van de data is vaak niet mogelijk. De data moeten zodanig op het object worden opgenomen dat de probe de te meten variabele niet beïnvloedt, anders treden er meetfouten op. Dit vereist elektrische ontkoppeling, die in de schakeling geïmplementeerd moet worden. Bovendien moet de dataoverdracht over kabel potentiaalvrij en symmetrisch zijn, zodat de overdracht niet wordt verstoord door elektromagnetische koppeling en aardlussen. In deze voorbeeld applicatie is het gebruik van microcontrollers bewust vermeden om aan te tonen dat een krachtig, storingsvrij ontwerp met weinig moeite kan worden geïmplementeerd met behulp van analoge schakelingstechniek.

Het ontwerp is verdeeld in twee schakelingen, een zender en een ontvanger. De transducer kan een gelijkspanning van maximaal ± 30 V registreren met een ververs periode van één seconde. Het stroomverbruik is geminimaliseerd tot < 85 mA voor de zender en < 25 mA voor de ontvanger bij een voedingsspanning van 15 V. Zowel de zender als de ontvanger zijn elektrisch geïsoleerd, de zender tussen de registratie van de gemeten data en de signaaltransmissieweg

Figuur 1. Basisconcept van een geïsoleerd systeem voor het scheiden van verschillende potentialen.





Figuur 2. Blokschema van de zender voor potentiaalvrije spanningsmeting.

en de ontvanger tussen de signaaltransmissieweg en de data-uitgang. Speciale DC/DC-voedingsmodules en digitale isolatoren met galvanische isolatie en bijzonder lage parasitaire koppelcapaciteit werden gebruikt om deze isolatie in de schakeling te bereiken. Het signaal wordt tussen de zender en de ontvanger verzonden via een tweedraadskabel. Afhankelijk van de elektromagnetische omgevingsinvloeden kan de afstand enkele honderden meters bedragen.

Zenderschakeling

Figuur 2 toont het blokschema van de zender. De schakeling is verdeeld in zes blokken:

- 1. Probe:** omvormer met spanningsdeeler en versterker voor het meten van spanningen met positieve en negatieve polariteit.
- 2. Level shifter:** niveau-aanpassing voor de spanning/frequentie-omvormer.

3. Spanning/frequentie-omvormer:

digitaal uitgangssignaal waarvan de frequentie afhankelijk is van de ingangsspanning.

4. Digitale isolator:

galvanische scheiding tussen meetpotentiala en interface.

5. Interface-buffer:

line-driver met lage impedantie en gebalanceerde uitgang.

6. Voeding:

DC/DC-omvormer, galvanisch gescheiden omvormers voor de probe.

Om de functionele betrouwbaarheid te garanderen, zijn er zowel aan de kant van de probe als aan de uitgang van de driver maatregelen getroffen voor bescherming tegen transiënten en zijn filters ingebouwd; er zijn ook laagdoorlaatfilters voor en na de DC/DC-voedingsmodules om RF-koppeling effectief te dempen.

Ontvangerschakeling

Figuur 3 toont het blokschema van de ontvanger. De schakeling is verdeeld in vijf blokken:

1. Ingangsbuffer:

signaalontvangst en -conditionering met symmetrische ingang. De link-indicator geeft aan of er een detecteerbare verbinding is met de zender.

2. Digitale isolator:

galvanische scheiding tussen ingangssignaal en secundaire signaalverwerking/uitgangsinterface. Ook is de spanning voor de buffer aan de ingangszijde galvanisch geïsoleerd.

3. Frequentie/spanning-omvormer:

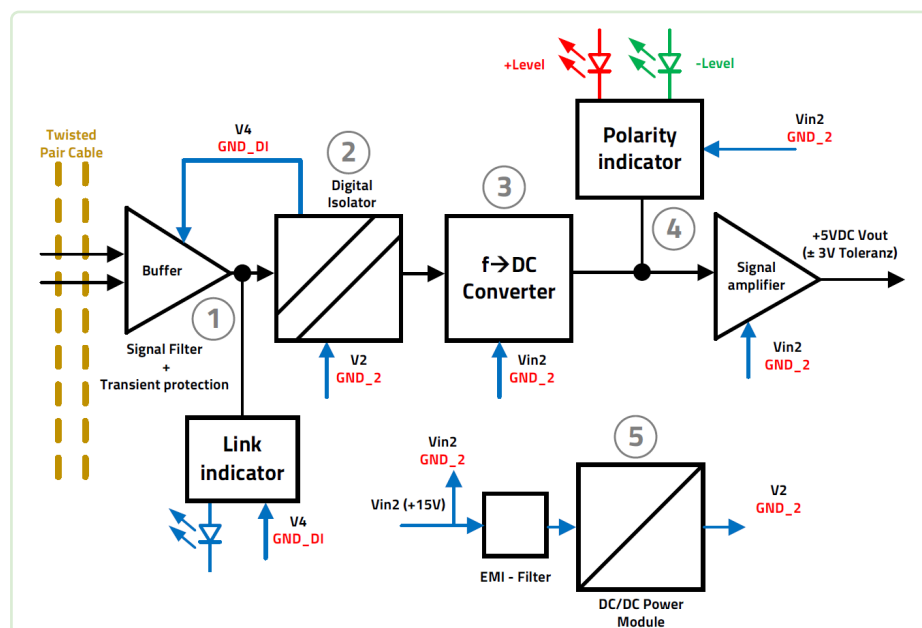
genereert een analoog uitgangssignaal uit een digitaal signaal. Het spanningsniveau hangt af van de frequentie van het ingangssignaal.

4. Interfacebuffer met polariteitsindicator:

niveauregelaar voor het uitgangssignaal. Het uitgangssignaal heeft een positieve polariteit; de polariteitsindicator geeft de polariteit van het ingangssignaal aan.

5. Voeding:

DC/DC-omzetter voor de secundaire voeding.



Figuur 3. Blokschema van de ontvanger voor potentiaalvrije spanningsmeting.

Er zijn ook talloze EMC-maatregelen getroffen in het ontvangergedeelte. De signaal-ingang die afkomstig is van de twisted-pair kabel is uitgerust met transientbeveiliging en een common mode-filter om interferentie afkomstig van de kabel effectief te dempen. De voedingen rond de DC/DC-converters zijn uitgerust met laagdoorlaatfilters aan zowel de ingangs- als de uitgangszijde om elektromagnetische interferentie van zowel buiten als binnen de schakeling, veroorzaakt door het schakelen van de DC/DC-converters, zoveel mogelijk te verminderen. Dit zorgt voor een hoge signaal/ruis-verhouding en een hoge mate van functionele betrouwbaarheid.

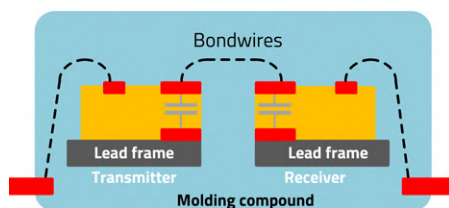
Capacitieve digitale isolatoren

De digitale isolator van Würth Elektronik [1] [2] bestaat uit een oscillator en een modulator aan de primaire zijde. Een demodulator en een signaalbuffer bevinden zich aan de

secundaire zijde. De componenten aan de primaire zijde zijn elektrisch geïsoleerd van de componenten aan de secundaire zijde door een capacitieve structuur met een isolatiebarrière van SiO_2 .

Het signaal wordt over de isolatiebarrière getransporteerd met behulp van een modulatieproces dat bekend staat als on/off-keying. De in de chip geïntegreerde oscillator wordt gebruikt om hetingangssignaal te moduleren, dat via een Schmitt-trigger is verbonden. De modulator genereert een differentieel signaal dat wordt verzonden via de capacitieve isolatielijnen.

Figuur 4 toont het blokschema van een capacitieve digitale isolator. De demodulator, aan de secundaire kant van de isolator, voert de functies van versterking, filtering en reconstructie van hetingangssignaal uit. De signaalvertraging en signaalvorming zijn minimaal. Tot slot leidt een buffer het signaal van de demodulatoruitgang naar de algemene uitgang,



Figuur 5. Basisstructuur van een digitale isolator van Würth Elektronik.

waarbij de buffer het signaal versterkt tot het vereiste niveau. **Figuur 5** illustreert de interne structuur.

Digitale isolatoren worden gefabriceerd met standaard CMOS-technologie en maken daarom gebruik van materialen en processen die bekend en bewezen zijn. De condensatoren aan de zender- en ontvangerskant zijn gemonteerd op een leadframe. De condensatoren zelf, die in figuur 5 in grijs worden weergegeven, bevinden zich tussen de twee horizontale contacten in rood. Het diëlektrische materiaal tussen de elektroden van de condensator dient als galvanische scheiding.

De isolatiedikte die met dit proces wordt bereikt, ligt in de orde van enkele tientallen micrometers. In digitale isolatoren wordt SiO_2 gebruikt als isolatiemateriaal in de condensator, omdat het door zijn veel hogere diëlektrische sterkte van $500\text{V}/\mu\text{m}$ de laag aanzienlijk minder dik is dan bij gebruik van ander materiaal. Andere veelgebruikte isolatiematerialen, zoals polyamide, hebben een diëlektrische sterkte van slechts $300\text{V}/\mu\text{m}$. De twee condensatoren zijn elektrisch verbonden met een bondingdraad zodat er twee condensatoren in serie staan, zoals te zien is in de blokschakeling in figuur 4. Om de hele structuur te beschermen, worden de matrix en het leadframe ingegoten met een standaard IC-assemblageproces.

Veiligheid en betrouwbaarheid

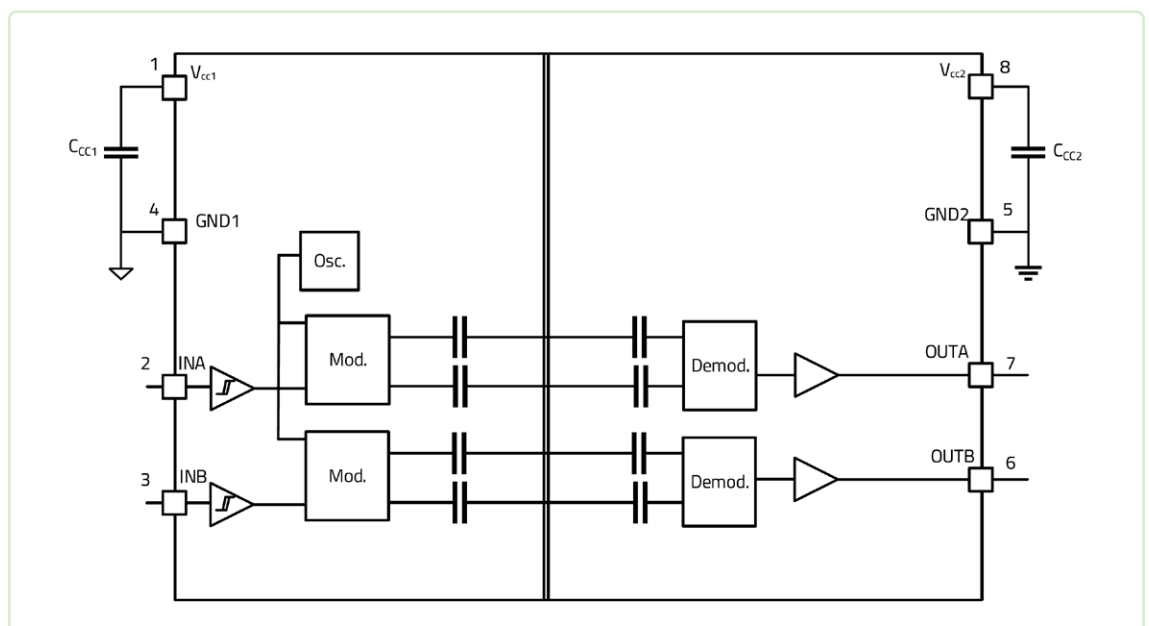
Digitale isolatoren zijn ontworpen om mensen in noodgevallen te beschermen tegen gevaarlijke spanningen. Daarom moeten ze voldoen aan de hoogste eisen op het gebied van veiligheid en duurzaamheid. De digitale isolatoren van de CDIP- en CDIS-serie van Würth Elektronik zijn gecertificeerd door de VDE in Duitsland volgens de nieuwste en meest veeleisende norm DIN EN IEC 60747-17 (VDE 0884-17):2021-10 "Magnetische en capacitieve koppelingen voor basisisolatie en versterkte isolatie" (**tabel 1**).

Maar wat betekenen de termen 'basic isolatie' en 'reinforced isolatie' eigenlijk voor de veiligheid van een persoon? De norm zelf geeft hier slechts een vrij abstracte definitie, zie DIN EN IEC 60747-17 (VDE 0884-17): 2021-10.

Wanneer gebruikt men dus basic of reinforced isolatie? Eenvoudigweg zijn de punten 'enkele foutconditie' en 'normale bedrijfsomstandigheden' hier belangrijk. Reinforced isolatie zorgt voor bescherming tegen elektrische schokken, zelfs bij een enkele fout bij normale werking. Basic isolatie is alleen effectief bij normaal bedrijf, dat wil zeggen zonder rekening te houden met een enkele fout. 

240341-03

Figuur 4. Blokschema van de digitale isolator CDIS 18012x15411x van Würth Elektronik.



Tabel 1. Norm IEC 60747-17 (VDE 0884-17).

Parameter	IEC 60747-17 (VDE 0884-17)	
	Basic isolatie	Reinforced isolatie
Behuizing	SOIC-8NB	SOIC-16WB
VIOSM - max. Overspanning Isolatie	5000 Vpk	7070 Vpk
Test	VTEST = 1,3 × VIOSM VTEST = 6,5 kV	VTEST = 1,6 × VIOSM VTEST = 11,3 kV
Foutenpercentage tijdens de levensduur	≤1000 ppm	≤1 ppm



Over Timur Uludag

Timur Uludag is afgestudeerd als mechatronicus aan de Regensburg University of Applied Sciences. Daarna werkte hij enkele jaren als hardware engineer op het gebied van schakelende voedingen en het ontwerpen van analoge schakelingen.

Sinds 2015 werkt Timur als Senior Technical Marketing Manager bij Würth Elektronik eiSos in de business unit Magl³C Power Modules. Daar is hij gespecialiseerd in de roadmap-planning en marktintroductie van nieuwe voedingsmodules.



Over Dr. Heinz Zenkner

Dr. Heinz Zenkner studeerde elektrotechniek met de nadruk op communicatie en radiofrequentietechnologie en is gepromoveerd. Hij is al vele jaren een door de overheid aangestelde en beëdigde expert voor EMC. Naast talrijke wetenschappelijke publicaties is hij een veelgevraagd auteur van vele werken over EMC. Heinz heeft ook gewerkt als docent aan verschillende universiteiten, bij de Kamer van Koophandel en Industrie en op talloze seminars. Hij is al vele jaren betrokken bij industriële elektronica, van het eerste idee van een product tot serieproductie. Hij is vooral geïnteresseerd in draadloze energietransmissie, waarvoor hij zijn eigen theoretische en praktische concepten heeft ontwikkeld.

WEBLINKS

- [1] Uludag, T., "Reliable Galvanic Isolation, Simplified," Power Electronics News, December 2023, p. 6ff:
<https://powerelectronicsnews.com/reliable-galvanic-isolation-simplified>
- [2] Digital Isolators WPME-CDIS from Würth Elektronik:
<https://we-online.com/en/components/products/DIGITAL-ISOLATORS-WPME-CDIS>



Vermoeidheidstester (voor redacteurs)

Het menselijk oog heeft een zekere 'ingebouwde' vertraging. Daarvan wordt dankbaar gebruik gemaakt voor films, TV's en TL-verlichting, omdat het oog boven een bepaalde herhalingsfrequentie geen afzonderlijke beelden of flitsen meer kan waarnemen. Interessant is dat de hoogste flitsfrequentie die iemand kan waarnemen negatief wordt beïnvloed door vermoeidheid en/of alcoholgebruik. Een kleine schakeling is alles wat nodig is om precies te bepalen hoe hoog deze frequentie is op elk moment van de dag of nacht.

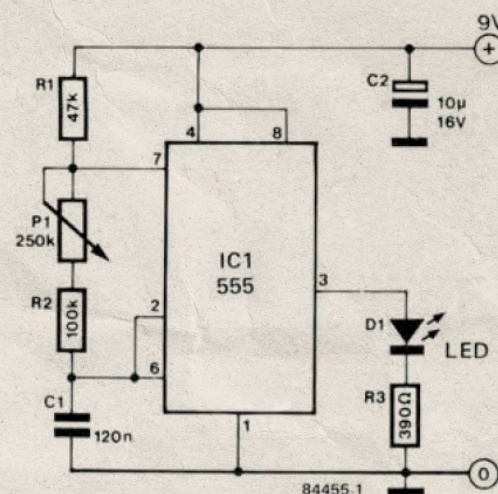
Zoals het schema bewijst, is de schakeling heel eenvoudig. Hij is gebaseerd op een 'gouwe ouwe', de 555-timer, hier geconfigureerd als astabiele multivibrator. De uitgang is verbonden met een

LED die knippert met een bepaalde frequentie. Deze frequentie kan worden gevarieerd tussen 20 Hz en 50 Hz met potentiometer P1. De hoogste frequentie die de meeste mensen kunnen waarnemen ligt tussen de 30 en 40 flitsen per seconde, maar een test die op een maandagochtend werd uitgevoerd bij leden van de Elektor-redactie leverde een verbazingwekkend aantal verbaasde blikken op, vergezeld van de vraag "Welke LED?".

Gezien de aard van de schakeling is het niet verwonderlijk dat de stroomopname niet meer dan ongeveer 25 mA bedraagt, dus een 9V-batterij volstaat.

Elektor juli/augustus 1984

vertaling: Willem den Hollander — 240360-03



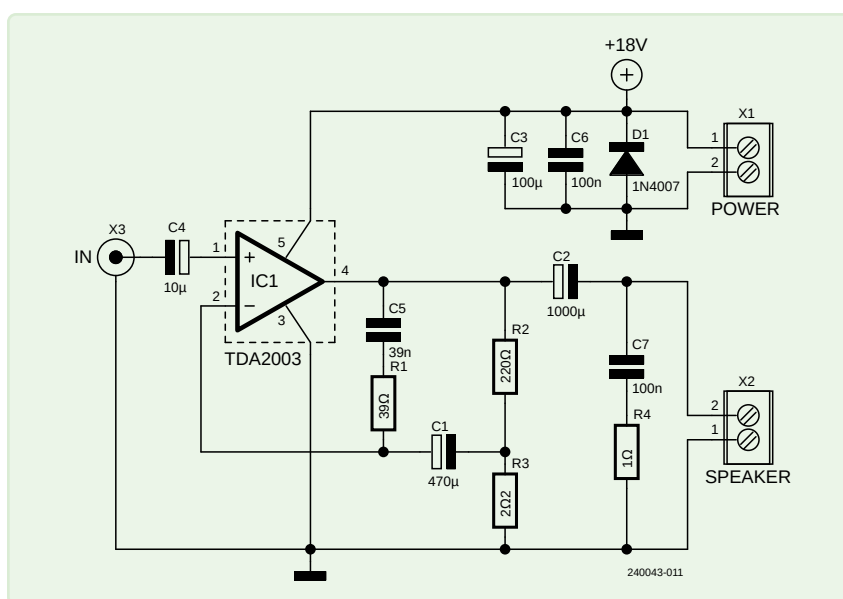
23 Compacte 12W-hifi-monoversterker

klein maar krachtig

Giuseppe La Rosa (Italië)

Hebt u een krachtige versterker nodig, maar hebt u niet veel ruimte om hem in te bouwen? Dit kleine maar fijne ontwerp kan een vermogen tot 12 W leveren in belastingen van $1,6\ \Omega$ tot $32\ \Omega$, en dat bij hifi-kwaliteit.

Hier is een klassieke IC-audioversterker die u zal verrassen met zijn uitstekende prijs/prestatie-verhouding en de 'ongekleurde' sound die hij produceert – eigenschappen die doorgaans worden geassocieerd met veel complexere en duurdere hifi-ontwerpen. Hij kan een uitstekende oplossing vormen voor het versterken van willekeurig welke audiosignaalbron – PC's, MP3-spelers, smartphones of wat dan ook. De gebruikte luidspreker (of luidsprekersysteem) moet geschikt zijn voor het vermogen dat de versterker levert. Als een relatief laag vermogen voldoende is, volstaat een kleine $8\ \Omega$ -luidspreker van 2...5 W met een diameter van 10...15 cm, terwijl u voor grotere vermogens een $4\ \Omega$ -luidspreker nodig hebt met een vermogen van minstens 10...15 W die bovendien groter en robuuster is. Bij maximaal vermogen, waarvoor een 18V-voeding nodig is, is de vervorming met ongeveer 0,15% nog steeds minimaal. Gezien de bescheiden afmetingen van de print inclusief koellichaam zal het gebruik van twee modules voor een stereoversie nog steeds in een compact ontwerp resulteren.

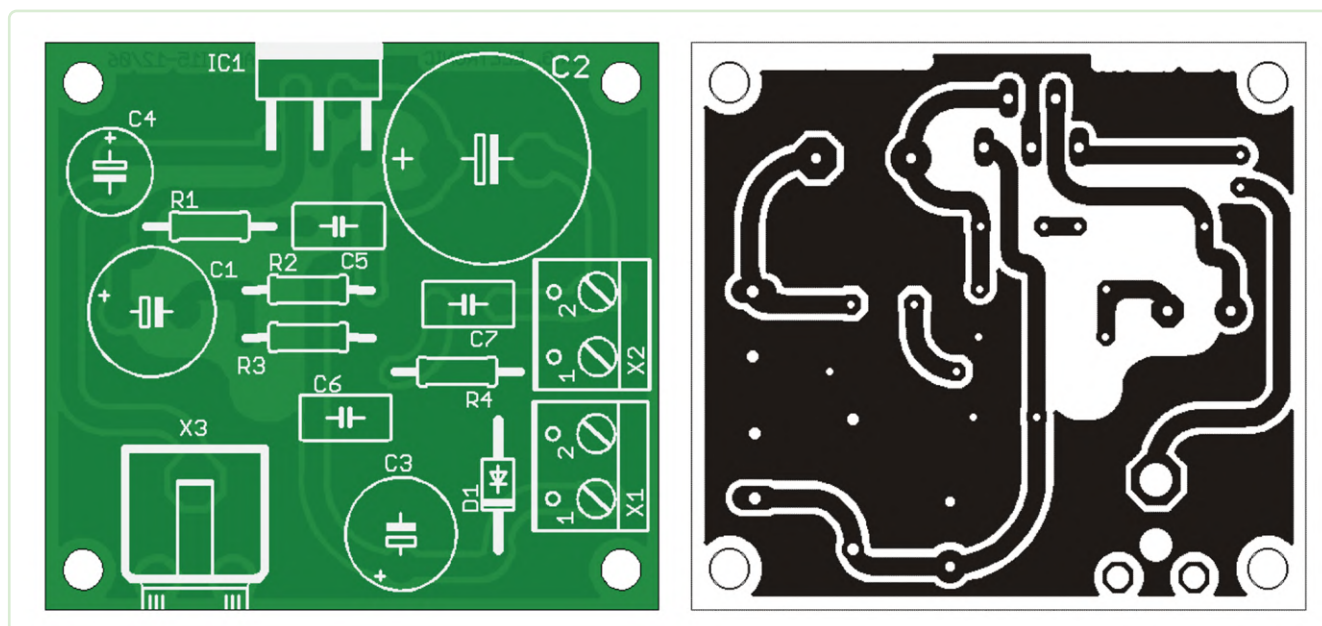


Figuur 1. Schema van de audioversterker.

De schakeling

Het hart van het ontwerp is de TDA2003 [1] van STMicroelectronics (zie **figuur 1**). De prestaties zijn verbeterd ten opzichte van zijn voorganger, de TDA2002, maar het IC heeft dezelfde pinning en heeft alle positieve eigenschappen behouden: zeer weinig externe componenten, gebruiksvriendelijk, een kleinere footprint en kostenbesparingen bij de realisatie. Het IC biedt een hoge uitgangsstroom tot 3,5 A bij een uiterst geringe harmonische vervorming. Een absoluut veilige werking wordt gegarandeerd door de DC-ingangsbeveiliging tot 28 V en de ingebouwde kortsluitbeveiliging aan de uitgang, evenals de kortsluitbeveiliging van elke pin van het IC naar massa. Bovendien is het thermisch bereik uitgebreid, zoals u in de datasheet [1] kunt lezen.

In elektrisch opzicht is de schakeling niet kritisch. Diode D1 beschermt tegen onbedoelde ompoling van de voedingsspanning, terwijl C3 en C6 eventuele ruis op de voedingsspanning wegfilteren. Het terugkoppelnetwerk gevormd door C5, R1, C1, R2 en R3 is speciaal ontworpen met het oog op de hoogste audiokwaliteit, en het filter bestaande uit C7 en R4 dempt eigenresonanties ten gevolge van de inductieve belasting van de luidspreker, die vaak optreden in slecht ontworpen versterkers. Als deze oscillaties aanhouden, kan IC1 binnen enkele minuten 'knock-out' gaan door oververhitting. Vanwege de enkelzijdige voeding ontkoppelt condensator C2 gelijkspanningen aan de uitgang (pin 4 van het IC) – ongeveer de helft van de voedingsspanning. Na deze beschrijving van het schema, kunnen we gaan bouwen!



Figuur 2. Layout van de print: componentenzijde links en soldeerzijde rechts.

De bouw

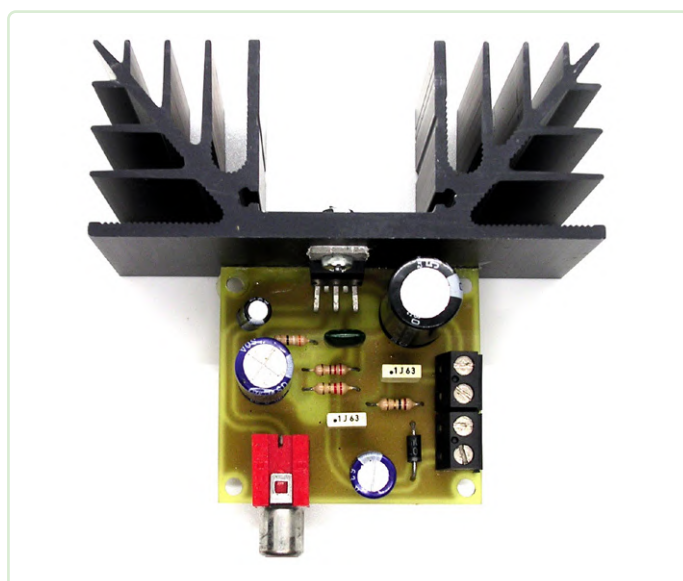
We beginnen met het volbouwen van de print, wat niet moeilijk is. De print is enkelzijdig en wordt bestukt aan de hand van de componentenopstelling links in **figuur 2**. De tekening op de componentenopdruk maakt het gemakkelijk om de te plaatsen onderdelen te identificeren en vooral om de gepolariseerde componenten in de juiste stand te monteren. Het ontwerp van beide zijden van de print kan worden gedownload van [2].

De constructie is geen probleem, zelfs niet voor mensen die geen elektronica-ervaring hebben, omdat uitsluitend traditionele through-hole componenten gebruikt zijn. Het gebruik van een soldeerbout met laag vermogen (30...40 W) met een fijne punt en kwaliteitssoldeer met een dikte van 0,7 tot 1 mm wordt aanbevolen. Het voltooide prototype is te zien in **figuur 3**. Het koellichaam is belangrijk in dit ontwerp. Er is gekozen voor een redelijk efficiënt model van 88×40×35 mm

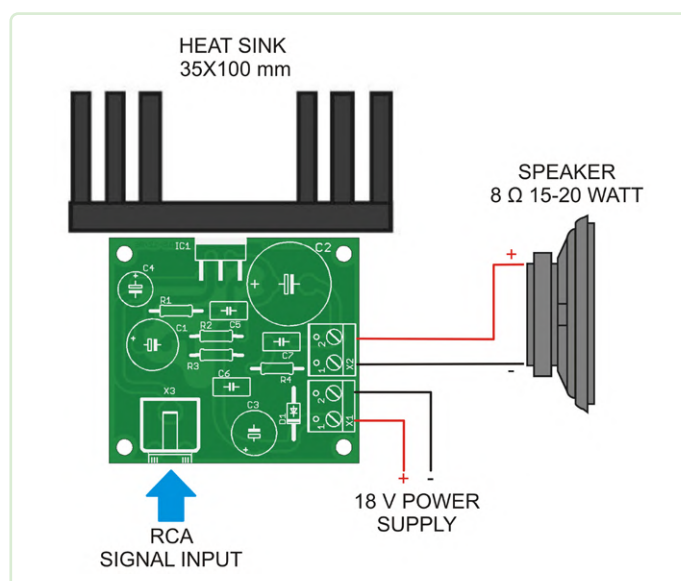
met een warmte-dissipatie van ongeveer 4,5 K/W. Daarmee kan de versterker continu worden gebruikt zonder dat het IC aan zijn thermische grenzen komt.

Testen

Als de print is volgebouwd, kunnen we gaan testen. **Figuur 4** toont de vereiste bedrading. We gebruiken een DC-voeding – die mag zelfs ongestabiliseerd zijn – met een maximale uitgangsspanning van 18 V en een maximale



Figuur 3. Bovenkant van het opgebouwde prototype.



Figuur 4. De eenvoudige bedrading van deze versterker.



stroom tot 3 A. Op de ingang kunnen we een audiosignaalgenerator of een willekeurige muziekbron aansluiten. Als u een oscilloscoop bezit, is het aan te raden om voor de eerste tests een niet-inductieve belastingsweerstand van 4...8 Ω aan te sluiten op de uitgang en de golfvorm te controleren in het volledige nominale vermogensbereik van de versterker. Dit kan zeer verhelderend zijn, vooral als deze tests worden uitgevoerd bij maximaal vermogen. Het aansluiten op een luidspreker is om voor de hand liggende redenen niet aan te raden.

Vervolgens kunnen echte luistertests en evaluaties uit te voeren door een luidspreker met geschikte impedantie aan te sluiten op de versterker. 

240043-03

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 of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

Over de auteur

Giuseppe La Rosa was al op jonge leeftijd gefascineerd door elektriciteit. Hij studeerde in 2002 af met een graad in Elektronica en Telecommunicatie aan het I.T.I.S. "G. Ferraris" in Acireale, Sicilië. Later bestudeerde hij microcontrollersystemen, met name PIC microcontrollers en het open-source platform Arduino UNO. In de loop der jaren heeft hij verschillende prototypes ontworpen, veel waarvan zijn gepubliceerd in elektronicijdschriften. Momenteel houdt hij zich bezig met beveiligingssystemen (videobewaking en anti-inbraakalarmen) en software voor verkooppunten.



Gerelateerd product

➤ **FNIRSI 1014D (2-in-1) 2-ch Oscilloscope (100 MHz) & Signal Generator**
www.elektor.nl/20639



Component List

Weerstanden (0,25W):

R1 = 39 Ω
R2 = 220 Ω
R3 = 2,2 Ω
R4 = 1 Ω

Condensatoren:

C1 = 470 μ /35 V elco
C2 = 1000 μ /35 V elco
C3 = 100 μ /35 V elco
C4 = 10 μ /35 V elco
C5 = 39 n/63 V polyester
C6, C7 = 100 n/63 V polyester

Halfgeleiders:

D1 = 1N4007
IC1 = TDA2003

Diversen:

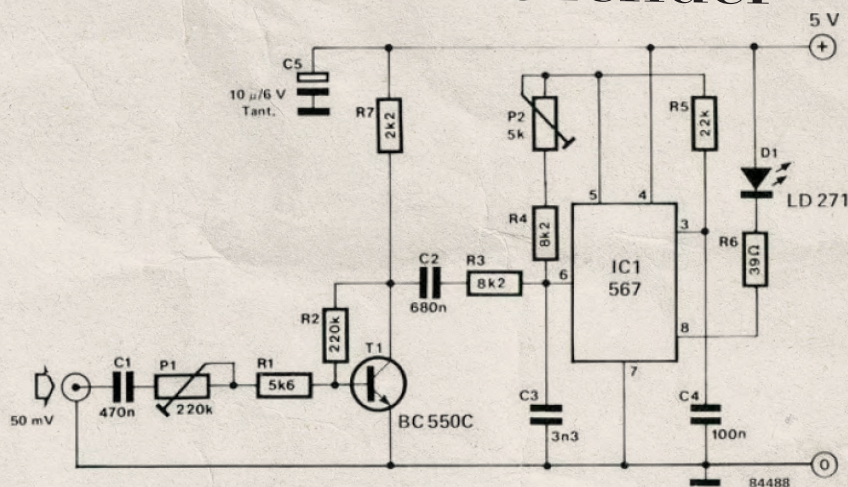
X1, X2 = 2-polige printkroonsteen
X3 = RCA cinch-connector, mono, voor printmontage
koellichaam 88x40x35 mm, 4,5 K/W

WEBLINKS

[1] ST TDA2003-datasheet: <https://st.com/resource/en/datasheet/dm00028077.pdf>

[2] Download layout-bestanden: <https://elektormagazine.nl/240043-03>

Infrarood-audiozender



Deze zender maakt gebruik van pulsbreedtemodulatie (PWM) dat, hoewel ongeschikt voor kritische hifi-toepassingen, een redelijke kwaliteit biedt en een acceptabel bereik heeft. Zoals

het Elektor betaamt, is de schakeling rond het LM567 toondecoder-IC ietwat ongebruikelijk, maar de interne VCO en schakeltrap van de chip zorgen samen voor een veel betere

lineariteit dan zou kunnen worden bereikt met bijvoorbeeld een eenvoudige schakeling op basis van een 555 timer-IC.

Het audiosignaal (minstens 50 mV_{pp}) wordt versterkt door transistor T1 en vervolgens gebruikt om IC1 te moduleren. Pin 6 van de 567 is de triggeringang zodat het audiosignaal wordt gesuperponeerd op een HF (ongeveer 50 kHz) driehoeksignaal. Hierdoor wordt de blokgolf aan de uitgang pulsbreedte-gemoduleerd. De rest van het IC wordt gebruikt als buffer zodat het IC de infrarood-LED D1 rechtstreeks kan aansturen (bij een piekstroom van minstens 100 mA) zonder dat er externe componenten nodig zijn. De zendfrequentie kan worden ingesteld tussen ongeveer 25 en 40 kHz met behulp van P2.

Elektor juli/augustus 1984

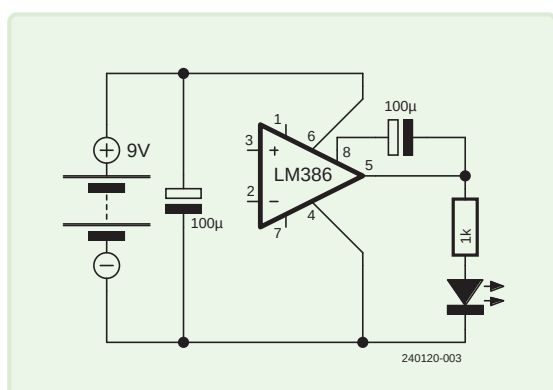
vertaling: Willem den Hollander — 240361-03



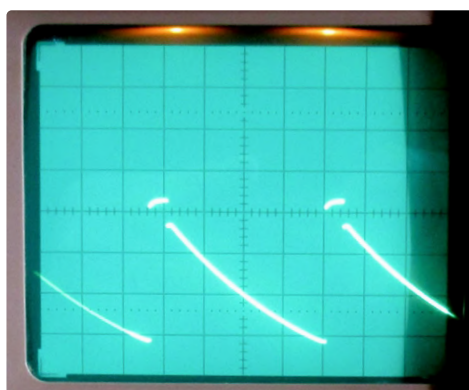
24 Zaagtandgenerator met LM386

Burkhard Kainka (Duitsland)

Dacht u dat audioversterker-IC's alleen voor audio gebruikt kunnen worden? Verkeerd gedacht – hier presenteren we een eenvoudige zaagtandgenerator met een gewone LM386 van Texas Instruments!



Figuur 1. Een eenvoudige zaagtandgenerator – waarbij de gebruikelijke opamp-ingangen niet worden gebruikt.

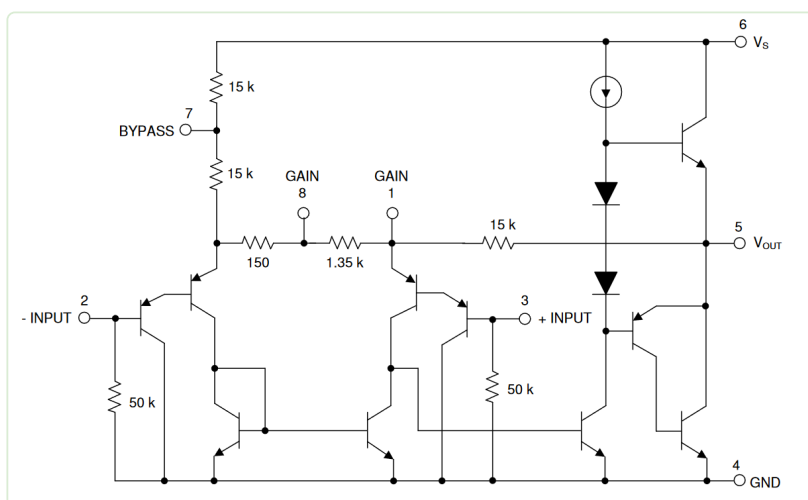


Figuur 2. De zaagtand-golfvorm op het scherm van een oscilloscoop.

Ik ontdekte de schakeling van **figuur 1** min of meer toevallig. Hier dient de LM386-luidsprekerversterker als een zaagtandgenerator die een vrij hoog uitgangsvermogen levert. De terugkoppeling via een condensator gaat niet naar een van de gebruikelijke ingangen – pinnen 2 of 3 – maar naar pin 8, die normaal wordt gebruikt voor de instelling van de versterking. Aan de uitgang worden bijna lineair dalende zaagtanden geproduceerd. Met een waarde van 100 µF zien we een zich steeds herhalende langzame afname van de LED-helderheid (**figuur 2**). We krijgen een vergelijkbaar gedrag wanneer de terugkoppelcondensator wordt aangesloten op pin 3, de niet-inverterende ingang van de versterker. Het is duidelijk dat de boel gaat oscilleren. Maar de zaagtand duidt op een integrator met negatieve in plaats van positieve terugkoppeling. In feite wordt de functie van de niet-inverterende ingang omgekeerd als het signaal ver in het negatieve bereik wordt gestuurd. Hij wordt dan een inverterende ingang.

Het inwendige schema van de LM386 (zie **figuur 3**) verklaart het gedrag: pin 8 is vooral gekoppeld met de emitter van de linker darlingtontransistor. In plaats van een inverterende ingang is dit eigenlijk een niet-inverterende ingang, die niettemin als zodanig reageert op een te hoog niveau met een omgekeerde functie als gevolg.

240120-03



Figuur 3. Het interne schema van de LM386 (bron: Texas Instruments).

Vragen of opmerkingen?

Hebt u vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via b.kainka@t-online.de of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

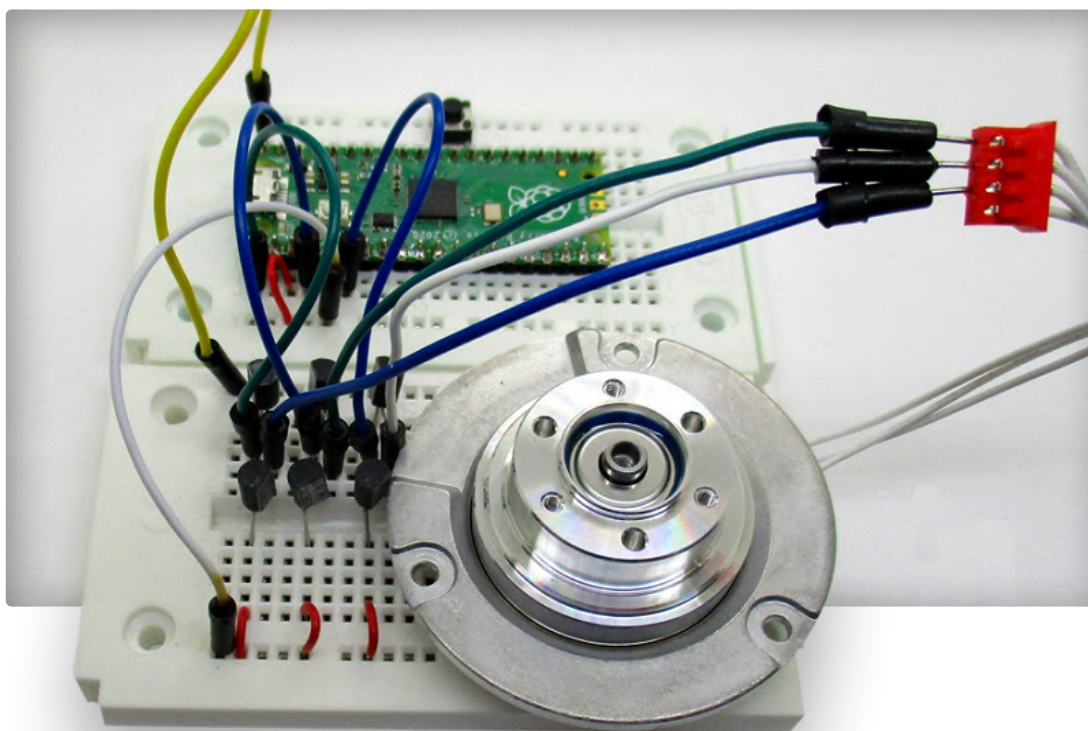
WEBLINKS

[1] Webpagina bij dit artikel: <http://www.elektormagazine.nl/240120-03>

25

Driefasen-generator

met Raspberry Pi Pico



Burkhard Kainka (Duitsland)

Bij het demonteren van een oude harde schijf had de auteur opeens een driefasen-motor in handen. Deze was extreem goed gelagerd en draaide soepel. Dit bracht hem op het idee om hem in beweging te zetten met een driefase-generator.

Omdat het een synchroommotor betreft, moet hij langzaam worden gestart. Waarom bouwen we zelf geen kleine driefasen-generator? Een Raspberry Pi Pico, die kan worden geprogrammeerd met Micro-Python, is ideaal. Met PWM kunnen drie signalen met verschillende fase worden gegenereerd.

De schakeling van de simpele motordriver is getekend in **figuur 1**. Deze bestaat uit drie complementaire emittervolgers, vergelijkbaar

met die in push-pull eindversterkers. Hier worden ze rechtstreeks aangestuurd door de PWM-signalen. De zelfinductie van de motorspoelen zorgt voor een zekere mate van afvlakking. Een nadeel is het spanningsverlies van ongeveer 0,7 V per transistor. Een PWM-signaal van 3,3 Vpp wordt zo 1,9 Vpp aan de uitgang. De motorspoelen hebben ongeveer 6 Ω , dus er kan een maximale stroom van 300 mA lopen, wat de transistors nog net kunnen verdragen.

Software

De software van **listing 1** kan worden gedownload van [1]. De sinustabel die hier wordt gebruikt, bevat 16 waarden voor één volledige periode, zodat de laatste vier bits van de adrespointer kunnen worden geïsoleerd met **& 15**. De continu gegenereerde spanningswaarden moeten met drie gelijke intervallen naar de drie PWM-uitgangen worden gestuurd, zodat faseverschillen van 120° worden bereikt. Omdat 16 echter niet door 3 gedeeld kan worden, worden de posities 0, 5 en 10 gebruikt (zie **figuur 2**). De kleine onnauwkeurigheid in de faseverschillen heeft geen negatieve invloed op de motor.



Listing 1. MicroPython-code.

```
#DDS4.py Motortreiber
from machine import Pin, Timer, PWM
import time

pwm0 = PWM(Pin(0))
pwm0.freq(5000)
pwm1 = PWM(Pin(2))
pwm1.freq(5000)
pwm2 = PWM(Pin(4))
pwm2.freq(5000)

tim = Timer()
x = [128,176,217,245,254,245,217,176,128,80,39,11,2,11,38,80,128]
t=0
def tick(timer):
    global t
    global f
    t += f
    t1 = int(t / 100) & 15
    t2 = (t1 + 5) & 15
    t3 = (t1 + 10) & 15
    pwm0.duty_u16(256*x[t1])
    pwm1.duty_u16(256*x[t2])
    pwm2.duty_u16(256*x[t3])

tim.init(freq=1600, mode=Timer.PERIODIC, callback=tick)

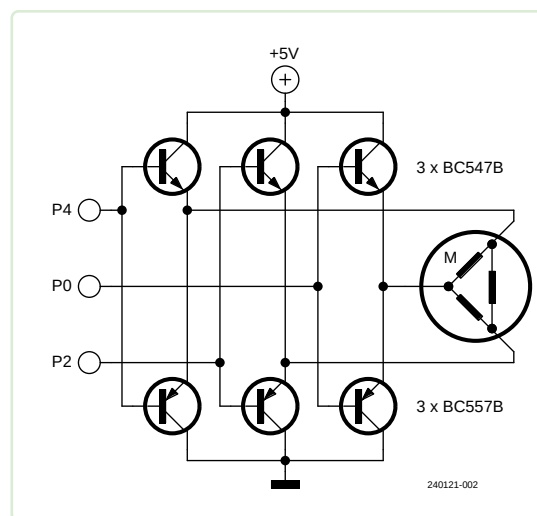
for f in range(31):
    time.sleep(0.2)
    print(f, " Hz")
while 1:
    time.sleep (1)
```

In de lus neemt de frequentie toe van 0 Hz tot 30 Hz. Bij 1 Hz beweegt de motor nog zichtbaar schokkerig, maar vanaf 5 Hz loopt hij al soepel. De maximaal haalbare frequentie is 40 Hz, want dan bereikt de inductiespanning een niveau dat vergelijkbaar is met de opgewekte spanning. Voor hogere draaisnelheden zou een hogere spanning moeten worden geleverd. ◀

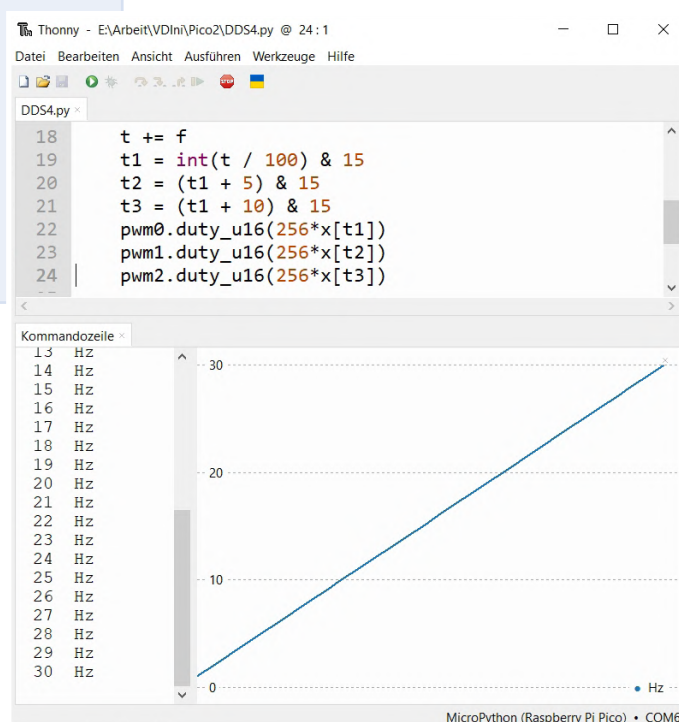
240121-03

Questions or Comments?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via b.kainka@t-online.de of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Figuur 1. De schakeling wordt aangestuurd door drie pinnen van de Pico.



Figuur 2. Voor testdoeleinden wordt de frequentie opgevoerd van 0 Hz tot 30 Hz.

WEBLINK

[1] Webpagina bij dit artikel: <https://www.elektormagazine.nl/240121-03>

26 Deuropener VOOR muzikaal getalenteerden



Bron: Adobe Stock

Jörg Trautmann (Duitsland)

Weer eens uw sleutel vergeten? Met deze deuropener hebt u slechts wat gevoel voor muziek nodig om binnen te komen. Dit innovatieve deurslot wordt geopend met een paar toontjes in C. Maximaal vijf noten, gezongen, gefloten (of instrumentaal) kunnen het slot openen. Het systeem herkent melodieën die tot vier octaven mogen omvatten, van 131 Hz tot 1976 Hz, waardoor het bruikbaar is voor verschillende stemmen en instrumenten.

Het hart van de schakeling wordt gevormd door een Arduino Nano, die op zijn beurt gebruik maakt van deze modules en onderdelen:

- TC1604A-05 LCD-module van Tinsharp
- Iduino ST1146-module om geluiden op te nemen
- Joy-IT COM-KY019RM-relais om de elektrische deuropener aan te sturen
- groene, rode en witte knop voor programmeren
- 100n-condensator
- 470Ω-weerstand
- 10k-weerstand
- 1k-instelpotmeter
- 1N4001-diode

Het schema in **figuur 1** toont hoe ik het geheel opgebouwd heb. De Arduino bestuurt de opener en is met een 8bit-bus verbonden met de LCD-module via D5...D12. Pin D13 stuurt de relaismodule aan, en analoge ingang A0 is verbonden met de microfoonmodule. Een belangrijke factor blijkt de voeding. Tests laten zien dat de USB-poorten van veel notebooks een redelijk schone 5V-spanning leveren en daarom goed bruikbaar zijn voor dit project. Als het apparaat daarentegen gevoed

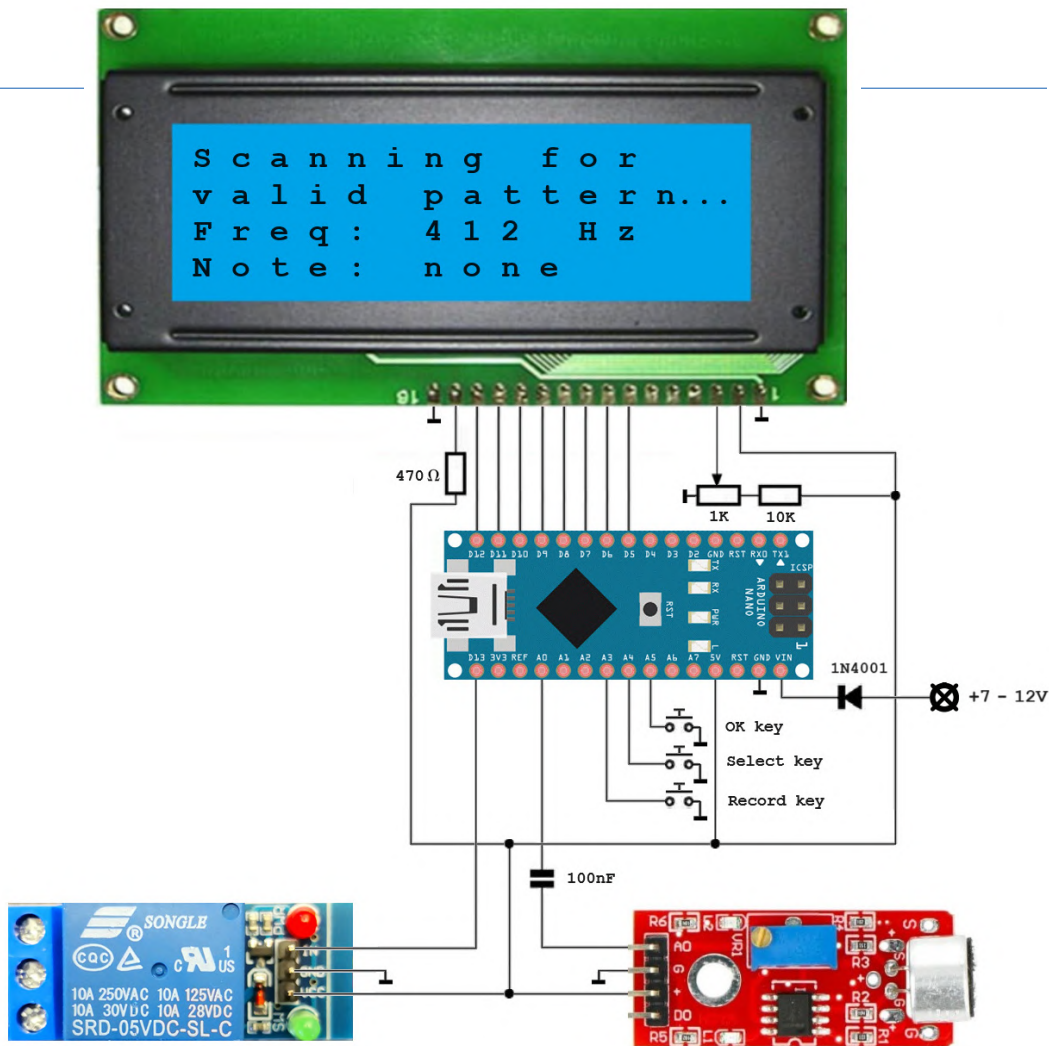
wordt met een standaard USB-lader, zorgt de slecht afgevlakte gelijkspanning die deze levert voor allerlei storingen waardoor het systeem niet meer betrouwbaar werkt. Daarom raden we dringend aan om voor deze toepassing een voeding van goede kwaliteit te gebruiken.

Bepaling van de frequentie

De Arduino-sketch is beschikbaar op de Elektor Labs-pagina [1] bij dit project. Het laagfrequent audiosignaal wordt aangeboden aan een van de analoge ingangen van de Arduino. Als eerste moet de frequentie van het signaal bepaald worden. Hiervoor wordt het beproefde FFT-algoritme (snelle Fourier-transformatie) gebruikt. U hoeft zich geen zorgen te maken over het moeizaam programmeren van de benodigde functies: de ArduinoFFT-bibliotheek heeft ze allemaal in de aanbieding.

Er waren wel de nodige experimenten nodig om uit te zoeken welke vensterfunctie het best gebruikt kan worden om de frequentie te bepalen. De Hamming- en Hann-vensterfuncties kwamen in aanmerking, want beide hebben een sinusvorm. Beide leveren dan ook een brede piek in het resultaat met weinig secundaire pieken. Het Hann-venster nadert naar nul aan beide einden, waardoor geen discontinuïteiten optreden. Bij het toepassen van een Hamming-venster wordt de nul niet helemaal bereikt, waardoor kleine discontinuïteiten merkbaar blijven in het resultaat. Dit maakt dat Hamming de eerste zij-lobben beter onderdrukt dan Hann, maar minder goed is in het onderdrukken van alle anderen. Uiteindelijk bleek, na uitgebreide tests, bleek dat het Hann-venster het best geschikt is voor mijn toepassing.

De maximaal te meten frequentie is 1976 Hz en dit vraagt een bemonsteringsfrequentie van 4096 Hz met als resultaat een theoretisch maximaal te meten frequentie van 2048 Hz. Om een goede nauwkeurigheid bij de frequentiebepaling te bereiken heb ik experimenteel een correctiefactor bepaald en deze in de berekening toegepast. Dit is te zien in **listing 1**.



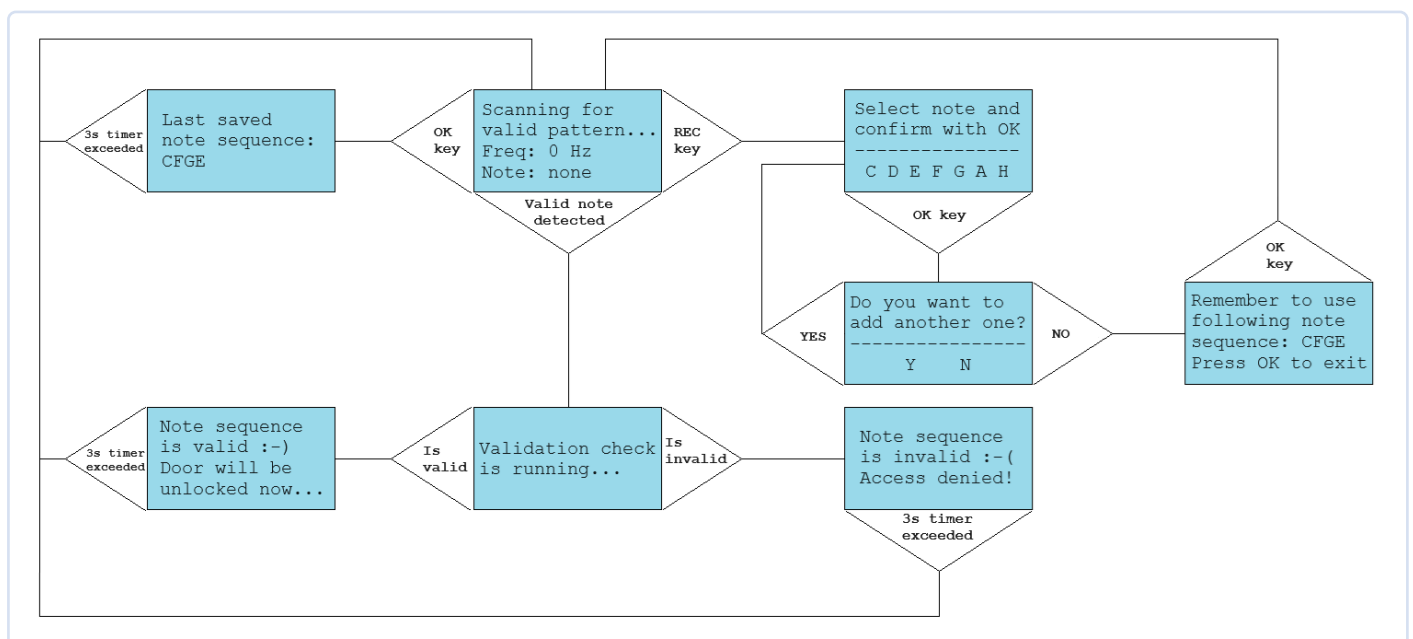
Figuur 1.
Bedradingsschema.

Menustructuur

We hebben ook een intuïtieve menustructuur nodig voor de bediening van de deuropener. Na diverse pogingen kwam ik tot het resultaat dat te zien is in **figuur 2**.

Als het startscherm te zien is, wordt continu de ingang gescand en wordt de momenteel gedetecteerde frequentie getoond met, indien van toepassing, de bijbehorende noot in C. Om de kans op succes te vergroten wordt

Figuur 2. Stroomdiagram van het programma.



een afwijking van ± 9 Hz geaccepteerd. Als de eerste noot van een opgeslagen reeks succesvol herkend wordt schakelt het programma in de validatiemodus en gaat het de complete reeks controleren. Elke noot moet minimaal 2 seconden aangehouden worden voordat de volgende herkend kan worden. Als de hele reeks met succes herkend is, wordt een bevestiging op het scherm getoond, wordt het relais geactiveerd via een digitale uitgang van de Arduino, en zal de aangesloten elektrische deuropener het slot gedurende ongeveer 3 seconden ontgrendelen. Als de validatie van de reeks mislukt, wordt de foutieve toon weergegeven waarna het systeem (na ongeveer 3 seconden) terugkeert naar het startscherm. Om de reeks noten in te stellen moet als eerste de rode **Record**-knop ingedrukt worden. In het volgende scherm kan een noot gekozen worden met de witte **Select**-knop. Deze keuze wordt bevestigd door op de groene **OK**-knop te drukken. Dan volgt een scherm waarin gevraagd wordt of nog een noot toegevoegd moet worden aan de reeks. Met **Select** kan 'Y' of 'N' gekozen worden waarna met **OK** ook deze keuze bevestigd wordt en het volgende scherm getoond wordt. Na vijf noten is de maximale lengte van de reeks bereikt en wordt het startscherm getoond. Als u de opgeslagen reeks niet meer weet, wordt deze na een druk op de **OK**-knop gedurende 3 seconden getoond. Omdat de reeks ook na een stroomonderbreking behouden moet blijven, wordt deze opgeslagen in EEPROM.

Setup en startup

De pinnen van de Arduino Nano zijn zodanig gekozen dat deze 1:1 passen op de LCD-module. Omdat er verder maar een paar externe onderdelen aangesloten hoeven te worden, heb ik geen print gebruikt maar is het geheel 'zwevend' bedraad. De instelpotmeter op de microfoon-module moet zo worden afgeregeld dat maar één LED oplicht.

Als u goed kunt zingen kunt u nu de C-toonladder testen. Als een noot herkend wordt zal deze getoond worden, samen met de bijbehorende frequentie. Uiteraard is het mogelijk om een toongenerator te gebruiken om de gewenste reeks noten te genereren en op te slaan, bijvoorbeeld op een smartphone, waarmee ze later ook weer afgespeeld kunnen worden. Maar bij het afspelen hangt het sterk af van het volume en van de kwaliteit van de luidspreker van de telefoon of een reeks herkend

wordt. Bij zelf zingen is het volume geen probleem en werkt de herkenning van de noten erg betrouwbaar. Een opmerking over de gebruikte LCD-module: in plaats van de TC1604A-05, kan ook een ander type gebruikt worden, maar dan moet deze regel in de code aangepast worden als het aantal karakters per regel verschilt:

```
lcd.begin(16, 4);  
// Initialize LCD with 16 columns and 4 rows
```

Feestje?

Het muzikale slot is ook bruikbaar om de stemming op een feestje te verhogen. Iedereen demonstreert zijn zangkunsten in een poging het betoverde slot te kraken. Als dat lukt klinkt er bijvoorbeeld een sirene. Ter demonstratie van de werking heb ik een korte video gemaakt die te zien is op [2].

vertaling: Adrie Kooijman — 240066-03

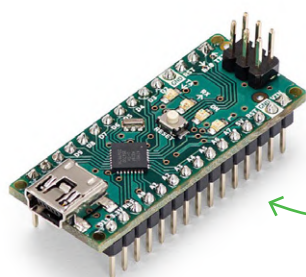
Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via joerg.trautmann@gmx.de of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Over de auteur

Jörg Trautmann is heel zijn leven lang gefascineerd door elektronica en begon zijn ontdekkingsreis in de vroege jaren '80 met een Texas Instruments TI-99/4A. Na enkele tientallen jaren gewerkt te hebben als hardware-ontwikkelaar en later als software-ontwikkelaar bij OpenText, ging hij in 2023 met pensioen. Tegenwoordig deelt Trautmann zijn passie met leerlingen op lagere scholen door hen te leren solderen en elektronische schakelingen te bouwen. Zijn carrière bestrijkt de evolutie van de elektronica, van buizentechniek tot de meest geavanceerde moderne technologie, en blijft nieuwe generaties inspireren.



Gerelateerd product

> **Arduino Nano**
www.elektor.nl/17002



Listing 1. Codefragment.

```
// Create Fast Fourier Transformation object
arduinoFFT FFT = arduinoFFT();
// Sampling period
int samplingPeriod = 0;

...

// Count of samples
const int SAMPLES = 128;
// Sampling frequency - frequencies up to 2048 Hz can be handled
const int SAMPLING_FREQUENCY = 4096;
// Correction factor to be used for frequency calculation
const double FREQUENCY_CORRECTION_FACTOR = 0.033;
// Frequency measurement starts at 100 Hz
const int MIN_FREQUENCY = 100;

...

int getInputFrequency() {
    double vReal[SAMPLES]; // Vector for real values
    double vImag[SAMPLES]; // Vector for imaginary values

    // Cycle through the number of samples
    for(int i = 0; i < SAMPLES; i++)
    {
        // Current microseconds value
        long microSeconds = micros();
        // Save microphone input value
        vReal[i] = analogRead(ANALOG_INPUT);
        vImag[i] = 0; // Save static imaginary value
        while(micros() < (microSeconds + samplingPeriod)) {
            // Wait until time for next sample is reached
        }
    }

    // Execute Fast Fourier Transform calculations on samples
    FFT.Windowing(vReal, SAMPLES, FFT_WIN_TYP_HANN, FFT_FORWARD);
    FFT.Compute(vReal, vImag, SAMPLES, FFT_FORWARD);
    FFT.ComplexToMagnitude(vReal, vImag, SAMPLES);
    double peakFrequency =
        FFT.MajorPeak(vReal, SAMPLES, SAMPLING_FREQUENCY);
    double correctedFrequency =
        peakFrequency - peakFrequency * FREQUENCY_CORRECTION_FACTOR;

    // Convert value to integer value
    return correctedFrequency < MIN_FREQUENCY ?
        0 : round(correctedFrequency);
}
```

WEBLINKS

- [1] Broncode op de Elektor Labs-pagina:
<https://elektormagazine.com/labs/door-opener-for-musical-talents>
- [2] Demovideo van dit project: <https://youtu.be/il9sYQETmpw>



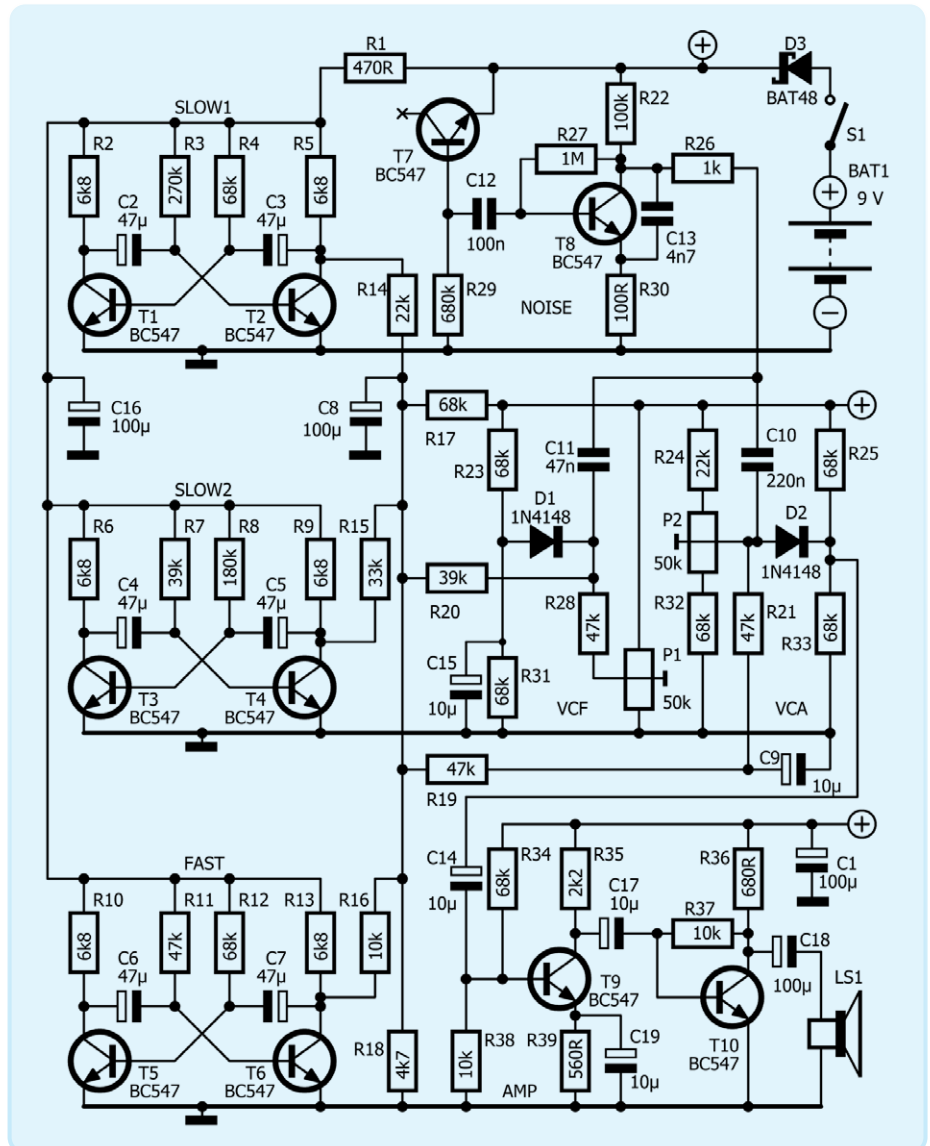
27

Elektor-klassieker: Surf Synthesizer

zeewatersportachtergrondgeluidgenerator
(zwsaggg)

Clemens Valens (Elektor)

In de loop der jaren heeft Elektor veel ontwerpen voor zeegeluidgeneratoren gepubliceerd, van eenvoudige ruisgeneratoren tot complexere schakelingen met bedieningsmogelijkheden voor de gebruiker. De generator die in dit artikel wordt gepresenteerd is waarschijnlijk de meest complexe, maar het geluid is zeer realistisch.



Figuur 1. Bijna elke waarde uit de E12-weerstandsreeks komt in de schakeling voor. De drie LFO's (astabiele multivibratoren) staan links, de VCF en VCA worden gevormd door diodes D1 en D2.

De Surf Synthesizer die hier wordt gepresenteerd imiteert op overtuigende wijze het geluid van brekende golven. De schakeling, oorspronkelijk gepubliceerd in 1972 in het februari-nummer van het Amerikaanse tijdschrift *Popular Electronics*, werd afgedrukt in de Halfgeleidergids van Elektuur van dat jaar als een van een reeks van vijf schakelingen gewijd aan de Olympische Zomerspelen die toen werden gehouden in München, Duitsland. In de Nederlandse editie [1] werd de schakeling 'zwsaggg' genoemd, wat min of meer klinkt als het geluid van de branding. De Duitse titel was 'Mwsh3g' [2]. De branding klinkt uitsluitend zo aan Duitse stranden.

De Surf Synthesizer is waarschijnlijk de meest gecompliceerde zee-geluidgenerator die ooit is ontwikkeld. Hij kan worden beschouwd als een echte analoge muzieksynthesizer, omdat het het paradigma volgt van spanningsgestuurde subtractieve geluidssynthese, gepopulariseerd door Robert Moog en zijn vrienden (herinnert u zich de Elektuur Formant?). Toegegeven, hij heeft geen VCO (spanningsgestuurde oscillator), maar dat komt omdat hij een ruisgenerator als geluidsbron heeft. Hij heeft wel een VCF (spanningsgestuurd filter), een VCA (spanningsgestuurde versterker) en drie LFO's (laagfrequente oscillatoren).

Het schema

Het schema van de Surf Synthesizer is getekend in **figuur 1**. Transistor T7, aangesloten in sperrichting aangesloten met open collector, dient als ruisgenerator. T8 versterkt het zwakke signaal en stuurt het naar de VCF en VCA.

Drie astabiele multivibratoren (T1&T2, T3&T4, T5&T6) produceren drie periodieke signalen, elk met een andere frequentie en duty cycle. Ze worden bij elkaar opgeteld (R14, R15&R16) en afgevlakt (C8) om een langzaam pseudowillekeurig variërende spanning over R18 te creëren. Dit signaal moduleert de VCF en VCA. Het stuursignaal wordt nog wat meer afgevlakt door de VCA (C9) zodat de versterker achterloopt op het filter, wat het realisme ten goede komt.

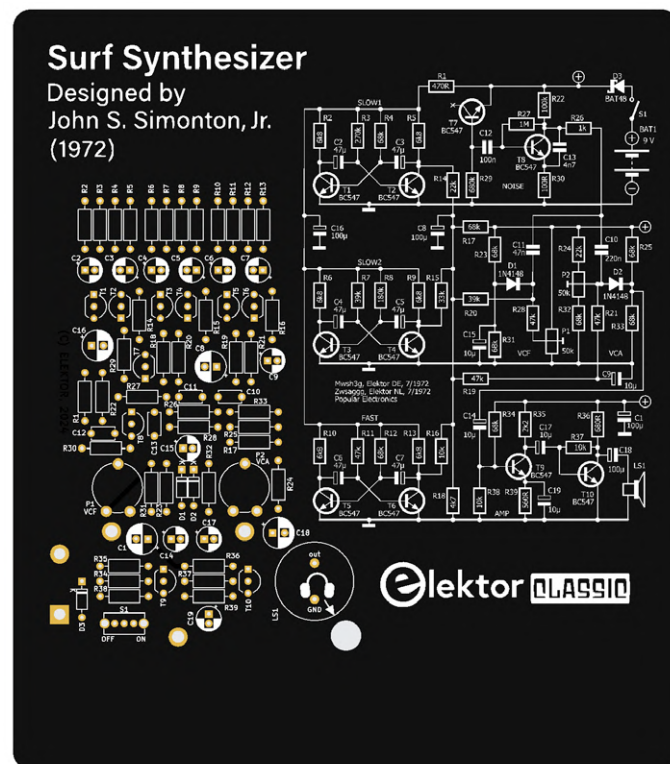
Spanningsgestuurde diodes

De door de VCF gefilterde ruis wordt gemengd met het ongefilterde signaal en naar de ingang van de VCA gevoerd. Zowel de VCF (D1) als de VCA (D2) gebruiken de stroomafhankelijke weerstand van een siliciumdiode om de spanning te regelen. Het regelniveau kan worden ingesteld met P1 en P2.

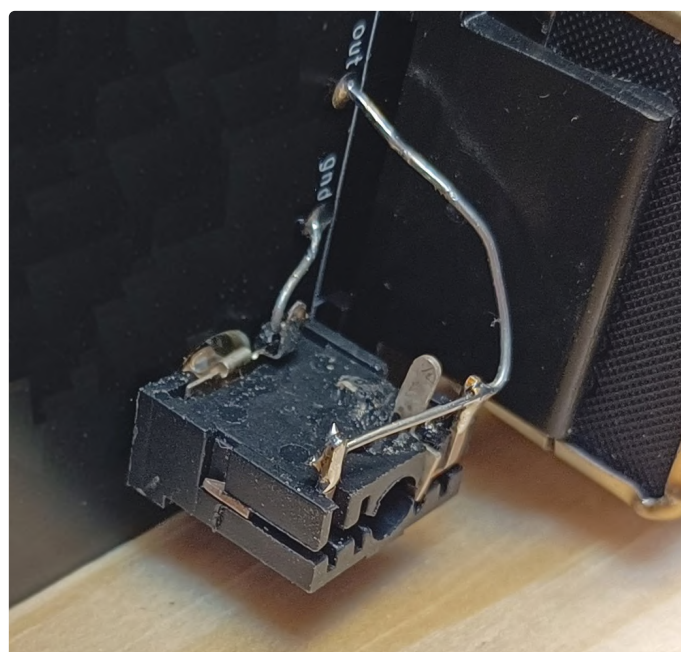
De uitgang van de VCA wordt versterkt door T9 en T10 en stuurt een kleine luidspreker of hoofdtelefoon aan.

Bouw van de Surf Synthesizer

Het in elkaar zetten van de schakeling is eenvoudig als u de print gebruikt die we er vers voor hebben ontworpen (**figuur 2**). De enige 'regel' die u in gedachten moet houden is dat u 'van klein naar groot' werkt: begin met de diodes, dan de weerstanden en bewaar de elektrolytische condensatoren voor het laatst. Het als allerlaatste te monteren onderdeel is de batterijhouder die aan de achterkant van de print komt. Het is aan te raden deze met ten minste één schroef en moer te bevestigen; dat maakt het eenvoudiger de batterij te verwijderen. Merk op dat er een gat voorzien is voor de montage van een 3,5mm-hoofdtelefoonaansluiting voor paneelmontage in plaats van een luidspreker. Sluit deze met twee draden aan op de audio-uitgang aan de achterkant van de print – **figuur 3**.



Figuur 2. Er werd een stijlvolle print ontworpen ter ere van de Surf Synthesizer.



Figuur 3. Ook een manier om een 3,5mm-connector voor een hoofdtelefoon aan te sluiten. U kunt dat waarschijnlijk beter.

Voor de voeding wordt een 9V-batterij gebruikt. Deze 'hoge' spanning is nodig voor de ruisgenerator: deze werkt niet op een lagere spanning.

Afregelen

Het instellen van de schakeling gaat gemakkelijk en snel – het is een kwestie van smaak. Sluit een luidspreker of koptelefoon aan en draai P1 en P2 op maximaal. U zou continu ongemoduleerde ruis moeten horen. Draai P1 (VCF) terug tot u tevreden bent met het golfeffect. Pas dan P2 (VCA) aan om het realisme te verbeteren. Het kan zijn dat u een beetje met beide trimmers moet spelen om het geluid te krijgen dat u het beste bevalt. ◀

240095-03



Onderdelenlijst

Weerstanden (5%, 0,25 W):

R30 = 100 Ω
R1 = 470 Ω
R39 = 560 Ω
R36 = 680 Ω
R26 = 1 k Ω
R35 = 2k Ω
R18 = 4k Ω
R2,R5,R6,R9,R10,R13 = 6k Ω
R16,R37,R38 = 10 k Ω
R14,R24 = 22 k Ω
R15 = 33 k Ω
R7,R20 = 39 k Ω
R11,R19,R21,R28 = 47 k Ω
R4,R12,R17,R23,R25,R31,R32,R33,R34 = 68 k Ω
R22 = 100 k Ω
R8 = 180 k Ω
R3 = 270 k Ω
R29 = 680 k Ω
R27 = 1 M Ω
P1,P2 = 50 k instelpotmeter

Condensatoren:

C13 = 4nF
C11 = 47 nF
C12 = 100 nF
C10 = 220 nF
C9,C14,C15,C17,C19 = 10 μ /16 V, steek 2 mm
C2,C3,C4,C5,C6,C7 = 47 μ /16 V, steek 2 mm
C1,C8,C16,C18 = 100 μ /16 V, steek 2,5 mm

Halfgeleiders:

D1,D2 = 1N4148
D3 = BAT48
T1...T10 = BC547C

Diversen:

BAT1 = PP3-houder voor 9V-batterij
K1 = luidspreker 8 Ω , 200 mW
S1 = schuifschakelaar



Gerelateerde producten

- > **Elektor Surf Synthesizer Kit**
www.elektor.nl/20896
- > **Elektor Funny Bird Kit**
www.elektor.nl/20523
- > **Elektor One-Armed Bandit Kit**
www.elektor.nl/20516



WEBLINKS

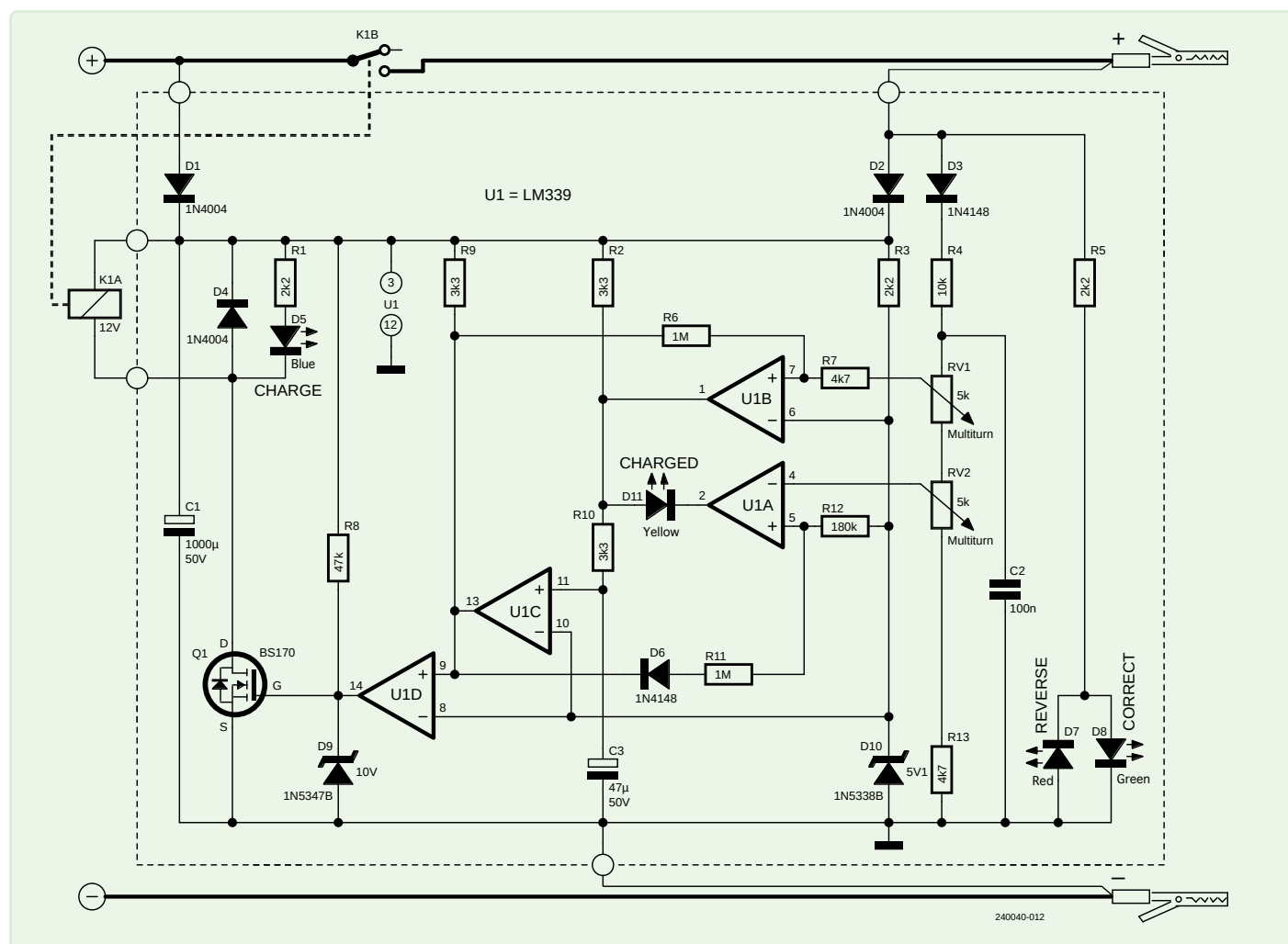
- [1] "Zeewatersportachtergrondgeluidgenerator (zwsaggg)",
Elektuur juli/augustus 1972:
<https://elektormagazine.nl/magazine/elektor-197207>
- [2] "Mwsh3g (Meereswassersporthintergrundgeräuschgenerator)",
Elektor juli/augustus 1972:
<https://elektormagazine.de/magazine/elektor-197207/55057>
- [3] J. S. Simonton, Jr., "Build the Surf Synthesizer," Popular
Electronics, February 1972, p45:
<https://tinyurl.com/popelec7202>

28 Poets uw acculader op (2)

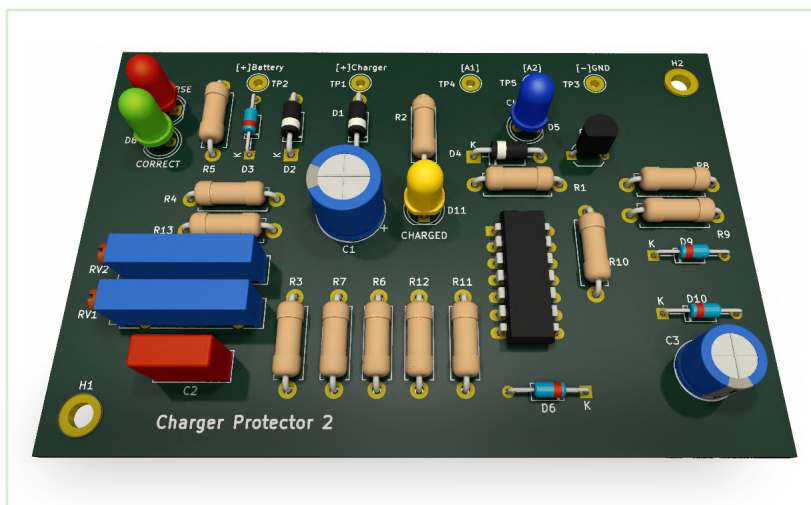
niet weggooien maar ombouwen!

Roberto Armani (Elektor) en Walter Ribbert (Italië)

In de vorige aflevering hebben we beschreven hoe een acculader werkt en hoe we die kunnen beschermen. In dit tweede deel laten we zien hoe een effectieve eindspanningsdetectie kunnen toevoegen. En we presenteren zowel een analoge versie als een digitale versie voor de mensen die per se willen programmeren!



Figuur 1. Schema van de analoge regelschakeling.



Figuur 2. 3D-weergave van de bestukte print voor het project.

Hoewel de bescherming die we hebben toegevoegd de veiligheid van de acculader heeft verbeterd, is die nog niet voldoende om de goede gezondheid van de accu te garanderen. Daarom hebben we nog twee ontwerpen ontwikkeld.

Tweede oplossing: bescherming met eindspanningsdetectie

Dit tweede, volledig analoge, ontwerp biedt dezelfde bescherming als het eerste ontwerp uit het vorige artikel, maar voegt een eindspanningsdetectie toe die het laadproces stopt wanneer de doelspanning is bereikt. Zoals u kunt zien in het schema van **figuur 1**, wordt het relais hier aangestuurd met een MOSFET van het type BS170 in plaats van met een SCR.

Via diode D1 wordt de schakeling gevoed door de acculader, en D2 voedt hem vanuit de accu. D2 en D3 beschermen de elektronica tegen verkeerde poling van de accu. LED's D7 en D8 (optioneel) geven aan of de klemmen correct zijn aangesloten. Het hart van de schakeling bestaat uit de schakeling rondom U1, een LM339 quad opamp van Texas Instruments [1] met open collector-uitgangen, en relais K1, dat wordt aangestuurd door MOSFET BS170 (Q1).

De accuspanning komt via signaaldiode D3 (1N4148) bij de ohmse spanningsdeler gevormd door R4, RV1, RV2 en R13. Comparatoren U1A en U1B vergelijken de referentiespanning van zenerdiode D10 (5,1 V) met de drempels die zijn ingesteld met de meerslagen-instelpotmeters RV1 en RV2; beide comparatoren werken als Schmitt-trigger. U1B heeft met R6 en R7 een hysteresis van ongeveer 0,2 V; hij stuurt relais K1 aan en schakelt D5 (blauw) in wanneer de spanning de met RV1 ingestelde drempelspanning (>7,5 V) overschrijdt, bijvoorbeeld bij 10 V, en schakelt uit onder 9,8 V.

U1A heeft met D6, R11 en R12 een hysteresis van ongeveer 1,8 V. Hij schakelt relais K1 en D5 uit en schakelt D11 (geel) in wanneer de spanning groter wordt dan ingesteld met RV2 (>13 V), bijvoorbeeld bij 14,4 V. U1A schakelt K1 weer in als de spanning zakt tot ongeveer 12,6 V.

U1D zorgt voor ont koppeling van de aansturing van Q1, en U1C sluit de hysteresis-lussen met zijn niet-inverterende input pen 11, vertraagd door het RC-netwerk R10 en C3.

De automatische drempels maken het mogelijk de lader op de accu aangesloten te laten in buffermodus; het laadproces wordt gestopt voordat het tot gasontwikkeling (bij ongeveer 14,5 V) komt. Dit beschermt gesloten accu's, waar geen vloeistof kan worden bijgevoerd.

Ook bij dit ontwerp gaat het relais open als de accuklemmen worden losgenomen bij ingeschakelde lader, al gaat dat op een andere manier dan bij het vorige ontwerp. Als we de accu loskoppelen, stijgt de pulserende spanning van de lader tot de maximale waarde, waardoor de hoge drempel van de comparatoren wordt overschreden en het relais wordt uitgeschakeld; de spanning daalt daardoor, zodat dan de lagere drempel wordt geactiveerd. Het RC-filter, dat bestaat uit C3, R2, en R10, voorkomt heractiveren van het relais tijdens deze overgang.

Ook deze schakeling werkt zowel met een enkelzijdige als een dubbelzijdige gelijkrichter, en ook nu is het belangrijk geen elco's te plaatsen voor of achter de beschermings-schakeling. Het schema in figuur 1 laat ook zien hoe we dit ontwerp kunnen integreren in de bestaande acculader. In **figuur 2** ziet u een 3D-weergave van de opgebouwde print.

Afregelen

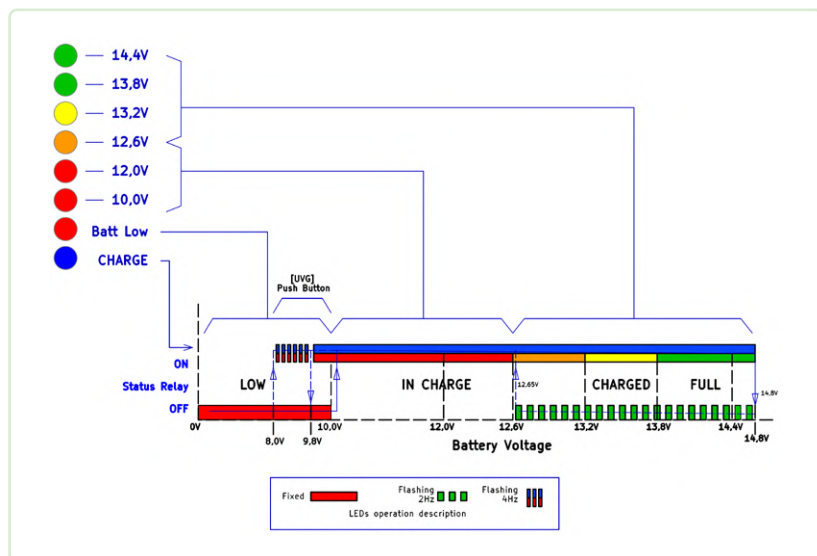
Het afregelen van de drempelspanningen gaat als volgt:

- draai de lopers van trimmer RV1 en RV2 in de richting van R13;
- sluit tussen TP2 [+] en TP3 [-] een regelbare voeding aan en stel die in op de gewenste laadspanning (bijvoorbeeld 10 V);
- verdraai RV1 totdat LED D5 oplicht en relais K1 aantrekt;
- verhoog nu de spanning tot de gewenste eindwaarde (bijvoorbeeld 14,8 V);
- verdraai RV2 totdat LED D5 uit gaat, LED D11 oplicht en relais K1 afvalt.

De derde, microcontrollerbestuurde 'luxe'-versie

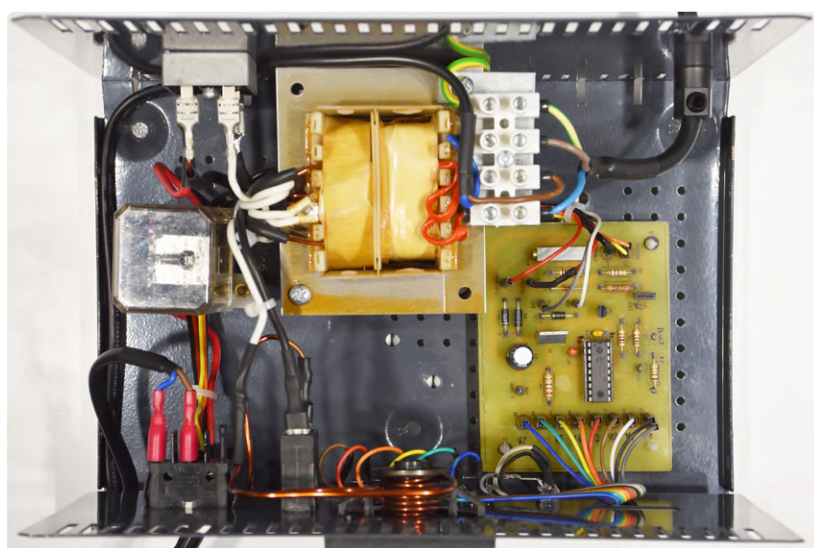
De derde, meest geavanceerde, schakeling heeft dezelfde functionaliteit als de tweede, maar met vaste drempelwaarden. Hij is opgebouwd rondom een microcontroller,





Figuur 5. Schematische werking van de besturingslogica. Tijdens de eerste laadcyclus branden de spannings-LED's 10...14,4 V continu en geven het ladingsniveau weer. Na het bereiken van de maximale spanning van 14,8 V gaan ze knipperen, om aan te geven dat de accu vol is en het apparaat in druppellaadmodus werkt.

Figuur 6. Eindelijk: dat ziet er netjes uit! De besturingsprint en het relais hebben een plaatsje gevonden. Bovendien is aarding toegevoegd.



bereikt, wordt niet alleen het relais geactiveerd, maar knipperen ook de LED's *Charge* en *Low Batt* met een frequentie van ca. 4 Hz, om aan te geven dat dit een tijdelijke toestand is. Indrukken van de knop heeft geen effect als de spanning lager is dan 8 V of hoger dan 10 V. De meetingang van de schakeling is alleen aangesloten via de kelvin-link, met een lange draad naar de [+] van de accu. Daardoor kan hij storingen oppikken, die worden kortgesloten door C4.

Deze schakeling, waarbij de inschakeltijd wordt geregeld door software, is toleranter voor de aanwezigheid van condensatoren voor of na van het relaiscontact. Maar omdat die condensatoren geen enkel nut hebben, is het beter ze niet te plaatsen, maar gewoon het schema in figuur 3 te volgen voor de integratie van de schakeling in de lader.

Kalibratie

Hoewel de drempelspanningen vastliggen, moet rekening gehouden worden met de toleranties van de componenten, daarom is een kalibratie nodig. Die bestaat uit het instellen van de referentiespanning van de ADC, die gelijk is aan de VDD van de voeding van de microcontroller, op de maximaal meetbare accuspanning (volle schaal), op 15,00 V. Alle drempelspanningen worden daarvan afgeleid. U doet dit door de loper van trimmer RV1 helemaal in de richting van R4 te draaien, de schakeling tussen TP2 [+] Battery en TP5 [-] GND te voeden met 15,00 V, RV1 in te stellen en tegelijk met een DVM 0,00 V te meten tussen TP3 [VDD] en TP4 [Vin]. Dit compenseert automatisch een eventueel verschil in de theoretische uitgangsspanning van 5 V van de spanningsregelaar en de tolerantie van de weerstandswaarden in de ingangsspanningsdeler.

Ondanks de kalibratie blijft er één onzekere factor over: de spanningsval over diode D3 (1N4148). We hebben aangenomen dat die typisch ongeveer 0,6 V is. Om de bitwaarde die bij een 10bit-ADC overeenkomt met de verwachte drempelspanning te bepalen, wordt de volgende formule gebruikt:

$$bit(value) = \left(\frac{(V_{threshold} - V_{D3})}{(15V - V_{D3})} * 1023 \right)$$

De volle-schaal-spanning is $15V - V_{D3}$ (0,6 V voor 1N4148). Bijvoorbeeld:

$$bit(value) = \left(\frac{(10V - 0,6V)}{(15V - 0,6V)} * 1023 \right) = 667bit$$

Integratie in de acculader

Zoals we al hebben gezien in het vorige artikel, was de ruimte in het apparaat niet slim gebruikt, waardoor modificaties niet zonder meer mogelijk waren. Daarom (zie **figuur 6**) is de transformator verplaatst naar een betere plaats, de verbindingen naar de 6 V/12 V-schakelaar zijn verwijderd, zodat de verbinding naar de middenaftakking van de voedingstransformator ook kan vervallen. Het originele netsnoer is vervangen door een standaard drieadrige kabel, en er is een aardverbinding gemaakt met het chassis.

Daarna zijn gaten geboord voor de LED's en zijn bijpassende labels op de frontplaat aangebracht. De originele 6 V/12 V-schakelaar heeft een nuttiger functie gekregen als AAN/UIT-schakelaar. Het relais is dicht bij de brugge-lijkrichter geplaatst. De besturingsprint is zo geplaatst dat de verbindingen naar de (vele) LED's er zo netjes mogelijk uit zien. In **figuur 7** ziet u de gemodificeerde lader aan het werk. De dunne rode en zwarte spannings-meetdraden naar de accuklemmen zijn verbonden met de juiste ingangen op de microcontrollerprint.

Voordat u gaat laden...



Let op: bedenk dat een lood/zuur-accu een hoogst explosief mengsel van waterstof en zuurstof produceert tijdens het laden. Daarom moet u zich houden aan de veiligheidsregels en altijd werken in een goed geventileerde omgeving. Vóór het aansluiten van de klemmen moet u controleren of uw garage (of werkplaats) aan deze voorwaarden voldoet. Als u niet op de hoogte bent van de eigenschappen van het elektrische systeem van uw auto of motorfiets, kunt u het beste alleen offline laden (dat wil zeggen: ontkoppel de batterij voordat u gaat laden). ◀

vertaling: Evelien Snel — 240040-B-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

- > Owon HDS242 2-ch Oscilloscope (40 MHz) + Multimeter
www.elektor.nl/20415
- > Microchip MPLAB PICKIT 5 in-circuit debugger/programmer
www.elektor.nl/20665



Over Walter Ribbert

Walter Ribbert is geboren in Turijn in 1957, studeerde elektromechanica en industriële elektronica en begon op zijn 17de als leerling te werken. Hij is nu gepensioneerd na een 43-jarige loopbaan als elektrisch en elektronisch ontwerper voor een groot bedrijf in de industriële automatisering en robotica; hij is nooit opgehouden met leren. Nu hij meer vrije tijd heeft, is hij weer wat wiskunde en natuurkunde gaan studeren (op zijn gemak) en gaat hij met kinderlijk plezier door met het 'spelen' met elektromechanische en elektronische apparaten. Echte passie houdt nooit op!



Over Roberto Armani

Roberto Armani is elektronisch ingenieur. Na zijn studies bij Politecnico di Milano heeft hij meer dan 35 jaar ervaring opgedaan in diverse sectoren. Voordat hij zich aansloot bij het Elektor-team als Senior Editor, heeft hij gewerkt in de computerindustrie, elektronische beeldverwerking, telecommunicatie, materiaal-testapparatuur en web-publishing. Naast elektronica houdt hij van luisteren naar (en zingen van) klassieke muziek, en van wandelingen hoog in de bergen.

Figuur 7. De gemodificeerde acculader tijdens de test. Let op de grote laadstroom in het begin en de DC-stroomtang die is gebruikt voor metingen.

WEBLINKS

- [1] Datasheet van de LM339:
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm339-mil.pdf>
- [2] Elektor Labs-pagina bij dit project:
<http://www.elektormagazine.com/labs/pimp-my-car-battery-charger>

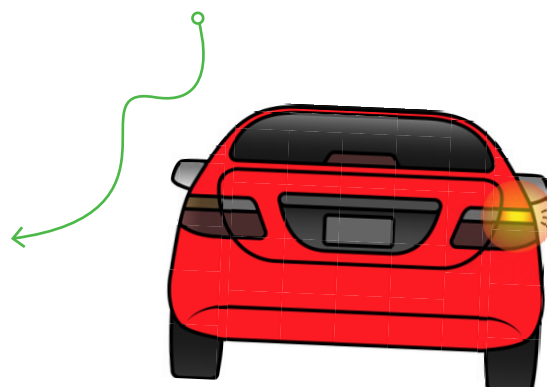


29 Lampstroom-monitor

met Raspberry Pi Pico

Burkhard Kainka (Duitsland)

Bij auto's en motorfietsen wordt het uitvallen van een richtingaanwijzer gesignaleerd doordat het andere lampje sneller knippert. Hoe werkt dat?



Ik stond op het punt om mijn motorfiets naar de technische inspectie te brengen toen ik tijdens een proefrit merkte dat de richtingaanwijzer linksvoor niet goed werkte. Het controlelampje knipperde daarbij met een hogere frequentie. Hetzelfde principe wordt gebruikt bij auto's: als een lamp doorbrandt, knippert de andere sneller zodat het defect wordt opgemerkt. Hoewel mijn probleem nu is opgelost (het lag aan een kabelverbinding), vroeg ik me af hoe de lampen van de richtingaanwijzers eigenlijk gecontroleerd worden. En ik wilde iets dergelijks als model ontwikkelen.

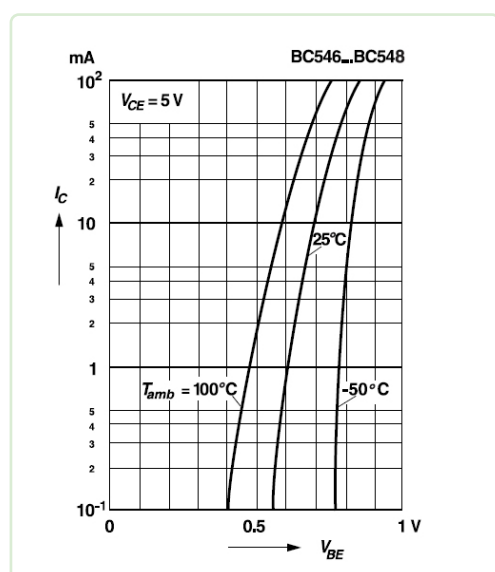
Ik gebruik hier een 6 V/0,1 A gloeilampje, dat wordt geschakeld door een NPN-transistor (BC547B). Er staat een interessante reeks karakteristieken in de datasheet van de transistor (zie **figuur 1**), waaruit we zien dat de basisspanning toeneemt met de stroom door de belasting. Dat betekent dat u de basisspanning kunt meten en conclusies kunt trekken over de stroom door de belasting. Bij 100 mA is de basisspanning minstens 200 mV hoger dan zonder collectorstroom, dat wil zeggen wanneer de lamp is doorgebrand. De transistor wordt dus ook gebruikt als stroomsensor.

Ik heb de schakeling van **figuur 3** op breadboard opgebouwd (**figuur 2**). In mijn geval wordt alles aangestuurd door een Raspberry Pi Pico. De knipperimpulsen worden gegenereerd op GP13 en ADC2 (GP28) bewaakt de basisspanning. Als de lamp uitvalt of de verbinding wordt verbroken, kan dit worden herkend aan de lagere basisspanning. De ingebouwde LED op het Pico-bord, die wordt aangestuurd via GPIO-pin GP25, knippert dan met dubbele snelheid. De Python-code is te zien in **listing 1** en kan worden gedownload van [1].

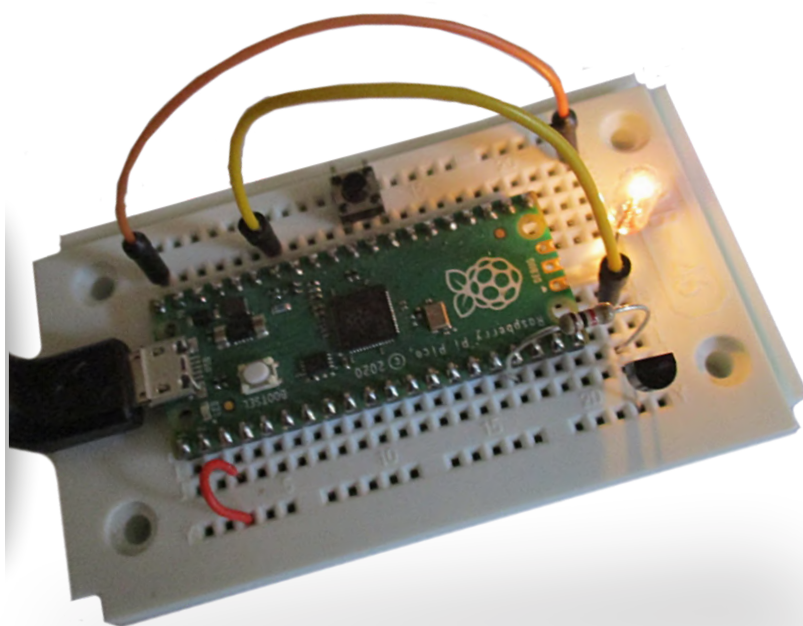
240122-03

Vragen of opmerkingen?

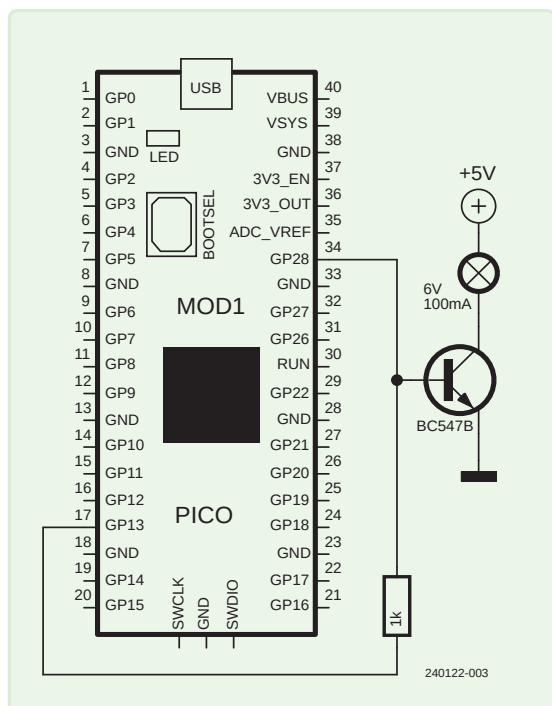
Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via b.kainka@t-online.de of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Figuur 1. Uit de datasheet van de transistor: de basisspanning neemt toe met de stroom door de belasting (© Vishay Intertechnology, Inc.).



Figuur 2. De eigenlijke meetschakeling.



Figuur 3. De Raspberry Pi Pico meet de basisspanning via ingang AD2.



Listing 1. Python-code.

```
#Blinker.py with lamp monitoring
from machine import Pin
import time

u2 = machine.ADC(2)
ad_in = Pin(28, Pin.IN)
led = Pin(25, Pin.OUT)
lamp = Pin(13, Pin.OUT)

while True:
    t=0.5
    lamp.value(1)
    u=u2.read_u16()//20 # Above approx. 950 mV
    print(u)
    if u<825:          # 750 mV with no load
        led.value(1)
        t=0.25
    time.sleep(t)
    led.value(0)
    lamp.value(0)
    time.sleep(t)
```

WEBLINK

[1] Webpagina bij dit artikel:
<https://elektormagazine.nl/240122-03>

Word lid van onze Community



www.elektormagazine.nl/community

elektor
 design > share > earn

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).



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 soldeer-behoefte 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

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.

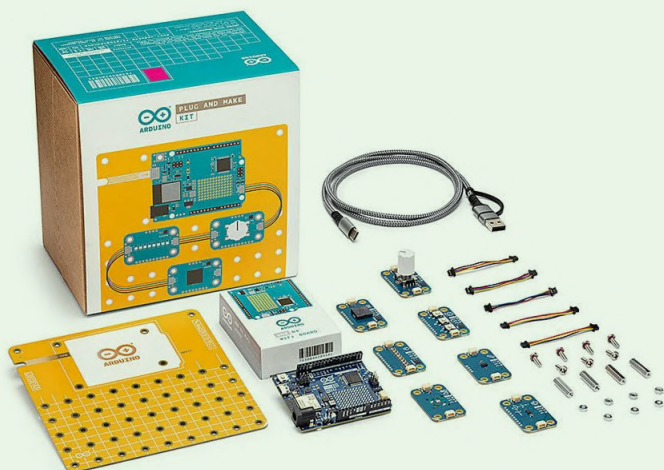
Prijs: € 74,95

Ledenprijs: € 67,46

 www.elektor.nl/20916



Arduino Plug and Make Kit

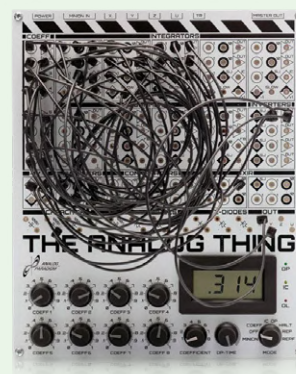


Prijs: € 94,95

Ledenprijs: € 85,46

www.elektor.nl/20920

The Analog Thing (THAT) Analogue Computer

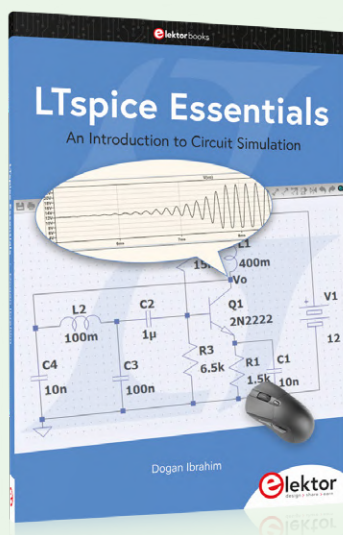


Prijs: € 499,00

Ledenprijs: € 449,10

www.elektor.nl/20918

LTspice Essentials

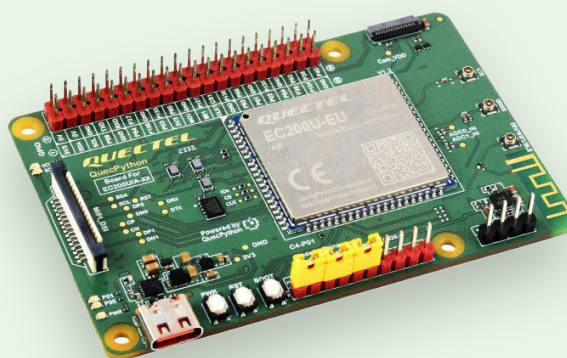


Prijs: € 34,95

Ledenprijs: € 31,46

www.elektor.nl/20907

QuecPython EC200U-EU C4-P01 Development Board



Prijs: € 69,95

Ledenprijs: € 62,96

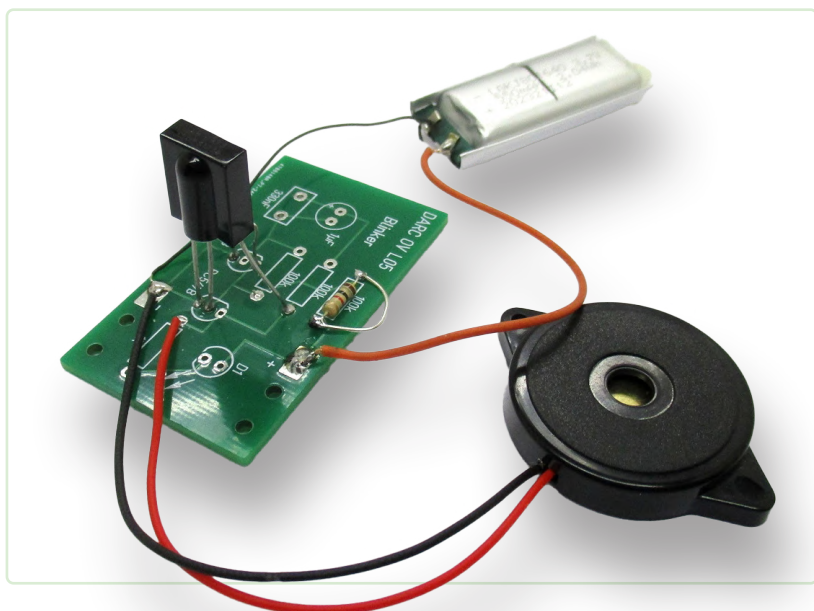
www.elektor.nl/20894



Infrarood-telegrafie

Burkhard Kainka (Duitsland)

Als hulpmiddel voor gebruik bij morse-oefensessies op zijn radioamateurclub bouwde de auteur deze eenvoudige IR-zender/ontvanger-combinatie. De ontvanger is ook handig voor het testen van een groot aantal IR-afstandsbedieningen.



Figuur 1. Infrarood-ontvanger voor morsecode-oefensessies (hier opgebouwd op een print van een ander project).

De ontvanger (**figuur 1**) bestaat uit een geïntegreerde IR-ontvanger/demodulator voor 36kHz-signalen (een gewone TSOP31236). Een piëzo-transducer is rechtstreeks op de uitgang ervan aangesloten. Naast het ontvangen van IR-morsesignalen kunt u met deze ontvanger snel controleren of de afstandsbediening van uw TV of audio-installatie werkt en kunt u ook controleren hoe 'vervuild' de omgeving is met betrekking tot 36kHz-IR-signalen. Als er TL-buizen in de buurt ingeschakeld zijn, hoort u met tussenpozen krakende geluiden uit de ontvanger komen.

De morsezender (**figuur 2**) schakelt een 36kHz-IR-draag golfsignaal aan en uit met een druktoets. De draaggolf wordt gemoduleerd met een 800Hz-signaal dat na demodulatie wordt teruggewonnen en naar een

piëzo-buzzer wordt gestuurd. Experimenten met een signaalgenerator en een IR-LED wezen uit dat het het beste is om de burstlengte van het 36kHz-IR-signaal te beperken tot ongeveer 10 perioden voor een optimale ontvangst. Dit voorkomt onnodige verzwakking door de automatische versterkingsregeling van de ontvanger. Deze 280 μ s lange bursts van 10 perioden hebben een herhalingsfrequentie van 800 Hz en gaan door zolang de zender is ingeschakeld. Het 800Hz-modulatiesignaal heeft een periode van 1,25 ms.

De schakeling

Het schema is afgebeeld in **figuur 3**. Het is erg lastig om een fatsoenlijke schakelaar te vinden of te bouwen die als morse-seinsleutel kan worden gebruikt. Daarom hebben we een capacitieve aanraaksensor rechtstreeks op de print opgenomen. Het achterliggende principe is eenvoudig: de poortpin die het sensorvlak uitleest, is aanvankelijk geconfigureerd als een uitgang die een laag signaalniveau voert, zodat elke lading op het aanraakvlak naar massa wordt afgevoerd. Om een meting uit te voeren, wordt de poortpin geconfigureerd als ingang met een interne pull-up weerstand. Wanneer deze wijziging wordt doorgevoerd, meet de controller de tijd die nodig is tot de spanning op deze pin de drempel voor een 'hoog' spanningsniveau overschrijdt, waarna deze wordt gelezen als een 1. Normaal duurt dit minder dan een microseconde. Wanneer een vinger op de detectievlakjes wordt gelegd, heeft dit het effect dat de capaciteitswaarde op deze ingang wordt verhoogd, waardoor de stijging van de opgaande signaalf flank wordt vertraagd; dit geeft aan dat de morsetoets is 'ingedrukt'.

Bijna elke kleine microcontroller kan deze simpele taken aan. Ik heb gekozen voor de ATtiny202 omdat deze kan worden geprogrammeerd via zijn UPDI-pin en slechts een uiterst eenvoudige programmer nodig heeft die bestaat uit een USB/serieel-adapter en een enkele weerstand.



Listing 1. De Arduino-sketch.

```
//IRCW202, Touch PA1, IR-LED PA3
#include <Arduino.h>
char t=0;

void setup() {
  PORTA.DIRSET = 0x08;    //Output PA3
  PORTA.DIRSET = 0x02;    //Output PA1
  PORTA.PIN1CTRL = 0x08;  //Pullup PA1
}

void loop() {
  t=0;
  PORTA.DIRCLR = 0x02;

  while(!(VPORTA.IN & 0x02)){
    t++;
  }

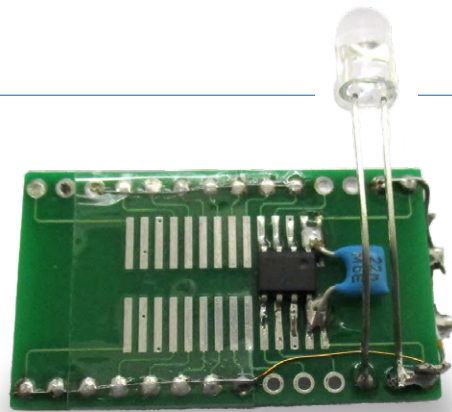
  PORTA.DIRSET = 0x02;

  if (t>1){
    for(char n=0; n<10; n++){
      PORTA.OUTSET = 0x08;
      delayMicroseconds (3);
      PORTA.OUTCLR = 0x08;
      delayMicroseconds (21);
    }

    delay(1);
  }
}
```

De software

De software (**listing 1**) is ontwikkeld met behulp van Visual Studio Code, PlatformIO en de Arduino IDE. De software kan worden gedownload van [1]. In de hoofdloop wordt de aanraaksensor geëvalueerd door de laadtijd t te meten. Als deze groter is dan 1, wordt een reeks van tien 36kHz-pulsen gegenereerd. Elke puls is gedurende ongeveer 3 μ s hoog en ongeveer 21 μ s laag. Daarnaast moeten we ook rekening houden met de uitvoeringstijd van de code van ongeveer 3 tot 4 μ s voor elke pulspe-



Figuur 2. De IR-zender is gebouwd op een SMD-experimenteerprintje.

riode om er zeker van te zijn dat het draaggolfsignaal precies 36 kHz is. De daaropvolgende wachttijd van 1 ms zorgt samen met de burstduur van ongeveer 280 μ s voor de 800Hz-modulatiefrequentie voor de draaggolf. Dit gemoduleerde signaal wordt gegenereerd zolang er een vinger op de contactpads rust.

Het gecompileerde programma, *firmware.hex*, kan naar de ATtiny402 worden geflasht met het hulpprogramma *pymcuprog.exe* zonder dat er wijzigingen nodig zijn. De grootte en vorm van de vinger-sensorpads kunnen experimenteel worden bepaald. In het prototype zijn de rijen sensorpads bedekt met transparant plakband om direct contact met de pads te voorkomen. ◀

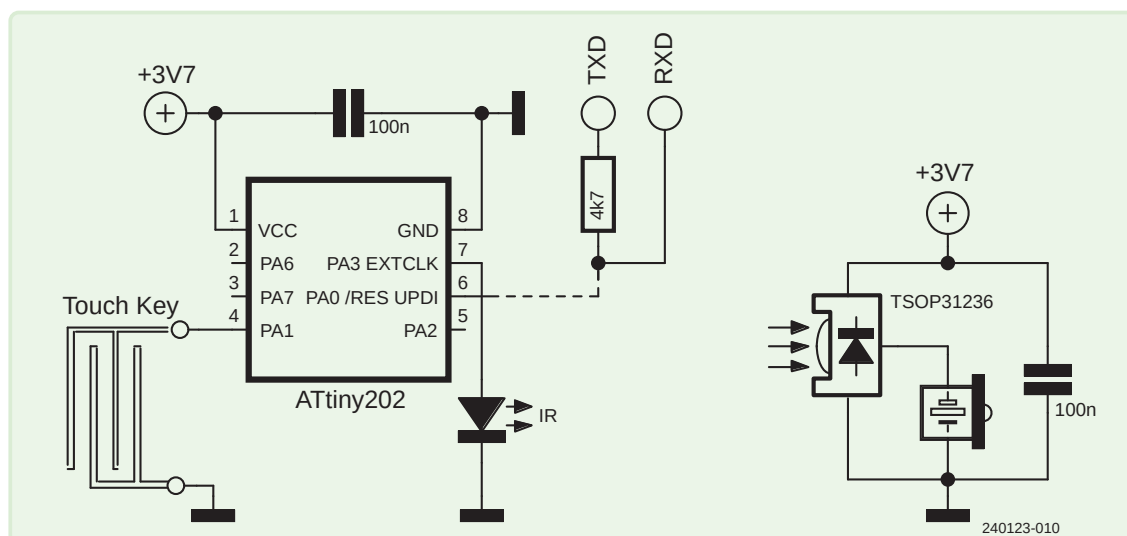
240123-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via b.kainka@t-online.de of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

Over de auteur

Burkhard Kainka (b-kainka.de) is radioamateur en heeft veel boeken en artikelen over een breed scala aan onderwerpen geschreven die door Elektor zijn gepubliceerd. Na vele jaren natuurkundeleraar te zijn geweest, werkt hij nu freelance als systeemontwikkelaar en auteur.



Figuur 3. De ontvangerschakeling maakt gebruik van de TSOP31236 IR-ontvangerchip voor 36kHz-signalen.

31

Fnirsi

SWM-10

repareer zelf uw accupacks met dit intelligent draagbaar puntlasapparaat

Clemens Valens (Elektor)

Iedereen die ooit heeft geprobeerd een draad of contactstrip aan een accu te solderen, weet dat dit bijna onmogelijk is. Wat u werkelijk nodig hebt voor zo'n reparatie is een puntlasapparaat. En daar komt de Fnirsi SWM-10 van pas.

Accupacks zijn onze wereld binnengedrongen met de opkomst van snoerloos elektrisch tuingereedschap, elektrische fietsen [1], scooters, auto's en wat al niet meer. De cellen in accupacks worden aan elkaar gepuntlast met dunne metalen contactstrips. Als dat goed gebeurt, ontstaan betrouwbare, sterke verbindingen zonder dat de accu beschadigd wordt. Het nadeel is echter dat het moeilijk is om een 'dode' cel te vervangen zonder het juiste gereedschap.

Figuur 1. De Fnirsi SWM-10 is bedoeld voor het puntlassen van nikkel, ijzer en roestvast stalen strips met een dikte tot 0,25 mm. Ik heb het geprobeerd en het werkt.



▼ Niet solderen, maar lassen!

Iedereen die ooit heeft geprobeerd een draad of metalen strip aan een accu te solderen, weet dat dit bijna onmogelijk is. In het beste geval krijgt u een fragiele verbinding die losraakt zodra u die belast, maar het is waarschijnlijker dat de batterij in uw gezicht ontploft omdat u hem oververhit. Plakband of kauwgom geeft meestal betere resultaten (...). Wat u werkelijk nodig hebt voor zo'n reparatie is een puntlasapparaat (**figuur 1**). Dat is waar de Fnirsi SWM-10 om de hoek komt kijken. De Fnirsi SWM-10



is een draagbaar puntlas-'apparaat' ter grootte van een kleine multimeter. Hij is bedoeld voor het samenstellen en repareren van accu's, maar omdat u dat misschien niet elke dag doet, kunt u hem ook gebruiken als 5000-mAh USB-powerbank.

Uitpakken

In de doos vindt u, naast het apparaat zelf, twee dikke kabels (8 AWG, ongeveer 30 cm lang), twee reserve-las-tips, een USB-A/C-kabel, contactstrip op een rol (10 mm breed, 0,1 mm dik, nikkel?) en een meertalige handleiding (**figuur 2**). Ik heb die rol niet nagemeten, maar uit de omtrek en een schatting van het aantal windingen lijkt hij ongeveer 5 m lang te zijn. De SWM-10 ziet er vrij sober uit, met een zwarte behuizing, dito displayvenster en drie drukknoppen. De twee aansluitingen voor de laskabels zitten linksboven. Aan de achterkant zit een inklapbare standaard. De aan/uit-knop zit aan de bovenkant van de SWM-10, naast de USB-aansluitingen en een reset-pinhole.



▲ *Figuur 2. Dit zit er in de doos.*

Intuïtief display

Nadat u het apparaat hebt ingeschakeld, ziet u een 1,8"-kleurendisplay met verschillende waarden (**figuur 3**). Deze zijn eigenlijk eenvoudig te begrijpen, aangezien het vier door de gebruiker instelbare parameters (voorverwarmingstijd, pulslengte, pulsinterval, dots) en statusinformatie (accuspanning, temperatuur, geluid aan/uit, stroom en een puntlas-teller) betreft. Met de links/rechts-toets verplaatst u de cursor omhoog en omlaag, terwijl u met de omhoog- en omlaag-toetsen de geselecteerde waarde kunt aanpassen (weergegeven in geel). Door lang op de links/rechts-toets te drukken, opent (en sluit) u het instellingenmenu.

Als u kort op de aan/uit-knop drukt, verschijnt (en sluit) het laad-/ontlaadscherm. Hier kunt u zien hoeveel energie er nog in de accu zit en of en hoe het opladen vordert.

De handleiding is beknopt en legt alleen uit wat de waarden en parameters betekenen en waar de knoppen en LED's voor dienen. Er staan geen instructies in over hoe u het apparaat moet gebruiken om te lassen, dus dat moest ik zelf uitvinden. De enige instructies die ik vond waren dat u de accu moet opladen voordat u gaat lassen en dat u voor de beste resultaten niet te hard op de nikkelstrip moet drukken tijdens het lassen.

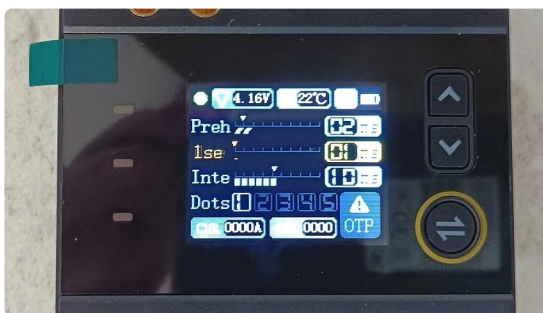
Gemakkelijker gaat niet

Het blijkt dat het gebruik van de Fnirsi SWM-10 uitermate eenvoudig is, en dat is waarschijnlijk waarom ze het apparaat 'intelligent' noemen. Het enige wat u hoeft te doen is de twee lastips (eerst de ene, dan de andere) op het werkstuk plaatsen (niet te hard drukken) en twee seconden wachten (zoals in **figuur 4**). Dan hoort u een zacht soort klikgeluid – dat is het. Het aantal klikken dat je hoort wordt bepaald door de 'dots'-waarde (1 tot 5).

De standaardinstellingen werkten prima voor mij toen ik een stuk nikkelstrip aan een knoopcel laste (**figuur 5**). Om de strip er weer af te trekken was kracht nodig. Voor sterkere verbindingen kun je de pulsen langer maken en het aantal dots verhogen. Wees echter voorzichtig, bij hoge waarden verschijnen vonken en rook en kan het onderliggende oppervlak verbranden of anderszins beschadigd raken. **Ik raad aan om een veiligheidsbril te dragen om uw ogen te beschermen.** Wees ook voorzichtig als u met dunne metaalstrips werkt; voordat u het weet snijdt u zich eraan.

Uitstekend hulpmiddel

De Fnirsi SWM-10 is een uitstekend hulpmiddel voor iedereen die soms wordt geconfronteerd met een accupack met een dode cel erin en niet weet hoe deze te repareren. Accupacks zijn vaak duur.



Figuur 3.
Kleurrijk display.



Figuur 4. Zo last u. Druk zachtjes en wacht een paar seconden.



Figuur 5. Las een nikkel-contactstrip aan een knoopcel.

Zelfs het repareren van slechts één exemplaar is waarschijnlijk al voldoende om de aanschaf van dit goedkope apparaat te rechtvaardigen. Als u er eenmaal een hebt, kunt u natuurlijk ook uw eigen accu's samenstellen – of puntlassen gebruiken voor andere projecten. En vergeet niet dat het ook een 5000mAh-powerbank is. ◀

240269-03

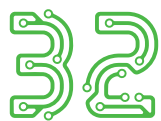


Gerelateerd product

▶ **Fnirsi SWM-10 Portable Battery Spot Welder**
www.elektor.nl/20716

WEBLINKS

[1] C. Valens, "Zelfbalancerende fiets rijdt automatisch", *elektormagazine.nl*, 2016; <https://www.elektormagazine.nl/news/zelfbalancerende-fiets-rijdt-automatisch>



Stereo audio-codec voor ESP32 en co.

geen angst voor audio-meettechnologie

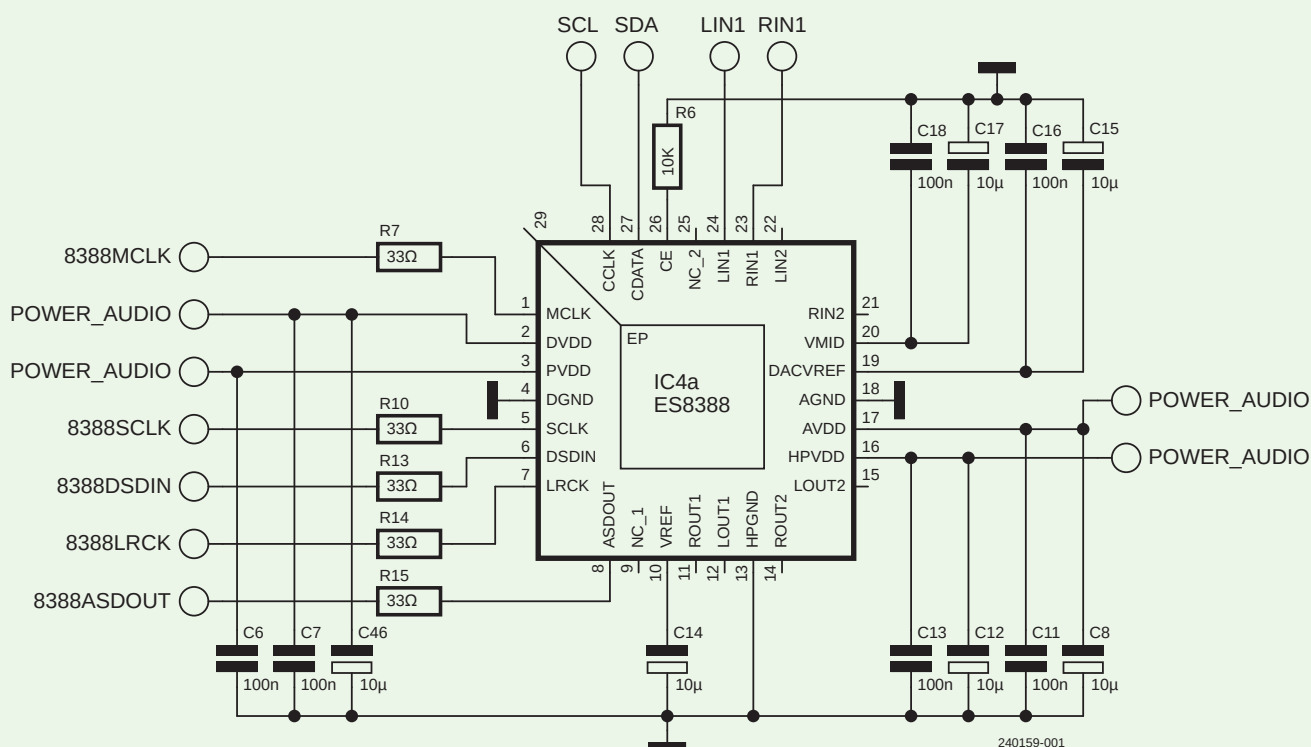
Tam Hanna (Hongarije)

De ES8388S van Everest Semiconductor is een stereo audio-codec-IC dat gebruikt kan worden voor het genereren en bemonsteren van audiosignalen via I²S van een host controller. Er is ook een hoofdtelefoonversterker geïntegreerd.

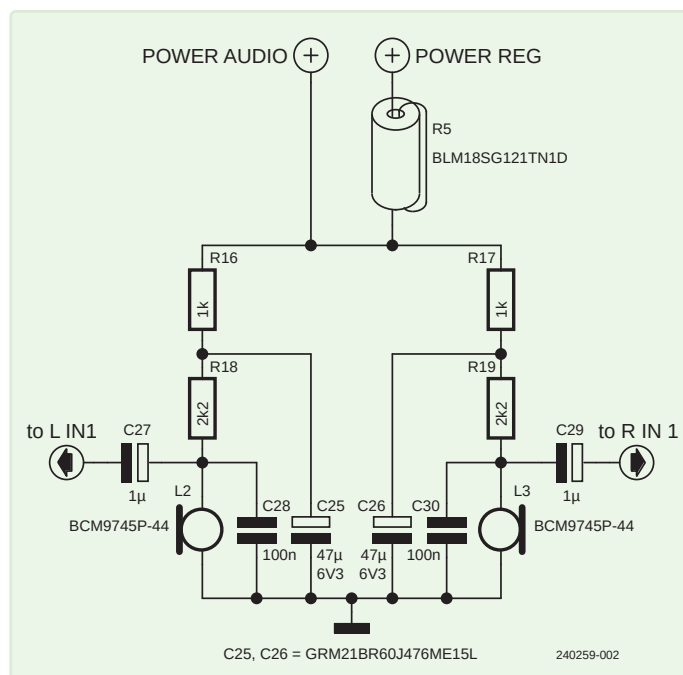
De Everest Semiconductor ES8388S valt vooral op omdat hij meerdere ingangsbronnen parallel kan verwerken. Een goed voorbeeld van het gebruik van dit IC is het ESP32-LyraT development board van Espressif [1], dat tussen de lijningang en de microfoons op het board schakelt – in principe puur softwarematig.

Eenvoudige ingebruikname van de hardware

De basisschakeling in **figuur 1** is ideaal om de ES8388S te begrijpen: het toont de externe interfaces en de verschillende ontkoppelcondensatoren. Als de eisen aan de audiokwaliteit erg hoog zijn, is het een goed idee om de analoge en digitale voedingsspanningen te scheiden. Onder [2] vindt u de schema's van de LyraT, die u kunt beschouwen als een quasi-referentie-ontwerp. De 33Ω-weerstanden worden door Everest aanbevolen.



Figuur 1. Dit schema toont de relevante externe interfaces.

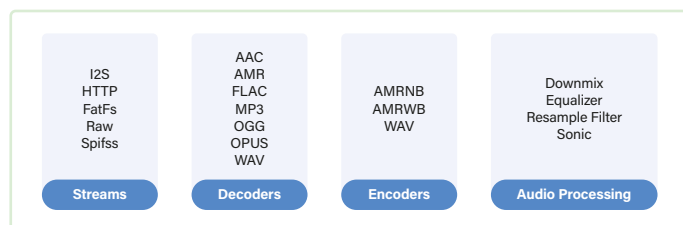


Figuur 2. Het analoge front-end is niet bijzonder ingewikkeld.

Communicatie tussen de MCU en de ES3833S vindt plaats via twee seriële bussen. Aan de ene kant is er een I²C-interface op de CCLK- en CDATA-pinnen, die het mogelijk maakt diverse registers te parametriseren die nodig zijn voor het functioneren van de chip, maar die geen ruwe data verstuurt.

De component vertrouwt normaliter op I²S voor de overdracht van audiodata. De (belangrijke) klok wordt gegenereerd door een extern signaal aan te leggen op de MCLK-ingang van de component. Als u aan controllerzijde echter het ESP-ADF-framework van Espressif gebruikt, kunt u dit 'voor niets' krijgen, of voor de prijs van een GPIO-pin.

Figuur 2 toont een voorbeeldschakeling die twee BCM9xxx-microfoons in het bedrijf van de auteur aanstuurt. Dergelijke producten zijn al enkele jaren succesvol op de markt – als er onder de lezers audioprofessionals zijn die feedback willen geven, zou de auteur dat zeer op prijs stellen.



Figuur 3. Het ESP-ADF audioframework biedt een breed scala aan componenten.

Een kleine valkuil in het ADF-framework

Over het algemeen is de integratie in het ADF-audioframework – gedetailleerd beschreven in Elektor januari/februari 2023 [3] – eenvoudig. Het implementeert een audio-pipeline die doet denken aan een flowchart. Zoals te zien in **figuur 3** kunnen audiotoeepassingen aan elkaar worden geklikt of worden gecodeerd uit geprefabriceerde in-house componenten.

Bij gebruik van de Line-in functie is echter de volgende code vereist, die slechts gedeeltelijk is gedocumenteerd:

```
audio_hal_ctrl_codec(board_handle->audio_hal,
    AUDIO_HAL_CODEC_MODE_ENCODE, AUDIO_HAL_CTRL_START);

es8388_write_reg(ES8388_ADCCONTROL2,
    ADC_INPUT_LINPUT2_RINPUT2);
es8388_write_reg(ES8388_ADCCONTROL1, 0x00);
// value is 0xbb when card is init

#ifdef CONFIG_ESP32_S2_KALUGA_1_V1_2_BOARD
    audio_hal_ctrl_codec(board_handle->audio_hal,
        AUDIO_HAL_CODEC_MODE_BOTH, AUDIO_HAL_CTRL_START);
#else
    audio_hal_ctrl_codec(board_handle->audio_hal,
        AUDIO_HAL_CODEC_MODE_LINE_IN, AUDIO_HAL_CTRL_START);
#endif
```

De aanroep van `es8388_write_reg()` is hier belangrijk – als deze wordt weggelaten, wordt de verbinding tussen de line-ingang en de data-pipeline niet succesvol tot stand gebracht. In dat geval zal de pipeline wel starten, maar slechts nulwaarden retourneren.

Een betrouwbaar werkpaard

Op ES3888S gebaseerde audioschakelingen winnen misschien geen audiofiel prijzen, maar in de praktijk blijken het uiterst betrouwbare werkpaarden te zijn. Dankzij de integratie in ESP-ADF verloopt de dataverwerking grotendeels probleemloos! ◀

240159-03

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 of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

Moeilijk te vinden?

Het blijkt soms lastig om de ES3888S bij de traditionele distributeurs te kopen. De auteur werkt graag met NewTech voor kleine hoeveelheden. Het bedrijf kan worden gecontacteerd op yan.lu@ntgroup.com.hk.

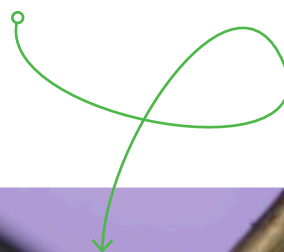
WEBLINKS

- [1] ESP32-LyraT: <https://www.espressif.com/en/products/devkits/esp32-lyrat>
- [2] LyraT-schema: <https://dl.espressif.com/dl/schematics/esp32-lyrat-v4.3-schematic.pdf>
- [3] Tam Hanna, "Audiosignalen en de ESP32", Elektor januari/februari 2023: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-290/61475>



Soldeertechnieken

doe het meteen goed!



Davide Scullino (Italië)

In de elektronica vormen deugdelijke elektrische verbindingen de basis voor de goede werking van elke schakeling. Kennis van de basisprincipes van solderen is daarom essentieel voor het succes van elk project dat u wilt ondernemen. Wie voor het eerst de soldeerbout pakt, vindt in dit artikel veel tips om professioneel en foutloos te solderen!

*Image by theaflowers
via Pixabay*

Soldeer met plezier – om een bekende uitdrukking te parafraseren: goed soldeerwerk neemt alle angst weg dat je schakeling zal werken, of je die nu bouwt of repareert! Sterker nog – het solderen van elektronische componenten is een kunst, en het is niet vanzelfsprekend dat u precies weet hoe u dat moet doen; sterker nog, zoals we in deze tutorial zullen ontdekken, hebben we waarschijnlijk allemaal nog wel wat te leren, en vroeg of laat realiseren we ons dat we iets niet goed deden. Op deze pagina's leggen we uit hoe u op verschillende manieren

elektronische componenten soldeert en desoldeert, onder gebruikmaking van specifiek gereedschap dat min of meer op de juiste manier wordt toegepast. In den beginne was er de soldeerbout of, zo u wilt, de soldeerpook: aanvankelijk waren elektronische componenten nogal primitief en voor het solderen ervan was middelgroot, niet verfijnd gereedschap nodig (dezelfde die gebruikt werden in de 'lichte' elektrotechniek) en daarom geschikt voor het solderen van draden, kleine transformatoren, regelweerstand, condensatoren en weerstanden,

maar ook spoelen en kabelschoenen, aansluitpinnen enzovoort. Dat waren de jaren waarin 'hardsolderen' werd gebruikt als soldeertechniek, die bestaat uit het verhitten van een metaal en het smelten van soldeer op tin- en loodbasis (meestal 'tin' genoemd) om het met een ander metaal te verbinden en zowel een elektrische als mechanische verbinding te maken. Om de hechting te bevorderen en oxide te verwijderen die uiteindelijk tussen de te solderen metalen zou komen en het elektrische contact zou belemmeren of zelfs het soldeer zou doen loslaten, werden de te solderen delen vooraf voorzien van vloeimiddel (flux, soms soldeerpasta genoemd, maar dat is niet terecht, zoals we zullen zien).

Tegenwoordig wordt flux in verschillende soorten geproduceerd en als kern verwerkt in soldeerdraad op tinbasis zodat het tijdens het solderen smelt en de oppervlakken voorbereidt op de best mogelijke hechting. Vloeimiddel is een chemische stof die het smelten van de soldeerlegering vergemakkelijkt en de verdeling over en hechting aan de te solderen onderdelen bevordert.

De soldeerlegeringen

Maar laten we een logische volgorde aanhouden en voordat we verder gaan met het gereedschap en vervolgens met de soldeertechniek (of hardsoldeertechniek, nu we weten dat dat de 'echte' naam is). We zullen eerst een paar regels besteden aan wat solderen mogelijk maakt, dat wil zeggen, het element dat wanneer het smelt, meer doet dan lijmen: het verbindt en maakt elektrisch contact. Dit element is eigenlijk een metallurgische verbinding (legering) van twee of meer metalen die voldoende buigzaam en kneedbaar zijn maar ook een lage elektrische weerstand hebben: meestal is het een legering van tin (Sn) en lood (Pb) in een verhouding die meestal varieert van 60% Sn en 40% Pb tot 63% Sn en 37% Pb. De soldeerlegering wordt meestal geleverd in de vorm van een soldeerdraad voor gebruik in consumentenelektronica, in verschillende diktes (doorgaans 0,5 tot 1,5 mm in diameter, maar dit hangt af van de toepassing) en ook als staven voor industrieel golfsolderen. Tijdens de extrusie wordt het vloeimiddel in het soldeerdraad verwerkt, die op het moment van solderen smelt en het solderen vergemakkelijkt.

Ook typisch voor elektronica zijn 50/50 Sn/Pb-legeringen, samengesteld gelijke delen van beide metalen. Bedenk dat hoe hoger het percentage lood, hoe sterker het soldeer, maar hoe slechter de elektrische geleiding. Als zwaar metaal is lood gevaarlijk (giftig) als het in grondwater doordringt of in zeeën, meren en rivieren terechtkomt; daarom worden er al lang loodvrije (Pb-vrije) soldeerlegeringen gemaakt, die ook bekend staan als RoHS-conform. Traditionele lood/tin-legeringen (die loodhoudend worden genoemd) zijn zo goed als verdwenen, behalve in bepaalde toepassingen, zoals militaire en luchtvaartelektronica, vanwege het feit dat het soldeer sterker is en bestand tegen een hogere mechanische belasting dan soldeer gemaakt met loodvrije legeringen.

Gewoonlijk is een RoHS-soldeerlegering samengesteld uit tin (Sn), zilver (Ag) en koper (Cu) en heet dus Sn/Ag/Cu, maar er zijn ook legeringen van alleen tin en koper (Sn/Cu). De percentages van de metaalbestanddelen zijn variabel, afhankelijk van de toepassing, maar de meest voorkomende legeringen bestaan uit 90...99% tin, gemiddeld 3% zilver en 0,5...0,7% koper. De Sn/Cu-legeringen bevatten meestal 99,3% tin en 0,7% koper. Een typische rol soldeer van loodhoudend tin [1] is afgebeeld in **figuur 1**. De belangrijkste praktische verschillen



Figuur 1. Een typische rol soldeertin [1].

tussen RoHS-conforme en loodhoudende legeringen zijn dat de eerstgenoemde een hogere smelttemperatuur hebben en meer vloeimiddel nodig hebben. Ze hechten minder goed dan loodhoudende legeringen, waardoor ze vaak meer vloeimiddel bevatten (het percentage staat soms op het etiket) of de toevoeging van fluxpasta tijdens het solderen nodig is. Bovendien hebben RoHS-conforme legeringen een hogere gemiddelde kostprijs vanwege de duurdere metalen die ze bevatten.

Handmatig solderen

Elektronische componenten kunnen handmatig of machinaal worden gesoldeerd; onze interesse gaat uit naar de eerste mogelijkheid, waarvoor we een minimum aan apparatuur nodig hebben, afhankelijk van het type component. In principe hebben we nodig:

- > 20...70 W-soldeerbout met stift, bij voorkeur elektrisch;
- > soldeerdraad en eventueel vloeimiddel;
- > desoldeerbout of -pomp;
- > soldeermat van isolerend materiaal om de werkplek te beschermen.

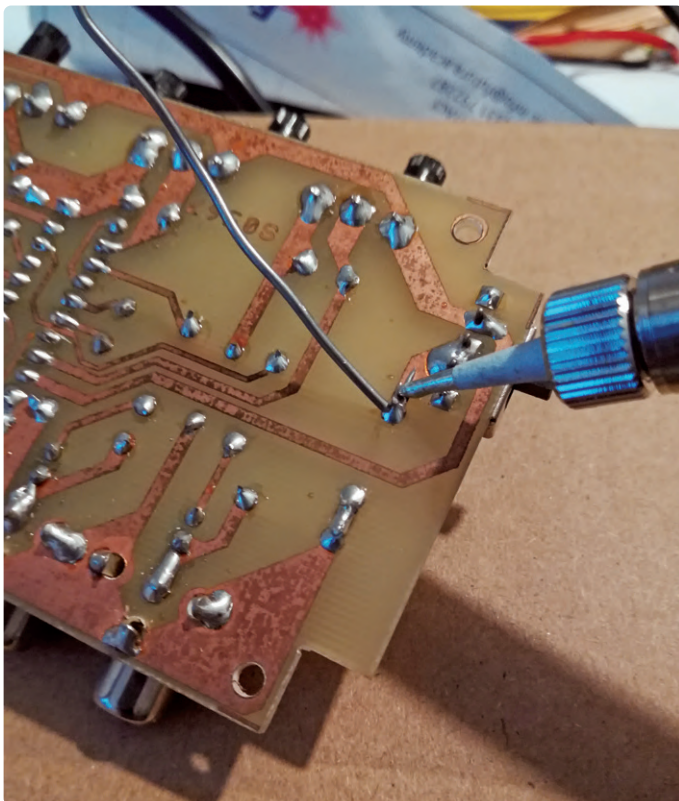
In plaats van een gewone soldeerbout kunt u beter een soldeerstation met elektronische temperatuurregeling gebruiken. Een goed voorbeeld van zo'n soldeerstation is het exemplaar van **figuur 2**. Dat is de Weller WE 1010 Digital Soldering Station Kit, inclusief een 70W-soldeerbout met digitale temperatuurregeling en andere accessoires [2]. Voor desoldeerdoeleinden hebben sommige stations ook soldeerbout met vacuümpomp, bestaande uit een soldeerboutachtig gereedschap, waarvan de punt echter hol is en gekoppeld aan een slang die naar een vacuümpomp leidt. Als alternatief kan het ook handig zijn om desoldeer-litze ('tinzuiglitze') te gebruiken, dat is een soort gevlochten koperdraad gedrenkt in vloeimiddel dat tin absorbeert, waardoor het heel goed soldeer kan verwijderen van soldeereilandjes en rond aansluitdraden en uit doorgemetalliseerde gaten (via's). Twee goede soldeermatten zijn te zien op [3] en [4] onder **Gerelateerde producten**.



Figuur 2. Het digitale Weller WE 1010-soldeerstation [2].



Figuur 3. Verschillende soldeerstiften.



Figuur 4. Solderen van een through-hole component.

Ze meten respectievelijk $20,9 \times 29,5$ cm en 70×100 cm, zijn gemaakt van antistatische siliconen, zijn hittebestendig tot een temperatuur van meer dan 300°C en zijn onbreekbaar. De soldeerbout waarmee de onderdelen worden gesoldeerd, is meestal stiftvormig (voorzien van een warmte-isolerend handvat) en verkrijgbaar is in verschillende vormen en die bedoeld is om het soldeer te laten smelten. De punt wordt inwendig verhit door een 'gehard' verwarmingselement (voorzien van een omhulsel van roestvrij staal of keramisch materiaal) waaraan hij is bevestigd. De stift kan zijn vervaardigd van gecoat (verzilverd) koper of van roestvrij staal; de eerstgenoemde verwarmt sneller maar gaat minder lang mee, want gemaakt van zachter materiaal dat slijt door druk en wrijving op het soldeerooppervlak. De stalen punt daarentegen is duurzamer, hoewel hij langzamer opwarmt door de grotere thermische traagheid.

Onlangs zijn soldeerstiften van gesinterd keramisch materiaal op de markt gekomen, die een zeer hoge slijtvastheid hebben en elektrisch geïsoleerd zijn. Een elektronica-soldeerbout werkt meestal bij temperaturen tussen 230°C en 400°C . Gewoonlijk heeft hij een snoer met een stekker waarmee hij op het lichtnet (230 VAC) kan worden aangesloten; soms is er een knop om op half vermogen te werken, zodat de gebruiker tussen twee soldeertemperaturen kan kiezen. Soldeerbouten voor elektronica hebben doorgaans een vermogen van 20 W tot 70 W . De temperatuur die de soldeerbout bereikt wordt beïnvloed door vele omstandigheden, waaronder de omgevingstemperatuur en schommelingen in de netspanning. Om te solderen met een stabiele en constante temperatuur moet een soldeerstation worden gebruikt, waarbij de temperatuur wordt geregeld met behulp van een sensor bij de soldeerstift.

Er zijn verschillende soorten soldeerstations, maar ze werken allemaal volgens hetzelfde principe; de meeste hebben een keuzeschakelaar om twee of drie temperaturen in te stellen of een draaiknop of bedieningspaneel om de temperatuur continu te regelen. Vaak zijn er verwisselbare soldeerstiften verkrijgbaar met verschillende vormen (kegel-, beitel- of mesvormig, plat enzovoort). Bij veel stations (bijvoorbeeld die van JBC) bevatten de verwisselbare stiften het verwarmingselement en de houder dient slechts voor het hanteren en de voeding. **Figuur 3** toont verschillende soldeerstiften.

Gebruik van de handsoldeerbout

Tin- of hardsolderen houdt in dat onderdelen (in dit geval de aansluitdraden van elektronische componenten en de verbindingssporen op printen, meestal koper) met een bepaalde hoeveelheid soldeer worden verbonden. Zodra het soldeer smelt, vloeit het over de onderdelen uit en wanneer het afkoelt maakt het een vaste verbinding, waarbij het bovendien de essentiële elektrische verbinding tot stand brengt. Om de hechting van het soldeertin te verbeteren, worden de aansluitingen van elektronische componenten normaal gesproken in de fabriek voorvervaard, en daarom zien ze er zilvergrijs uit. Om correct te kunnen solderen, is het noodzakelijk dat de te solderen oppervlakken niet vochtig of geoxideerd zijn; om oxide van de sporen of soldeereilanden van de print te verwijderen, kan men op verschillende manieren te werk gaan: met een gewoon huishouddoekje, als de print aan de soldeerzijde geen zeefdruk heeft, of met chemicaliën of fluxpasta.

Bij through-hole componenten (THT, waarbij de aansluitdraden door gaten in de print worden gestoken) wordt gesoldeerd door de punt van de soldeerbout een paar seconden op het koperen spoor te laten rusten,

daar waar de aansluitdraad of -pin van de te solderen component al is doorgestoken, en vervolgens de soldeerdraad tegen de aansluitdraad of het spoor te houden (**figuur 4**). De soldeerdraad mag niet op de punt worden gehouden voordat het printspoor en de aansluiting zijn verhit; anders kan er gemakkelijk een koude soldeerlas ontstaan. In de praktijk lijkt het dan alsof de onderdelen aan elkaar zitten, maar dat is niet het geval; de elektrische weerstand van het contact is bovendien te hoog voor een goede werking van de schakeling.

Een koude soldeerlas is erg verraderlijk omdat hij moeilijk te zien is: het onderdeel lijkt gesoldeerd te zijn maar is dat niet. Hoewel hij mechanisch stabiel is, is er geen goed elektrisch contact, in feite heeft het contact vaak een zeer hoge weerstand. Een koude soldeerlas ontstaat doordat de gesmolten soldeerlegering die op de onderdelen (printspoor en onderdeel) vloeit niet heet genoeg is; daardoor stolt hij te snel en hecht hij niet aan de metalen zoals het hoort; een andere oorzaak is dat een of meer onderdelen geoxideerd zijn. Onthoud dat goed gesmolten soldeer niet alleen te herkennen is aan het vloeibare uiterlijk maar ook aan het zilverglanzende uiterlijk, en als het afkoelt en weer vast wordt het glanzende tin snel dof.

Na het solderen van een paar componenten kan het vloeimiddel resten achterlaten op de punt van de soldeerbout; daarom is het een goed idee om deze regelmatig schoon te maken. De eenvoudigste methode is om afvegen met een speciaal (vochtiggemaakt) sponsje dat vaak wordt meegeleverd met de soldeerbouthouder het soldeerstation; als alternatief kunt u ook een 'metalen spons' gebruiken zoals in **figuur 5**. Om goed te solderen en de onderdelen niet te oververhitten, vooral bij halfgeleiders (diodes, transistoren, TRIAC's – maar vooral IC's en -voetjes), moet u de punt van de soldeerbout net lang genoeg op de pads en leads houden om het soldeer te zien glanzen, waarna u hem weer weghaalt. Bovendien moet (indien mogelijk) de juiste temperatuur worden ingesteld; in dit verband moet er rekening mee worden gehouden dat loodhoudende soldeerlegeringen smelten bij temperaturen van gemiddeld 220...230 °C, terwijl loodvrije legeringen 15 of zelfs 20 graden hogere smelttemperaturen hebben. Om het goed te doen loont het altijd om, indien beschikbaar, de datasheets te raadplegen van de soldeerlegeringen die u koopt omdat de smelttemperatuur anders kan zijn, afhankelijk van additieven of samenstelling.

Soms hebben soldeerlegeringen met metalen zoals zilver extra vloeimiddel nodig; daarom is het raadzaam om vóór het solderen wat fluxpasta (**figuur 6**) op de te vertinnen onderdelen aan te brengen om de hechting te verbeteren. met betrekking tot het vermogen van de soldeerbout en de werktemperatuur moet u bedenken dat de temperatuur van het soldeer niet alleen afhangt van de ingestelde temperatuur, maar vooral ook van de verhouding tussen het vermogen van de soldeerbout en de hoeveelheid soldeer en metaal die bij het solderen betrokken is. Het is niet alleen de temperatuur die de soldeerbout op zichzelf kan handhaven, het is ook hoeveel warmte er wordt afgegeven, wat afhangt van het thermische en elektrische vermogen van de soldeerbout.

Een voorbeeld: de stift van een soldeerstation van 40 watt kan alleen de ingestelde temperatuur aanhouden (hoe meer vermogen, hoe hoger) als u kleine elektronische componenten soldeert en geen grote elektro-mechanische componenten, maar ook als de (goed vertinde) printsporen niet bijzonder groot zijn. De punt speelt ook een rol: hoe groter het oppervlak, hoe meer warmte hij kan overdragen aan het soldeer. Nadat het solderen klaar is, is het altijd de moeite waard om de las te



Figuur 5. Een soldeerbouthouder met een nat sponsje (links) en een metalen exemplaar (rechts).

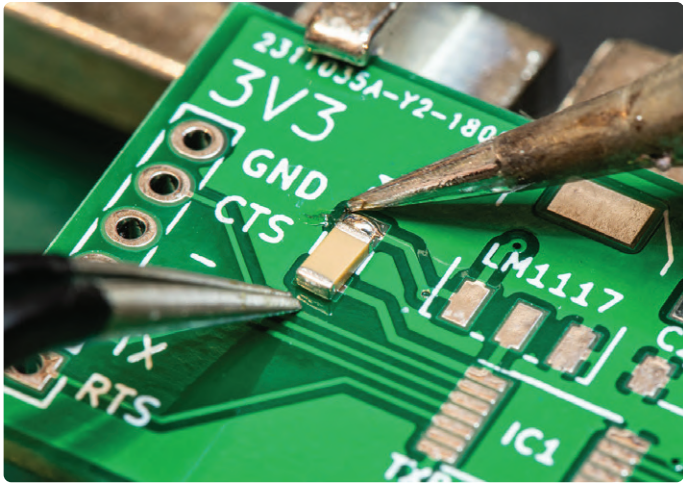


Figuur 6. Potje fluxpasta om het solderen in de kritische gevallen te bevorderen.

inspecteren met een vergrootglas of lamp met ingebouwd vergrootglas; die zijn nodig omdat het bij het solderen van IC's met zeer dicht naast elkaar geplaatste pinnen moeilijk is om met het blote oog te zien of er geen kortsluiting tussen pinnen is ontstaan. Een bureaulamp is handig om het werkgebied goed te verlichten; dit zal bijvoorbeeld ongewenste soldeerverbindingen onthullen die mogelijk kortsluiting maken tussen aangrenzende aansluitingen.

Omdat solderen fluxresten achterlaat, die bij hoge temperatuur kunnen uitharden in contact met lucht, is het mogelijk om de print te reinigen met producten als anti-flux spray, een effectief middel dat geschikt is voor alle soorten elektrische en elektronische componenten. Omdat het volledig verdampt en geen kunststoffen aantast, is het heel handig om elke schakeling voor te bereiden op verdere behandeling met bijvoorbeeld een isolerende lak. Deze laatste is erg handig voor het passiveren van de onderkant van de printplaat en het voorkomen van onbedoeld contact met soldeereilandjes en aansluitingen van componenten.

Als alternatief voor het hierboven genoemde anti-fluxmiddel is het mogelijk om oplosmiddelen zoals trichloorethyleen te gebruiken, maar dit laatste tast de kunststof van sommige connectoren en componenten aan. Voor het schoonmaken van de print met het anti-fluxmiddel en in elk geval voor alle soldeerbewerkingen verdient het altijd aanbeveling om een dampafzuiger of een kleine kap te hebben, die de dampen en geuren van de verdampende flux opzuigt. Een voorbeeld hiervan is een tafelmodel-soldeerdampafzuiger [5], die is uitgerust met een actief koolfilter. Hij heeft een elektrische ventilator die dampen en aerosolen afkomstig van solderen, desolderen en het reinigen van print met oplosmiddelen van opzij wegzuigt en afvoert.



Figuur 7. Sommige SMT-componenten kunnen met een gewone bout worden gesoldeerd.

Geïntegreerde schakelingen en componenten met meer dan twee aansluitingen

Het solderen van IC's en voetjes/connectoren met veel pinnen met klein raster vereist nog een paar extra voorzorgsmaatregelen. Dergelijke componenten raken gemakkelijker oververhit omdat de soldeerbout de betreffende contacten meerdere keren zal raken. In zulke gevallen, vooral bij geïntegreerde schakelingen, is het raadzaam om de pinnen afwisselend kruislings tegenover elkaar te solderen, dat wil zeggen langs de ene kant naar beneden en langs de andere kant naar boven. Mutatis mutandis geldt dat ook voor componenten met pinnen aan vier zijden.

SMT-componenten solderen

Voor SMT-componenten (surface-mount technology) verschilt de soldeertechniek afhankelijk van de behuizing waar u mee te maken hebt: veel SMD's (surface mounted devices) kunnen handmatig worden gesoldeerd met een klassieke soldeerbout (figuur 7), terwijl voor andere een heteluchtstation nodig is. Er zijn ook verschillende benaderingen met betrekking tot de te gebruiken soldeerlegering, dat kan klassiek soldeerdraad zijn maar ook soldeerpaste. Dit laatste is een dikvloeibaar mengsel van soldeer en vloeimiddel, dat in koude toestand uitstekend op de soldeereilandjes (pads) van de print kan worden gesmeerd. Het is in de handel verkrijgbaar [6] in injectiespuiten (figuur 8, handig om het exact op piepkleine pads te kunnen aanbrengen) of in blik.



Figuur 8. Velleman vloeimiddel-set [6].

Het oefenen

Tot nu toe hebben we in theorie besproken hoe het solderen van elektronische componenten in zijn werk gaat; op dit punt aangekomen vragen nieuwkomers die voor het eerst gaan solderen zich waarschijnlijk af: "Waar en waarmee moet ik beginnen?" Die vraag is gerechtvaardigd; bij uw eerste rijlessen begint u immers ook in een auto die is uitgerust met dubbele pedalen. De eerste pogingen om elektronica-componenten te solderen kunt u het beste niet uitvoeren op een schakeling die voor later gebruik bedoeld is; oefen eerst op iets dat u niet nodig hebt en zonodig kunt opofferen, zoals een printje dat u toch al had weggeworpen. Voor de beginner zijn er startpakketten in de handel [7], bestaande uit een aantal verschillende gereedschappen waarmee u meteen kunt gaan oefenen (figuur 9).

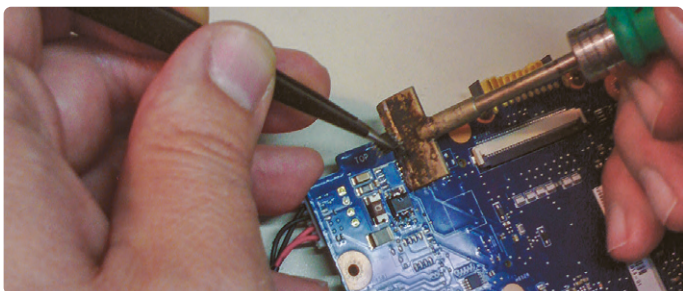


Figuur 9. Onmisbaar voor beginners: de Whadda WTS100 Soldering Starter Set [7], met alle benodigde hulpmiddelen om meteen te gaan solderen.

Desoldeergereedschap

Hoewel de nadruk in deze tutorial ligt op het solderen van elektronische componenten, is het interessant om op te merken dat de soldeerbout ook kan worden gebruikt om componenten te desolderen: laat de punt op een pad rusten tot het soldeer smelt en verwijder dan het onderdeel door de behuizing beet te pakken met een pincet. Dit is mogelijk voor componenten met slechts een paar aansluitingen of, met behulp van platte of mesvormige stift, met meerdere aansluitingen dicht bij of naast elkaar zoals connectoren of IC's. **Figuur 10** toont het desolderen van een TSSOP-chip met de stift van een desoldeerstation met verwisselbare punt en waarop een mesvormige stift is gemonteerd in plaats van de traditionele puntige stift. U verhit eerst de aansluitingen aan de ene kant en dan die aan de andere kant en verwijdert de component met een pincet.

Om SMT-componenten te desolderen die maar twee aansluitingen hebben (zoals diodes, weerstanden of condensatoren) kunt u een speciaal pincet met verwarmde bek gebruiken; dit kan een apart



Figuur 10. Desolderen van een TSSOP-chip met een op maat gemaakte soldeer'stift'.

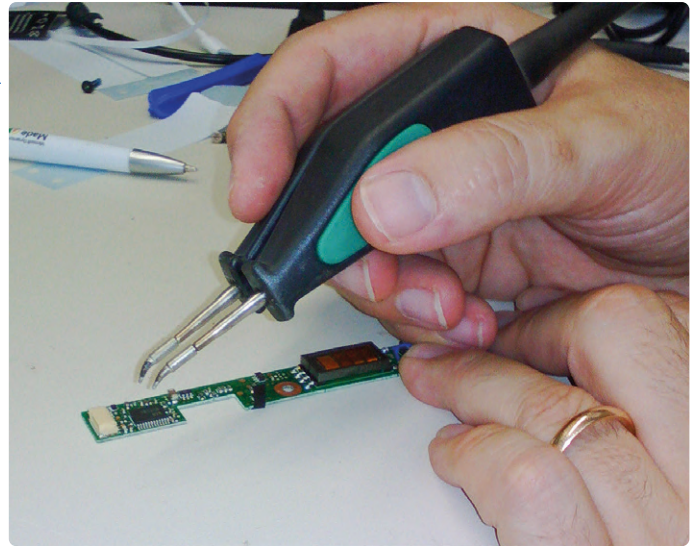
gereedschap zijn of kan deel uitmaken van een desoldeerstation. U gebruikt hem zoals in **figuur 11**, dat wil zeggen, u pakt de component vast bij de aansluitingen en wacht tot het soldeer gesmolten is; dan verwijdert u de component. In **figuur 12** ziet u een andere techniek waarbij u twee soldeerbouten gebruikt en beide aansluitingen van het onderdeel tegelijk verhit; als het soldeer gesmolten is tilt u de component tussen de beide stiften geklemd op.

De desoldeer pomp

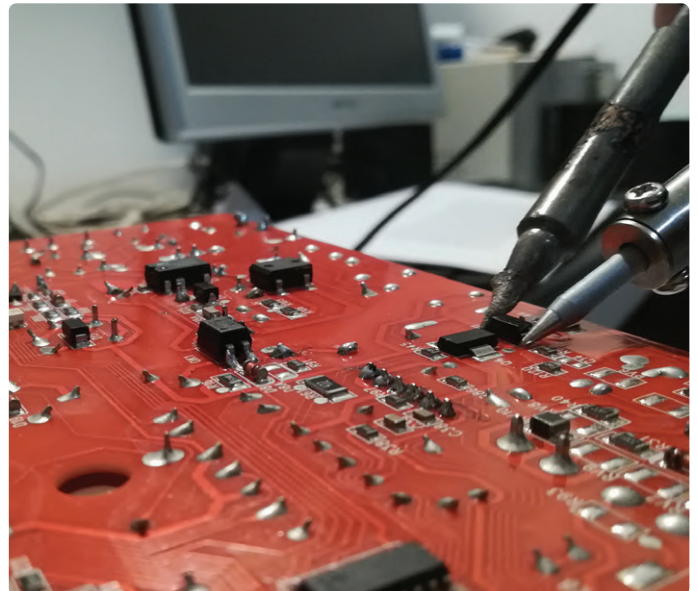
Dit is het gereedschap dat het meest gebruikt wordt voor het desolderen van traditioneel gemonteerde dubbelzijdig in doorgemetaliseerde gaten gesoldeerde elektronische THT-componenten. Een soldeerbout alleen is niet voldoende, omdat tin achterblijft in de gaten tussen de aansluitingen en de wand. In zijn eenvoudigste vorm is het een handpomp die bestaat uit een holle cilinder met daarin een veer/zuiger-combinatie die met een druk op de knop terugkeert naar de ruststand en soldeer aanzuigt door een metalen of teflon mondstuk dat in verbinding staat met de pompkamer. Zo'n mechanische desoldeer-pomp wordt samen met de soldeerbout gebruikt; de bout zorgt voor het smelten van het soldeer en de desoldeer pomp zuigt het op. Omdat het onhandig is om twee gereedschappen vast te houden, zijn speciale desoldeerbouten uitgevonden; dit zijn verwarmde tinzuigers met een verhitte holle metalen punt (koper of, beter, roestvrij staal). **Figuur 13** toont hoe het desolderen met zo'n gereedschap in zijn werk gaat: de punt wordt zachtjes op het uiteinde van het component in het gat gedrukt zodat het goed verbinding met het soldeer maakt, vervolgens wacht u tot het soldeer gesmolten is; dan wordt de knop ingedrukt. De desoldeer pomp kan een op zichzelf staande machine zijn of geïntegreerd in reguliere soldeerstations: in dat geval werkt hij zoals hierboven beschreven terwijl de zuigkracht wordt verkregen door een vacuüm-pomp en via een rubberen slang wordt overgebracht naar de holle stift; de pomp wordt geactiveerd door een voetschakelaar of een drukknop op de desoldeerstift. De pomp kan continu aanzuigen, in tegenstelling tot een gewone desoldeerbout, die maar één keer aanzuigt en dan opnieuw moet worden scherpgesteld; daarom is een desoldeerstation effectiever in het verwijderen van zelfs grote hoeveelheden soldeer. Het aangezogen soldeer koelt af en stolt vrijwel onmiddellijk, waardoor min of meer grote soldeerbolletjes in het gereedschap terechtkomen die moeten worden tegengehouden voordat ze de afzuig-pomp bereiken. Voor dit doel zit er in de desoldeerstations een filter van metaalgaas en/of watten, dat de lucht doorlaat en het soldeer vasthoudt. Na verloop van tijd, afhankelijk van het gebruik van het gereedschap, moet het filter worden verwijderd en vervangen. Bovendien heeft de punt, vooral als die van koper is, bij voortdurende verhitting de neiging om van binnen vuil te worden en na verloop van tijd verstopt te raken. Daarom moet hij worden schoongemaakt met een dunnen stift of draad, of met speciale borsteltjes die bij het desoldeergereedschap worden geleverd.

SMD-solderen met hete lucht

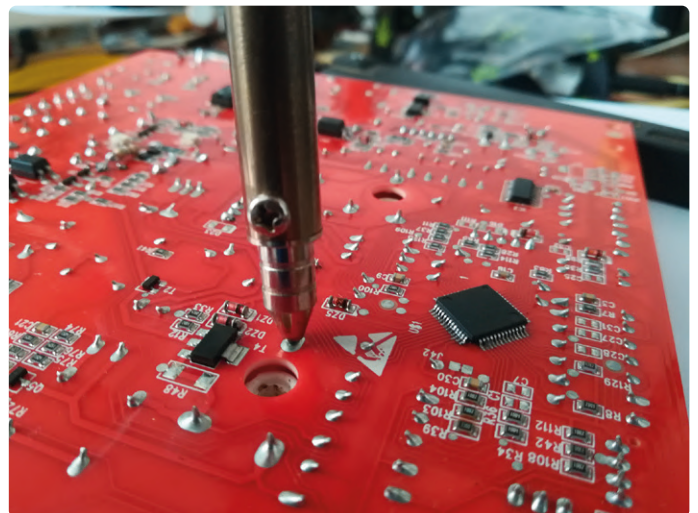
Kleine SMT-componenten en IC's met een kleine pitch of pads onder de behuizing (bijvoorbeeld QFB's, LGA's en BGA's) moeten gesoldeerd worden met een heteluchtstation na het vertinnen of bestrijken van de pads met soldeer pasta. Dit kan ook worden gedaan in een oven die speciaal voor deze processen bedoeld is. Het is ook mogelijk om automatische of halfautomatische machines te gebruiken, maar dit



Figuur 11. Een component met twee aansluitingen desolderen met een speciaal pincet met verwarmde bek.



Figuur 12. Een component met twee aansluitingen desolderen met behulp van twee soldeerbouten.



Figuur 13. Een desoldeer pomp met verwarmde holle punt in actie.



Figuur 14. Een gecombineerd reworkstation dat een traditionele soldeerbout met een heteluchtpistool voor SMD's combineert [8].

valt buiten het bestek van deze tutorial.

Het heteluchtstation is een machine die voor het solderen of het desolderen gebruikt wordt; componenten of hun verbindingen worden verwarmd door een straal hete lucht die uit een mondstuk met een warmte-isolerende handgreep komt; dit mondstuk kan verschillende vormen hebben. Het debiet en de temperatuur van de luchtstraal kan worden ingesteld met knoppen op het voorpaneel. Het heteluchtstation bestaat uit een lagedrukventilator of luchtpomp (altijd aangedreven door een elektromotor) die de lucht via een filter aanzuigt en deze door een slang naar de mondstukhouder blaast. Dit laatste is een buisvormige straalbuis die meestal cilindrisch zal zijn en geschikt is voor het aanbrengen van adapters/mondstukken waarmee de lucht op verschillende manieren kan worden gericht.

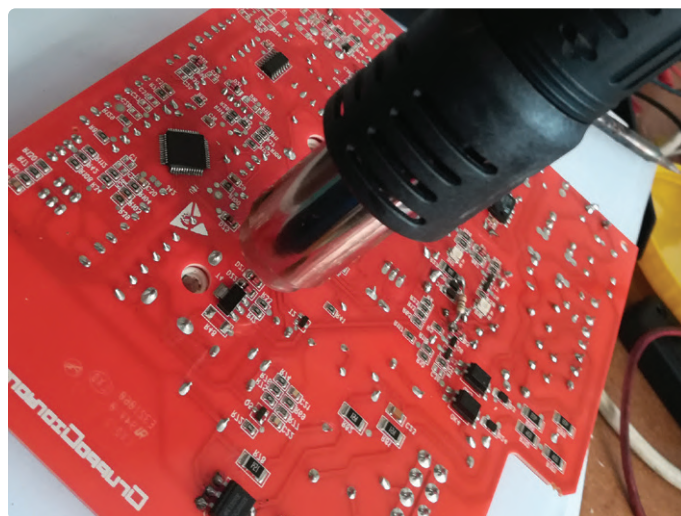
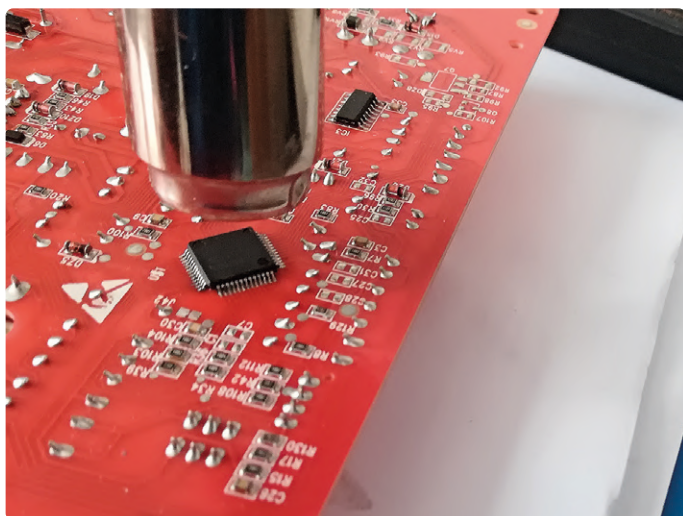
Een goed voorbeeld van zo'n station is het **2-in-1 SMD Hot Air Rework Station ZD-8922**, verkrijgbaar in de Elektor-shop [8]; het is ook voorzien van een puntsoldeerbout en is dus een gecombineerd soldeer-/desoldeerstation (figuur 14). Het desolderen met hete lucht gebeurt door de print waarvan de componenten moeten worden verwijderd op een metalen plaat te leggen en de hete straal van alle zijden afwisselend op de pinnen te richten; wanneer het soldeer op het punt staat te smelten

en glanzend wordt, kan de chip worden verwijderd. Voor dit doel moet u de chip met een vaste hand en met een verend pincet vastpakken en voorkomen dat u de componenten raakt die ernaast liggen. Als de te verwijderen component zich in een dichtbestukt gedeelte van de print bevindt, kunnen de omringende componenten gemakkelijk mee verhit worden tot het punt waarop het soldeer smelt, wat betekent dat alleen een tikje tegen een componenten al genoeg is om die te verschuiven, wat een kleine ramp kan zijn. Het verschuiven van een component zorgt er zelfs voor dat het tin zich verspreidt en kortsluiting veroorzaakt met nabijgelegen printsporen en componenten, wat achteraf moeilijk te herstellen is.

Desolderen lukt beter als de print op een verwarmingsplaat wordt gelegd, want hete lucht kan alleen één zijde verwarmen zodat er dus zeer sterk moet worden verhit voordat het soldeer smelt. Wordt de print van onderen verwarmd, dan wordt het tin bij een lagere temperatuur voorbereid op het smelten, en hoeft aan componentenzijde minder sterk en lang te worden verhit. Dit komt de levensduur van componenten en de soldeerverbindingen ten goede: als de ene kant van de print sterk wordt verhit ten opzichte van de andere kant, kan het temperatuurverschil er namelijk voor zorgen dat de print kromtrekt en vervormt of dat het soldeer loslaat, terwijl dit risico bij de gelijkmatig verwarmde print niet bestaat.

Solderen doet u door de chip gewoon goed gecentreerd op de respectievelijke pads te plaatsen; nadat u het onderdeel hebt geplaatst kunt u het verwarmen, waarbij u ervoor moet zorgen dat de hete luchtstraal niet te hard blaast, omdat u anders de chip wegblaast, vooral als het een kleintje is. Voor het desolderen van een component kunt u zelfs de kracht van de straal opvoeren om de temperatuur snel te verhogen, maar hier is voorzichtigheid geboden. Solderen lukt het beste als er een dun laagje vloeimiddel op de pads wordt aangebracht voordat de component wordt geplaatst: dit materiaal vergemakkelijkt namelijk het smelten en de hechting van het soldeer rond de aansluitingen van de chip en voorkomt dat er kortsluiting ontstaat tussen aangrenzende pinnen.

Ook solderen lukt het beste als de print eerst wordt verwarmd door een plaat. Sommige heteluchtpistolen hebben een vertraagd uitschakel-



Figuur 15. Met hete lucht desolderen van een QFT-chip (links) en een SOT23-transistor (rechts).

systeem om het verwarmingselement geleidelijk te laten afkoelen; dit betekent dat als u het gereedschap weglegt, er nog een tijdje hete lucht uit het mondstuk komt; als u het apparaat uitschakelt wanneer het een zeer hoge temperatuur heeft, kan dit gevaarlijk zijn. Plaats het heteluchtgereedschap daarom nooit op een tafel of in de buurt van brandbaar materiaal (oplosmiddelen, alcohol, papier) of zaken die door hitte vervormen (piepschuim en zachte kunststoffen), maar zet het altijd terug in de standaard. Deze voorzorgsmaatregel geldt ook voor 'instant off'-machines, als we het gereedschap even wegleggen als we het niet nodig hebben en de machine niet willen uitschakelen (bijvoorbeeld bij modellen waarbij we de temperatuur en luchtdruk telkens opnieuw met de hand moeten instellen). Zorg er in elk geval voor dat er zich geen brandbare of smeltende voorwerpen bij de houder van het heteluchtpistool bevinden. In **figuur 15** zie u een heteluchtpistool in actie bij het desolderen van enkele SMT-componenten.

SMD's in de oven!

Als er veel (kleine) componenten moeten worden gesoldeerd, is het heteluchtstation misschien niet de beste oplossing; als alternatief kunt u uw toevlucht nemen tot solderen in een oven, waarbij u alle componenten op hun respectievelijke pads van de printplaat legt, die van tevoren zijn voorzien van soldeer pasta, waarna u de print langzaam en voorzichtig (om de componenten niet te verschuiven) in de lade van een SMD-soldeeroven legt; in de Elektor-shop is zo'n oven verkrijgbaar [9] (**figuur 16**).

Dit soort ovens heeft een microprocessorgestuurd elektrisch of infrarood verwarmingselement, waardoor ze vooraf ingestelde of door de gebruiker gedefinieerde temperatuurprofielen volautomatisch kunnen uitvoeren. Gemiddeld duurt het solderen twee tot drie minuten; de



Figuur 16. De T-962 infrarood reflow-oven met speciale functies; deze is exclusief verkrijgbaar bij Elektor [9].

temperatuur stijgt geleidelijk tot een maximum van 250...300 °C, afhankelijk van de gebruikte soldeerlegering. Gedurende de tijd die nodig is om de bolletjes soldeer pasta te doen smelten, moet de oven verlicht zijn zodat u duidelijk ziet wat er binnen gebeurt; daarna daalt de temperatuur weer om de print geleidelijk te laten afkoelen.

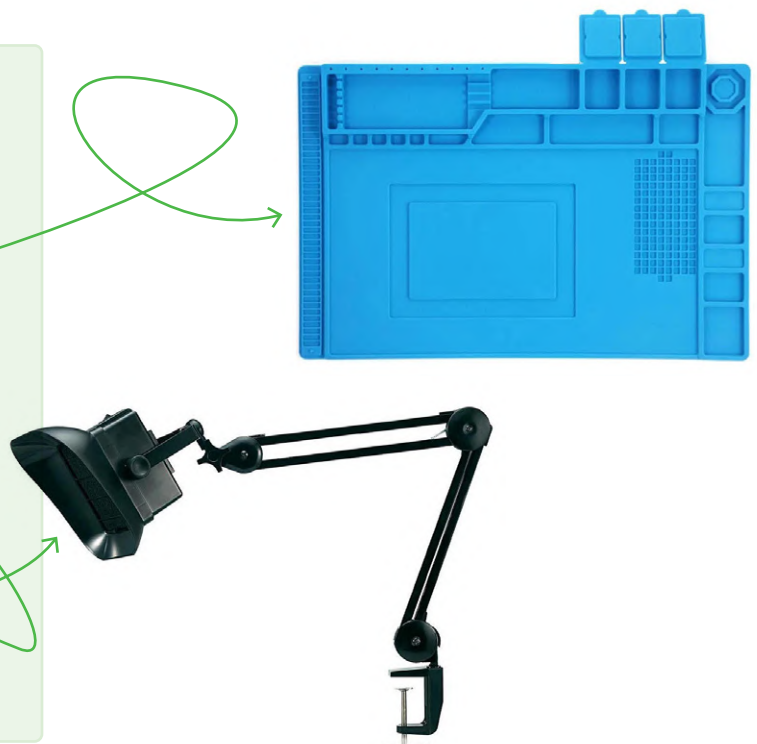
Als er onder de onderdelen die gesoldeerd moeten worden exemplaren zijn die bij hoge temperaturen beschadigd kunnen worden, is het advies om selectief te solderen, waarbij u eerst de meer hittebestendige onderdelen bij een hogere temperatuur soldeert, en daarna de kwetsbaarder onderdelen bij een lagere temperatuur die net hoog genoeg is om de soldeerlegering te doen smelten. In het laatste geval zal een beetje fluxpasta het soldeerproces vergemakkelijken. ◀

vertaling: Hans Adams — 230454-03



Gerelateerde producten

- > [1] Velleman Soldeer Sn 60% Pb 40% (1 mm, 100 gram)
www.elektor.nl/19860
- > [2] Weller WE 1010 digitaal soldeerstation
(kit voor onderwijsdoeleinden)
www.elektor.nl/18712
- > [3] PCW10A soldeermat (450×300 mm)
www.elektor.nl/20692
- > [4] Velleman antistatische werkmat met aardingssnoer
(70×100 cm)
www.elektor.nl/19858
- > [5] Soldeerdampafzuiger ZD-153A
www.elektor.nl/20468
- > [6] Voltera flux
www.elektor.nl/19535
- > [7] Whadda WTS100 Soldering Starter Set
www.elektor.nl/20426
- > [8] 2-in-1 SMD Hot Air Rework Station ZD-8922
www.elektor.nl/20141
- > [9] Verbeterde T-962 infrarood reflow-oven
(Elektor-versie)
www.elektor.nl/20346

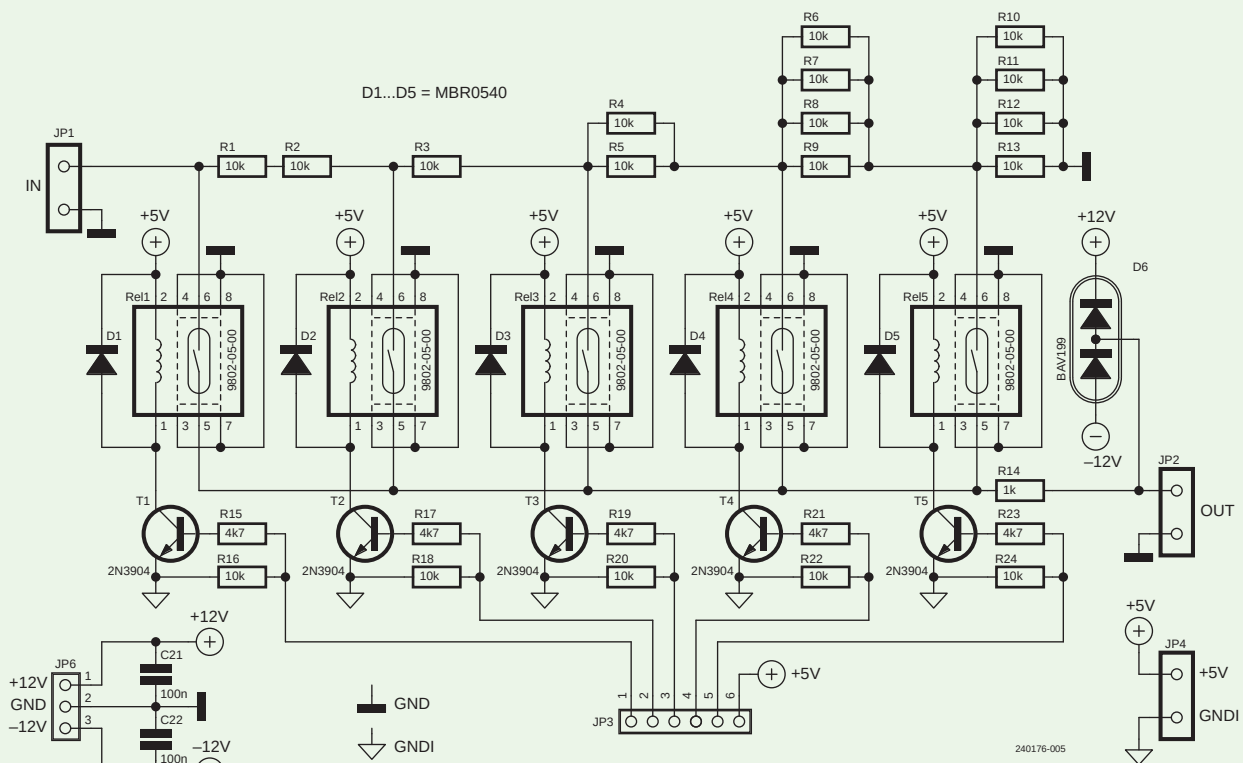


34 Verzwakkers voor audiosignalen (2)

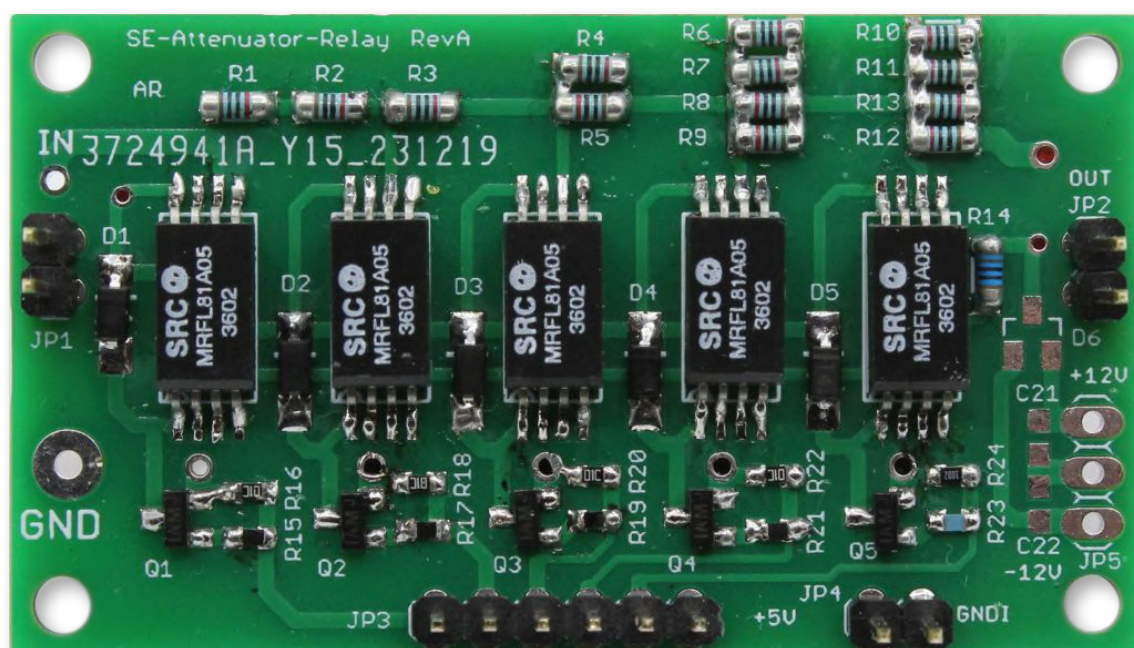
geschakeld met relais

Alfred Rosenkränzer (Duitsland)

In het eerste artikel van deze korte serie presenteerden we een eenvoudige passieve verzwakker waarvan de verzwakking met een jumper werd ingesteld. Zo'n oplossing is zeer geschikt voor een eenvoudig standalone apparaat – als u het niet zo vaak nodig hebt. Als u de verzwakker echter permanent ergens wilt installeren, moet de verzwakking kunnen worden geselecteerd met een wisselschakelaar. Dit is precies wat de twee schakelingen in dit tweede deel doen.



Figuur 1. Schema van de single-ended versie met relais.



Figuur 2. Gemonteerde print van de single-ended relaisversie.

Bij gebruik in een apparaat is het selecteren van de verzwakking met behulp van jumpers erg onhandig, omdat we de behuizing niet telkens willen openschroeven om de instelling te veranderen. Daarom zijn er twee oplossingen ontwikkeld waarbij de verzwakking via relais kan worden geschakeld en dus 'op afstand' bediend kan worden. Voor basisdoeleinden volstaat een eenvoudige, single-ended versie ten opzichte van massa. Voor differentiële audiosignalen is iets meer inspanning nodig.

Single-ended

Figuur 1 toont de schakeling van de eenvoudigere oplossing voor signalen ten opzichte van massa. Elk van de vijf relais wordt geschakeld door een transistor waarvan de basis niet alleen kan worden aangestuurd door een mechanische keuzeschakelaar, maar ook 'puur

elektronisch' (bijvoorbeeld door een microcontroller-uitgang). De 5 V die nodig is voor het gemeenschappelijke contact van een meerstandenschakelaar (JP3) en voor de relais wordt aangesloten op JP4.

De signaalmassa is gescheiden van de massa van de voeding van de 5V-relais. De afscherming van de contacten van de relais is verbonden met de signaalmassa.

Figuur 2 toont de print van mijn prototype. De positie van de connectoren voor het uitgangssignaal en de ± 12 V (zie deel 1) is zo gekozen dat er korte verbindingen zijn met andere audio-boards die ik heb ontwikkeld (zoals het Fliege-notchfilter uit Elektor september/oktober 2022 [1]). Voor de spanningsdelers zijn uitsluitend MELF-weerstanden van 10 k Ω gebruikt. De weerstanden voor de transistorsecties zijn niet kritisch en zijn daarom normale SMD-exemplaren in 0603-formaat.



Onderdelenlijst voor SE-relaisversie

Weerstanden:

(tenzij anders aangegeven MELF 0204 of dunne-film SMD 1206, 1%)

R1...R13 = 10 k

R14 = 1 k

R15, R17, R19, R21, R23 = 4k7, SMD 0603

R16, R18, R20, R22, R24 = 10 k, SMD 0603

Condensatoren:

C21, C22 = 100 n, SMD 0603

Halfgeleiders:

D1...D5 = 1N4148, DO214AC

D6 = BAV199, SOT23

T1...T5 = 2N3904, SOT23

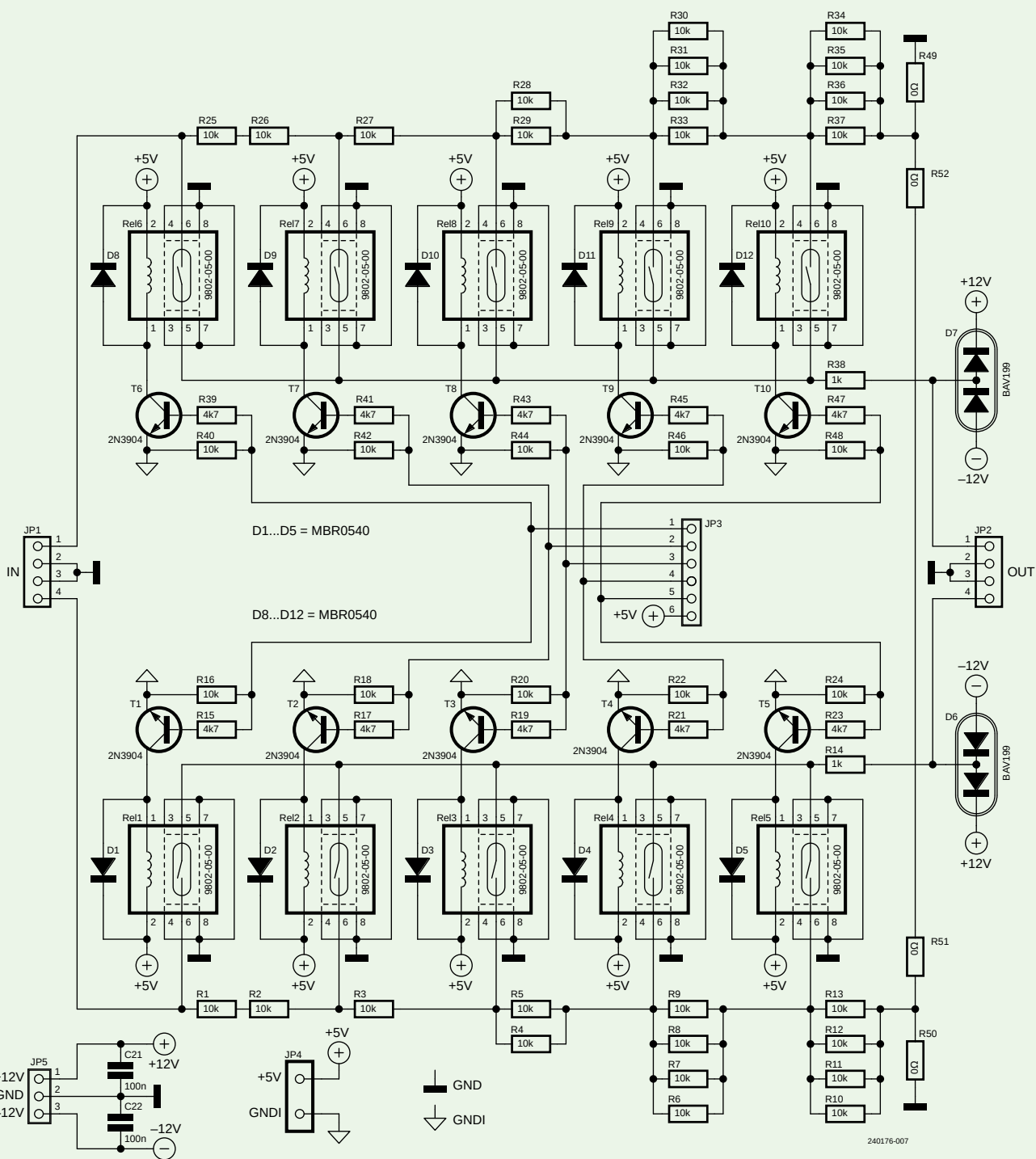
Diversen:

JP1, JP2, JP4 = 2-polige pinheader, raster 2,54 mm

JP5 = 3-polige pinheader, raster 2,54 mm

JP3 = 6-polige pinheader, raster 2,54 mm

Rel1...Rel5 = relais, 5 V, type 9802-05-00



Figuur 3. Schema van de symmetrische of stereoversie.

Symmetrisch/stereo

De derde variant is een relaisgestuurde verzwakker voor differentiële (symmetrische) signalen. De schakeling in **figuur 3** is niet ingewikkelder dan die van figuur 1; alleen de spanningsdelers, relais en transistoren zijn hier dubbel uitgevoerd.

Het differentiële ingangssignaal komt binnen op JP1 en het uitgangssignaal is beschikbaar op JP2. Weerstanden

R50, R51, R49 en R52 worden gebruikt om te bepalen of de spanningsdelers aan massa zijn gerefereerd of differentiële werken. Voor differentiële werking worden de twee weerstanden R51 en R52 gemonteerd en worden R49 en R50 weggelaten. Voor een single-ended versie (bijvoorbeeld voor stereosignalen ten opzichte van massa) worden daarentegen R49 en R50 gemonteerd en worden R51 en R52 weggelaten. De beide relais van elke trap

worden samen bediend, omdat de bases van de bijbehorende transistoren worden aangestuurd via weerstanden vanaf dezelfde aansluiting van JP3.

Figuur 4 toont de iets grotere print van mijn prototype.

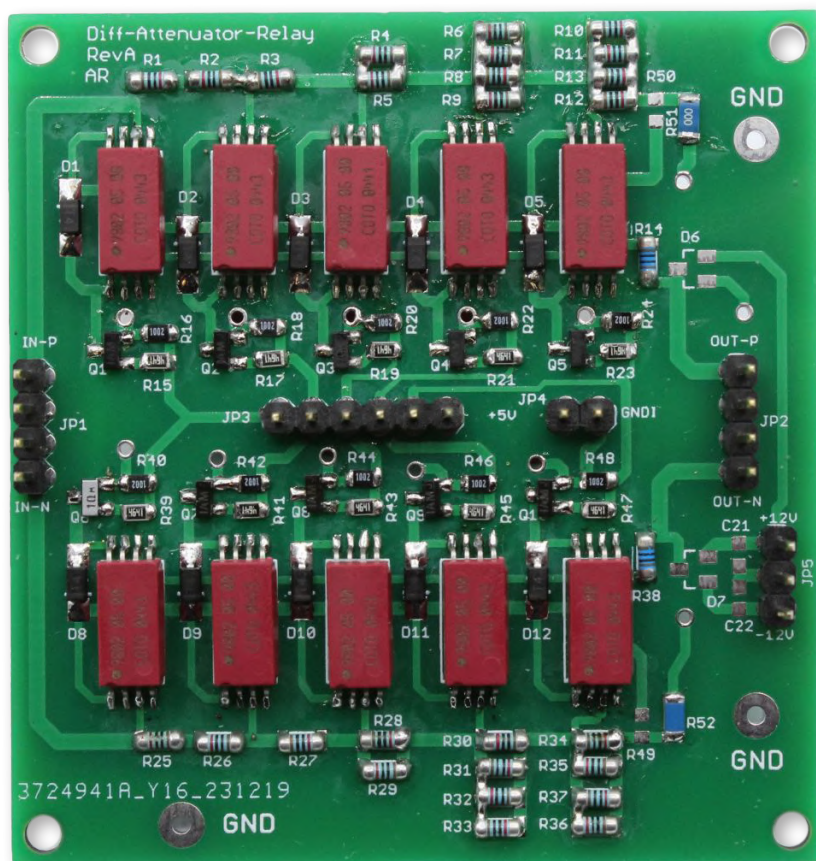
Verdere mogelijkheden

Zo'n print kan worden ingebouwd als een op zichzelf staand apparaat (bijvoorbeeld samen met een notchfilter) in een behuizing met connectoren, bedieningselementen en een voeding. De verzwakkers zijn een handig hulpmiddel bij het bouwen van audio-meetapparatuur, en zijn daarnaast geschikt als gereedschap voor een geavanceerd audio-laboratorium. Zoals altijd kunnen de layout-bestanden voor de drie printen gratis worden gedownload van de webpagina bij dit artikel [2]. Enkele onbestukte printen zijn nog verkrijgbaar bij de auteur. ◀

240176-B-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via alfred_rosenkraenzer@gmx.de of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Figuur 4. Gemonteerde print van de symmetrische of stereo-versie.

Onderdelenlijst voor symmetrische/stereo relaisversie

Weerstanden:

(tenzij anders aangegeven: MELF 0204 of dunne-film SMD 1206, 1%)
 R1...R13, R25...R37 = 10 k
 R14, R38 = 1 k
 R49...R52 = 0 Ω, SMD 0603, zie tekst
 R15, R17, R19, R21, R23, R39, R41, R43, R45, R47 = 4k7 k, SMD 0603
 R16, R18, R20, R22, R24, R40, R42, R44, R46, R48 = 10 k, SMD 0603

Condensatoren:

C21, C22 = 100 n, SMD 0603

Halfgeleiders:

D1...D12 = 1N4148, DO214AC
 D6, D7 = BAV199, SOT23
 T1...T10 = 2N3904, SOT23

Diversen:

JP1, JP2 = 4-polige pinheader, raster 2,54 mm
 JP3 = 6-polige pinheader, raster 2,54 mm
 JP4 = 2-polige pinheader, raster 2,54 mm
 JP5 = 3-polige pinheader, raster 2,54 mm
 Rel1...Rel10 = relais, 5 V, type 9802-05-00

Print 240176-03

WEBLINKS

- [1] A. Rosenkränzer, "Een Fliege-notchfilter voor audiometingen", Elektor september/oktober 2022: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-274/60995>
- [2] Projectpagina bij dit artikel: <https://elektormagazine.nl/240176-B-03>



Gerelateerd product

- Fnrssi DSO-TC3 (3-in-1) Oscilloscope, Component Tester & Signal Generator www.elektor.nl/20520



stroom uit USB-C voedingsadapters

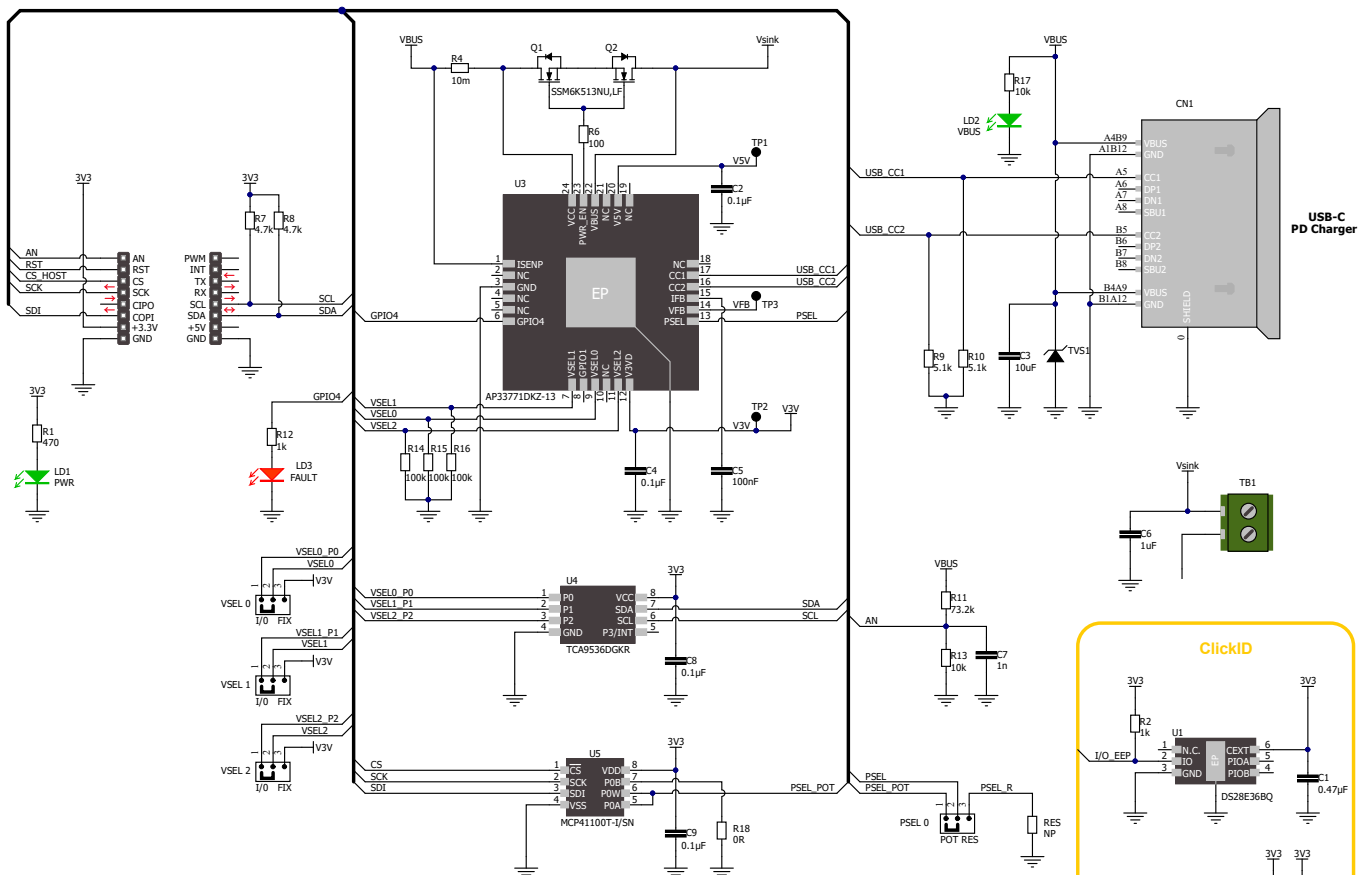
Problemen met USB-C

Er is nu echter een aantal IC's beschikbaar die deze taak eenvoudiger maken. De hier getoonde oplossing met de AP33771-chip [1] van Diodes Incorporated wordt een 'sink controller' genoemd, die de benodigde intelligentie in silicium ingebakken heeft. Daarom hoeft geen complexe PD-firmware voor micro-controllers te worden ontwikkeld. **Figuur 1** toont de basisschakeling. Dat USB-C ook andere valkuilen heeft, kunt u lezen in het kader **Pas op voor vuil!** – kleinere contacten blijken minder betrouwbaar te zijn.

Een volledige uitleg van de fijne kneepjes van USB 3.1, USB-C en PD valt buiten het kader van dit artikel. Als u geïnteresseerd bent in de details, raadpleeg dan de informatieve video van Texas Instruments over dit onderwerp [2]. Om uw eigen elektronica te voeden, hebt u alleen een USB PD-sink-oplossing nodig. De aspecten die belangrijk zijn voor de werking van de bron worden hier niet behandeld, omdat het bouwen van een USB-C voeding niet het onderwerp van dit artikel is.

The schematic diagram illustrates the AP33771 evaluation board. It shows the connection of a Type-C port to the board's VBUS, CC1, CC2, and GND pins. The board includes a 3.3V regulator (LD2) and a 5V regulator (LD3). The AP33771 IC is connected to various pins, including VCC, PWR_EN, VBUS, V5V, NC, ISEN, P, NC, CC1, CC2, IFB, VFB, PSEL, VSEL1, VSEL2, V3VD, GPIO1, GPIO4, and VSEL0. The board also features a fault indicator (Fault) and a 3.3V regulator (LD2). The board is populated with various components, including resistors (R1, R4, R6, R9, R10, R12, R14, R15, R16, R17), capacitors (C2, C3, C4, C5, C6), LEDs (LD1, LD2, LD3), and a fault indicator (Fault).

Figuur 1. De basisschakeling van een current sink met het AP3377-IC (bron: Diodes Inc. [1]).



Figuur 2. Schema van het evaluatieboard 'USB-C Sink 3 Click'
(bron: MikroElektronika, <https://tinyurl.com/y3hufmff>).

Pas op voor vuil!



Zorg ervoor dat uw USB-C-poorten schoon zijn. De foto toont de laptop van een vriend van de auteur, die problemen had met opladen. De reden hiervoor was het weinige goed zichtbare maar effectieve vuil op de contactpennen.

resistieve verliezen van de gebruikte kabel merkbaar worden. In een praktisch systeem is het daarom soms noodzakelijk om de stroom te minimaliseren en dus de mogelijke spanningsniveaus slim te kiezen.

Schakeling

De grote flexibiliteit van de USB PD-specificatie betekent dat de betreffende elektronica een aantal beslissingen moet nemen. In het geval van de hier gebruikte AP33771 wordt

een schakeling met jumpers en weerstanden gebruikt, die ook dynamisch kan worden geconfigureerd. Zie de betreffende schakeling (figuur 2) plus tabel 1 en tabel 2.

Naast de AP33772 biedt Diodes ook een variant van de component aan die kan worden geparametreerd via I²C. In dat geval zorgt een in de chip geïntegreerde spanningsregelaar zelfs voor een 3,3V-startvoeding.

In de praktijk is alleen de uitgang van belang, die een groep transistoren aanstuurt die voor de daadwerkelijke levering van de gewenste USB PD-spanning en -stroom zorgen.

Evaluatieboard van MikroElektronika

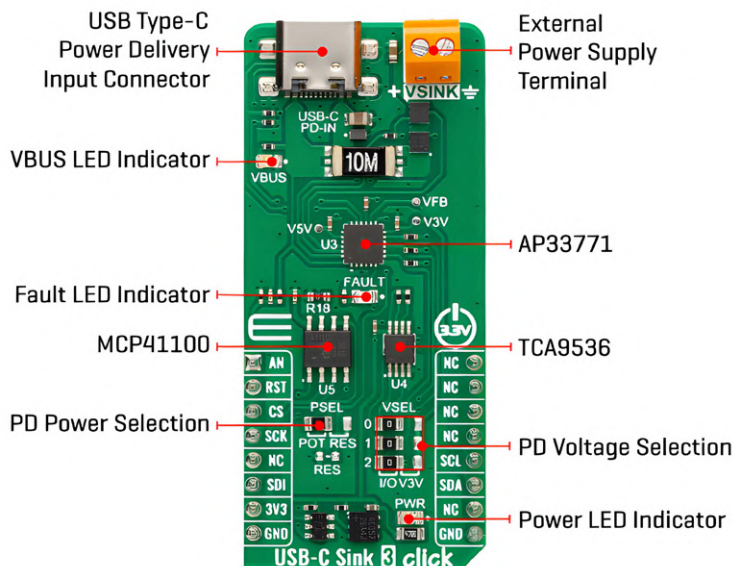
Helaas levert Diodes het IC alleen in een soldeer-onvriendelijke W-QFN4040-behuizing.

Tabel 1. Selectie van het vermogen.

RES	Vermogen
6,8 kΩ	12 W
16 kΩ	15 W
27 kΩ	18 W
36 kΩ	20 W
45,3 kΩ	27 W
56 kΩ	36 W
64,9 kΩ	45 W
75 kΩ	60 W
82 kΩ	90 W
91 kΩ	100 W

Tabel 2. Selectie van de spanning.

VSEL2	VSEL1	VSELO	Spanning
0	0	0	5 V
0	0	1	9 V
0	1	0	15 V
0	1	1	20 V
1	0	0	4,3 V
1	0	1	8,6 V
1	1	0	12,9 V
1	1	1	17,2 V



Figuur 3. Bovenkant van het evaluatieboard. Om het vermogen handmatig te selecteren, moet de 0Ω-weerstand in de positie 'RES' worden gezet en moet daaronder ('RES') een weerstand worden gemonteerd conform de tabel.

Het IC, dat slechts 4x4 mm groot is, heeft zijn piepkleine contacten aan de onderkant, wat ervaring en veel vaardigheid en/of geschikte apparatuur vereist als u het zelf wilt solderen. Het Servische bedrijf MikroElektronika heeft de *USB-C Sink 3 Click* in de aanbieding, een kant-en-klare print voor een nog acceptabele prijs van \$ 25, waarmee een USB-PD-systeem direct kan worden geïmplementeerd. Aangezien de *USB-C Sink Click*-versie (met bijna dezelfde naam) een compleet andere controller heeft, moet u ervoor zorgen dat u het juiste board met de naam *MIKROE-5791* bestelt.

Een innovatief kenmerk van de schakeling op dit board (figuur 2) is dat de I/O expander TCA9536DGKR van TI en de digipot MCP41100T-I/SN van Microchip worden gebruikt als extra I/O-IC's. Het AP33771-IC, dat zelf niet kan worden geparametreerd, kan zo gemakkelijk worden geconfigureerd via de eigen mikroBus-interface van MikroE. Om het te gebruiken als een eenvoudige USB-C-voeding, moeten op de print waar nodig enkele weerstanden en/of bruggen worden verplaatst of toegevoegd, zie **figuur 3**.

Praktische test

Om het board uit te testen, sloot ik een net gekocht exemplaar aan op een 45W-voeding van ASUS (type ADP-45EW), normaliter gebruikt om een Chromebook-computer van stroom te voorzien. Het resultaat was dat de fout-LED hevig knipperde en dat er helaas geen meetbare spanning op de oranje uitgang stond. Vervolgens sloot ik het bord aan op een voeding die bij een Orange Pi 5 was meegeleverd. Hoewel de fout-LED ook hier oplichtte, stond er dit keer ten minste 5 V op de V-Bus uitgang.

Een elektronische belasting van fabrikant Kikusui, die bij wijze van test was aangesloten, kon gedurende langere tijd meer dan 2 A bij 5 V uit de oranje aansluiting opnemen een veel hogere waarde dan de 500 mA die mogelijk is met een klassieke USB-aansluiting.

Conclusie

De AP33771 biedt een goedkope en ongecompliceerde manier om hogere vermogens via USB-C mogelijk te maken voor uw eigen projecten, in plaats van te moeten vertrouwen op oude plug-in voedingen met alle inherente

beperkingen. Dit is niet alleen de moeite waard vanwege alle regelingen en voorschriften, maar ook omdat dergelijke voedingen verkrijgbaar zijn met een hoog rendement bij kleine afmetingen (niet in de laatste plaats dankzij GaN). ◀

240211-03



Over de auteur

Annette Heidi Bosbach houdt zich bezig met interdisciplinaire experimenten op het raakvlak van elektronica, mens, machine en (uitdagende) omgevingsomstandigheden.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via annette.bosbach@gmx.de of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

- > Joy-IT HD35 USB Load Resistor (35 W)
www.elektor.nl/19164
- > 65 W USB-C PD GaN Power Supply
www.elektor.nl/20618

WEBLINKS

- [1] AP33771-datasheet van Diodes: <https://diodes.com/assets/Datasheets/AP33771.pdf>
- [2] Video over USB PD van Texas Instruments: <https://ti.com/video/5620180028001>
- [3] USB-C Sink 3 Click van MikroE: <https://mikroe.com/usb-c-sink-3-click>

36 Drie schakelingen met twee en drie teller-IC's

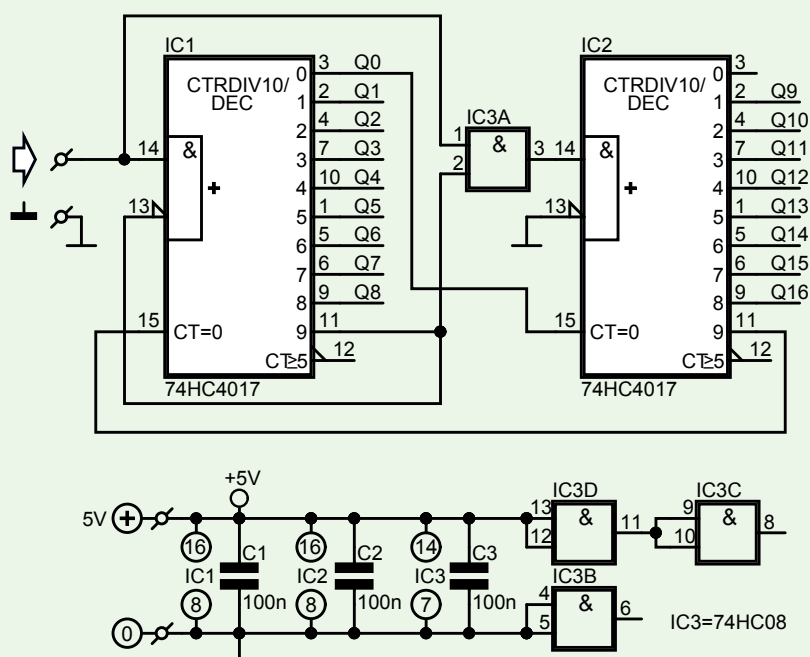
4017's werken samen

Ton Giesberts (Elektor)

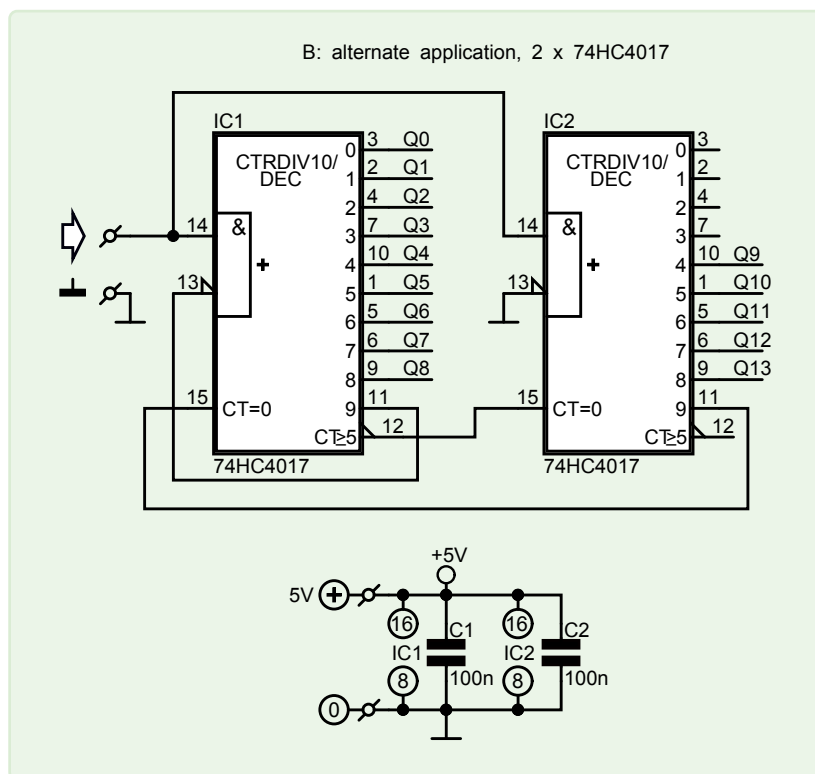
Standaard logische IC's zoals de 4017, een 5-traps deler-door-tien, kunnen in veel toepassingen worden gebruikt in plaats van microcontrollers – bijvoorbeeld in klokprojecten. We presenteren hier drie schakelingen waarin twee en drie stuks 4017 op een slimme manier samenwerken.

Het gebruik van standaard logische IC's is voor sommigen verleden tijd. Goedkope microcontrollers kunnen hetzelfde doen – en nog veel meer. Maar soms kan toevoeging van een standaard logisch IC het aantal benodigde I/O's verminderen en kan een kleinere en goedkopere microcontroller worden gebruikt. Wanneer alleen standaard logica wordt gebruikt, kan het ontwikkelen van software worden vermeden en hoeft er niets te worden geprogrammeerd. Tegenwoordig is een 4017 uit de 4000-reeks nog steeds verkrijgbaar bij diverse distributeurs, maar veel

A: standard application, 2 x 74HC4017 + 1 x 74HC08



Figuur 1. Schakeling A: standaardapplicatie met 2x74HC4017 en 1x74HC08.



Figuur 2. Schakeling B: alternatieve toepassing met 2x74HC4017.

andere types uit de 4000-reeks zijn moeilijk te vinden. Van de HC-logic serie zijn de meeste types echter nog volop verkrijgbaar en op voorraad bij diverse distributeurs, maar sommige alleen in SMT-uitvoering.

De 4017

De 4017 is een 5-traps deler-door-10 Johnson-teller – met andere woorden: een decimale teller met 10 sequentiële uitgangen [1]. De 4017 is al tientallen jaren een zeer populair IC in veel Elektor-projecten. Het is een veelzijdig IC: bij elke klokpuls wordt de volgende van de tien gedecodeerde uitgangen hoog tot de volgende klokpuls; voor nog meer flexibiliteit is voorzien in een actief-hoge en een actief-lage klokingang. Verder heeft de 4017 een carry-out uitgang ($CT \geq 5$) die 1/10 van de klokfrequentie levert, en een reset-ingang ($CT = 0$).

In sommige toepassingen zijn echter meer dan tien uitgangen nodig. Een voorbeeld is het quasi-analoog weergeven van de uren van een klok met LED's, en dat betekent dat we 12 sequentieel geactiveerde uitgangen nodig hebben. Simpelweg de carry-out van de ene 4017 aansluiten op de klokingang van een tweede 4017 is niet de juiste manier, want dan zou de eerste 4017 na tien klokpulsen gewoon opnieuw beginnen met tellen (en de eerste LED weer actief maken). We zullen dit onderwerpen met de volgende schakelingen.

Schakeling A: 2x4017 + 1xAND-poort

Laten we eens kijken naar het eerste schema (figuur 1). Een AND-poort (IC3A, een van de vier poorten van een

74HC08) wordt gebruikt om te voorkomen dat de klokpuls de tweede 4017 (IC2) bereikt gedurende de eerste negen pulsen. Daarna wordt uitgang 9 (pin 11) van IC1 gebruikt om 'zichzelf' te stoppen door de pin te verbinden met de actief-laag klokingang (pin 13); die pin 13 wordt ook wel *Active-low Clock Enable* of *Clock Inhibit* genoemd. Dezelfde ingang van IC2 is aan massa gelegd om de klok voor deze tweede teller in te schakelen.

Zodra uitgang 9 van IC1 wordt is, begint de volgende 4017 te tellen tot diens uitgang 9 hoog wordt. Uitgang 9 van de tweede 4017 reset de eerste 4017. Wanneer Q0 van deze eerste 4017 weer hoog wordt, reset die de tweede 4017. Met twee 4017 en een AND-gate zoals afgebeeld, is het maximum 17 sequentieel geactiveerde uitgangen; uitgangen Q0...Q8 worden genomen van IC1 en uitgangen Q9...Q16 komen van IC2. Als u meer dan 17 uitgangen nodig hebt, kunt u de reset van de eerste 4017 verbinden met een van de andere uitgangen van de tweede 4017. Het is ook mogelijk om meer 4017's in een soort keten te hebben, met extra AND-poorten ertussen. De eerste 4017 heeft altijd negen bruikbare uitgangen, en elke volgende 4017 heeft er acht.

Schakeling B: dubbele 4017

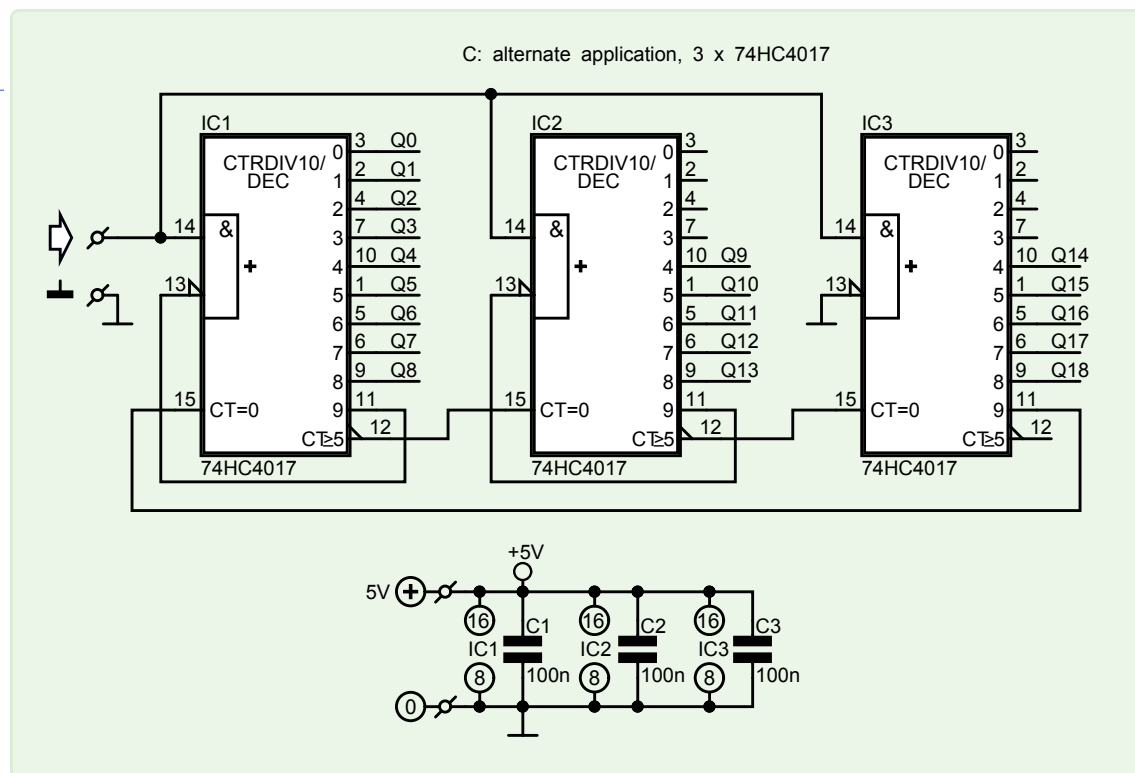
Als er meer dan 10 maar minder dan 15 uitgangen nodig zijn, kan de tweede schakeling (figuur 2) een eenvoudige en alternatieve oplossing zijn. Carry-out (pin 12), ook wel $\overline{Q}5-9$ of $CT < 5$ genoemd als het een actief-hoog uitgang is of $CT \geq 5$ als het een actief-laag uitgang is, wordt gebruikt om de tweede 4017 te resetten. Deze carry-out is actief gedurende de eerste vijf tellen (één van uitgangen Q0...Q4 actief) en laag gedurende de volgende vijf tellen (één van uitgangen Q5...Q9 actief). Als hij hoog is, blijft de volgende 4017 gereset en blijft zijn uitgang 0 actief. Op het moment dat Q5 (pin 1) van IC1 hoog wordt, wordt de reset van IC2 inactief en kan deze tweede teller beginnen met tellen. De actief-laag klokingang (pin 13) van IC2 is verbonden met massa om de actief-hoog klokingang (pin 14) in te schakelen.

Vanwege de propagatievertraging van IC1 wordt carry-out iets later laag nadat de klokpuls hoog gaat, IC2 mist deze klokpuls omdat de reset dan nog lang genoeg actief is. Als Q6 van IC1 hoog wordt, wordt uitgang 1 van IC2 hoog (enzovoort). De truc is: beide tellers tellen, maar uitgangen 0...3 van IC2 worden verwaarloosd, en uitgang 4 van IC2 fungeert als Q9 van de complete schakeling (enzovoort).

Wanneer uitgang 9 van IC2 hoog wordt, wordt IC1 gereset en begint de telling opnieuw. Met twee 4017's is het maximum 14 sequentieel geactiveerde uitgangen. Uitgangen Q0...Q8 worden genomen van IC1 en uitgangen Q9...Q13 komen van IC2.

Schakeling C: drie of meer stuks 4017

Zelfs 19 (of meer) uitgangen zijn mogelijk (figuur 3): hetzelfde principe als schakeling B kan worden gebruikt



Figuur 3. Schakeling C: uitgebreide schakeling B met 3x74HC4017.

met meer dan twee 4017's. Uitgang 9 van de tweede 4017 is ook verbonden met zijn actief lage klokingang, zodat hij stopt met tellen na de 14 klokpulsen. De derde 4017 voegt nog eens vijf uitgangen toe, en het maximum is 19 sequentieel geactiveerde uitgangen. Uitgangen Q0...Q8 komen van IC1, uitgangen Q9...Q13 komen van IC2 en uitgangen Q14...Q18 komen van IC3. Wanneer meer 4017's in serie worden geplaatst, moet uitgang 9 van de laatste 4017 worden verbonden met de reset van de eerste 4017. Het moge duidelijk zijn wat u moet doen als u nog vijf extra uitgangen nodig hebt?

Een opmerking over de 4017

Kijkend naar oude datasheets (RCA-databook "CMOS Integrated Circuits" uit 1983 [2] over een CD4017B, of het "High-speed CMOS-Logic Data Book" van Texas Instruments uit 1984 [3] over een 74HC4017), wordt de actief-hoge klokingang beschreven als een Schmitt-trigger ingang, hoewel in beide gevallen geen specificatie van de hysteresis wordt gegeven. In recente datasheets van Nexperia [4] en Texas Instruments [5] wordt deze Schmitt-trigger ingang niet meer getoond of genoemd. Mijn tests toonden aan dat de klokingang van een recente CD74HC4017E geen Schmitt-trigger ingang heeft. [↩](#)

240243-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Over de auteur

Ton Giesberts begon na zijn studie bij Elektuur (nu Elektor), toen we op zoek waren naar iemand met affiniteit voor audio. In de loop der jaren heeft hij voornamelijk aan audioprojecten gewerkt. Analoog ontwerp heeft altijd zijn voorkeur gehad. Projecten op andere gebieden van de elektronica horen er natuurlijk ook bij. Een van de motto's van Ton is: "Als je het beter wilt hebben, doe het dan zelf." Voor een printontwerp voor een audioproject met vervormingscijfers in de orde van 0,001% is een goede layout cruciaal!



Gerelateerd product

> **Bundle: Logic Analyzers in Practice (Book) + USB Logic Analyzer (8-ch, 24 MHz)**
www.elektor.nl/20800

WEBLINKS

- [1] CD4017B-datasheet: <https://ti.com/lit/gpn/cd4017b>
- [2] RCA: CMOS Integrated Circuits (1983): <https://tinyurl.com/bddcwh53>
- [3] TI: High-speed CMOS-Logic Data Book (1984): <https://tinyurl.com/bdcnfrfx>
- [4] Nexperia: 74HCT4017-datasheet: <https://tinyurl.com/mxuu2ae8>
- [5] TI: 74HC4017-datasheet: <https://ti.com/lit/ds/symlink/cd74hc4017.pdf>

37 Actieve componenten – de diode

Dogan Ibrahim (Verenigd Koninkrijk)

Actieve elektronische componenten zijn onderdelen die kunnen versterken of de elektrische stroom in een elektronische schakeling kunnen regelen waardoor essentiële functies in elektronische schakelingen en apparaten uitgevoerd kunnen worden. De meest voorkomende actieve componenten zijn diodes, transistoren en geïntegreerde schakelingen (IC's). Deze componenten kunnen functies uitvoeren zoals schakelen, versterken, vermogensregeling, rekenen, gegevens opslaan enzovoort. In dit artikel, overgenomen uit het boek *Practical Electronics Crash Course* door Dogan Ibrahim, werpen we een blik op de diode.

Opmerking van de redactie: dit artikel is een gedeelte uit de Elektor-uitgave *Practical Electronics Crash Course*. Het is geformatteerd en aangepast om aan de Elektor-Mag-conventies en layout te voldoen. De auteur en de redactie staan voor u klaar om eventuele vragen te beantwoorden. Contactgegevens zijn te vinden in het kader **Vragen of Opmerkingen**.

Halfgeleidercomponenten worden gemaakt door lagen N-type en P-type halfgeleidermateriaal op elkaar te stapelen. Het gebied tussen twee van zulke lagen wordt een PN-overgang genoemd. N-type materiaal bevat negatieve ladingdragers (elektronen), P-type materiaal positieve ladingdragers (gaten). De geleidende eigenschappen van die overgangen kunnen worden beïnvloed door zogenaamde instelspanningen en -stromen.

Halfgeleiderdiodes

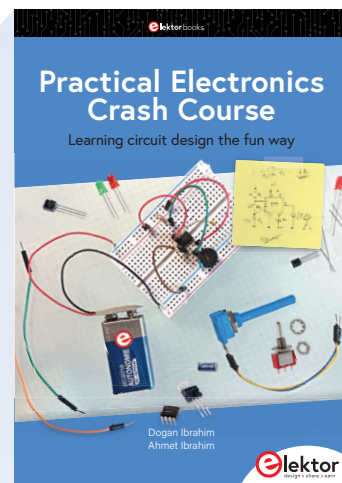
Als we het in dit artikel over diodes hebben bedoelen we halfgeleiderdiodes, meestal gemaakt van silicium of germanium. Deze diodes worden ook wel PN-junctiediodes genoemd omdat ze bestaan uit een enkele PN-overgang. Een diode is een onderdeel met twee aansluitingen dat de stroom doorgaans maar in één richting geleidt. De weerstand van de diode is laag (idealiter nul ohm) in de ene richting en hoog (idealiter oneindig) in de andere. Om een diode stroom te laten geleiden moet de spanning op de anode positief zijn ten opzichte van de kathode. Dit wordt voorwaartse instelling genoemd.

Veel voorkomende toepassingen van diodes zijn:

- > gelijkrichten van wisselstroom (AC) naar gelijkstroom (DC);
- > lichtbron (lichtgevende diodes, LED's);
- > spanningsregeling (bijvoorbeeld zenerdiodes);
- > spanningsvermenigvuldiging;
- > klemmen of clippen van signalen;
- > logische poorten en schakelaars;
- > vrijloopdiode;
- > ompoolbeveiliging;
- > demodulatie in radio-ontvangers;
- > en nog veel meer...

Soorten diodes

Er bestaan verschillende soorten diodes; we behandelen hier de meest gebruikte.



Signaaldiodes

Dit zijn kleine diodes die veel toegepast worden om de stroom in één richting tegen te houden. **Figuur 1** toont een typische (klein) signaaldiode, samen met het symbool zoals dat gebruikt wordt in een elektronisch schema.

Figuur 2 toont de stroom/spanning-karakteristiek (I/V) van een signaaldiode. Er loopt geen stroom tot de voorwaartse spanning (de spanning in geleiderichting) de drempelwaarde bereikt, 0,7 V voor een siliciumdiode, 0,3 V voor een germaniumdiode. We moeten er op letten dat de gespecificeerde maximumwaarden niet overschreden worden, zoals de stroom in doorlaatrichting I_F en spanning in sperrichting V_R ; als deze waarden overschreden worden kan de diode kapot gaan. Het maximaal te dissiperen vermogen is een andere waarde die niet overschreden mag worden. Het gedissipeerde vermogen wordt bepaald door de spanning over de diode (normaliter 0,7 V bij silicium) te vermenigvuldigen met de stroom door de diode.

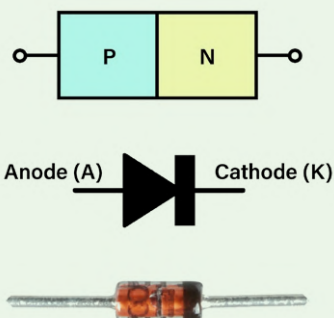
Als voorbeeld nemen we de 1N4148, een zeer vaak toegepaste signaaldiode. De karakteristieken van deze diode zijn:

- > maximum sperspanning $V_{RM} = 100 \text{ V}$
- > gemiddelde stroom in doorlaatrichting $I_F = 200 \text{ mA}$
- > maximumstroom in doorlaatrichting $I_{FM} = 300 \text{ mA}$
- > maximale doorlaatspanning $V_{FM} = 1,0 \text{ V}$ bij 10 mA
- > maximaal toelaatbare piekstroom (niet herhalend) $I_{FSM} = 1.0 \text{ A}$
- > maximale vermogensdissipatie $P_D = 500 \text{ mW}$
- > reverse recovery-tijd, $t_R < 4 \text{ ns}$

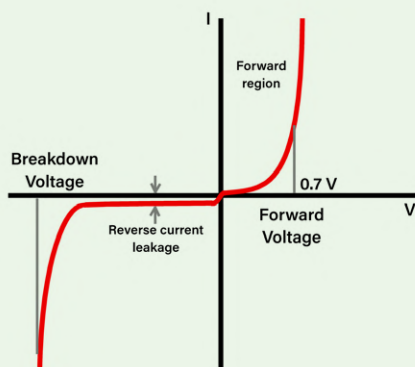
Schottky-diodes

Schottky-diodes lijken veel op signaaldiodes, maar de spanningsval bedraagt slechts 0,2...0,3 V. Ze worden gebruikt in schakelingen waarin zeer snel geschakeld moet worden.

Figuur 3 toont het schemasymbool van de



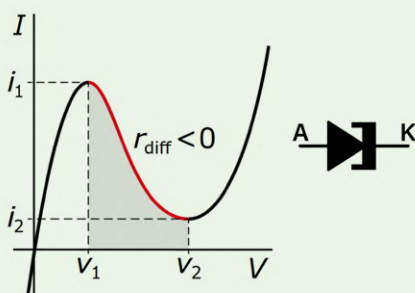
Figuur 1. Kleinsignaal-diode met PN-overgang.



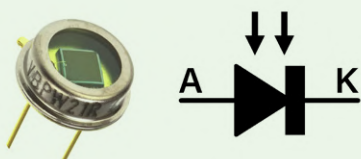
Figuur 2. Stroom/spanning-karakteristiek (I/V) van een signaaldiode.



Figuur 3. Schemasympool van een Schottky-diode.



Figuur 4. Tunnel diode.



Figuur 5. Fotodiode.

Schottky-diode. Het belangrijkste nadeel van dit type is de relatief lage maximale sperspanning.

Gelijkrichtdiodes

Gelijkrichtdiodes zijn vergelijkbaar met signaaldiodes, maar de P/N-overgang heeft een veel groter oppervlak. Ze worden veel toegepast in AC/DC-gelijkrichters, hebben hetzelfde schemasymbool en zien er hetzelfde uit als signaaldiodes.

Tunnel diodes

Een tunnel diode, ook wel Esaki-diode genaamd, vertoont over een deel van de karakteristiek een negatieve weerstand ($r_{\text{diff}} < 0$), wat betekent dat de stroom door de diode afneemt als de spanning erover toeneemt. Als de aangelegde spanning stijgt, gaat vanaf de drempelspanning stroom lopen. In eerste instantie neemt de stroom met toenemende spanning, maar boven een bepaalde waarde wordt de stroom weer kleiner. Voeren we de spanning nog verder op, dan gaat op zeker moment de stroom ook weer toenemen. Tunnel diodes worden gebruikt in schakeltoepassingen, oscillatorschakelingen en als logisch geheugen. **Figuur 4** toont het symbool en de typische I/V-karakteristiek van een tunnel diode.

Fotodiodes

Een fotodiode is een lichtgevoelige halfgeleiderdiode die licht omzet in elektriciteit. Fotodiodes kennen veel verschillende toepassingen, bijvoorbeeld om kleine hoeveelheden energie op te wekken (als zonnecel), in rook- en vlamdetectoren, in camera's voor lichtmeting, in medische instrumenten als lichtdetector en nog veel meer. **Figuur 5** toont een fotodiode, samen met zijn schemasymbool.

Varactordiodes

Dit is een type diode waarvan de interne capaciteit varieert met de aangelegde sperspanning. Ze worden dan ook gebruikt in schakelingen waar een variabele capaci-

teit nodig is, zoals in de afstemschakeling van een radio, waar de capaciteit in de afstemkring gewijzigd wordt door een spanning te variëren. De varactordiode (of varicap) is een component die gebruikt wordt in sperrichting. Het symbool lijkt op dat van de signaaldiode, maar de kathode heeft twee parallelle lijnen.

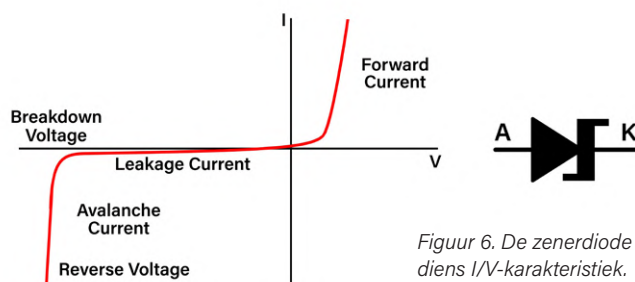
Zenerdiodes

Zenerdiodes laten stroom in beide richtingen door als aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan. In voorwaartse richting werkt een zenerdiode net als een signaaldiode met geringe drempelspanning. In sperrichting zal er geen stroom door de diode lopen (afgezien van een geringe lekstroom). Als de spanning echter hoger wordt dan de zogenaamde zenerspanning, gaat er stroom door de diode lopen. Vanaf dit punt in de karakteristiek blijft de spanning over de diode constant, onafhankelijk van de stroom door de diode. Zenerdiodes worden dan ook veel gebruikt in spanningsregelaars, als referentie-spanningsbron, voor het onderdrukken van piekspanningen en in clipschakelingen. **Figuur 6** toont het schemasymbool en de typische I/V-karakteristiek van een zenerdiode. Zenerdiodes zijn verkrijgbaar met verschillende spanningen, vanaf ongeveer 2,4 V tot honderden volts.

Lichtgevende diodes (LED's)

Een lichtgevende diode (light emitting diode of LED) is een halfgeleiderdiode die licht uitstraalt als er stroom door loopt. LED's worden in veel elektronische schakelingen toegepast. Enkele veelvoorkomende toepassingen zijn:

- > zaklantaarns & verlichting;
- > computers & klokken;
- > verkeerslichten (signage);
- > indicatielampjes;
- > beeldschermen (televisie);
- > voertuigverlichting (inclusief koplampen);
- > straatverlichting;
- > enzovoort...



Figuur 6. De zenerdiode en diens I/V-karakteristiek.

LED's hebben veel interessante eigenschappen, zoals:

- snel;
- verschillende kleuren;
- geringe warmteproductie;
- klein;
- helderheid is eenvoudig te variëren;
- goedkoop;
- geen opwarmtijd;
- combineerbaar.

LED's zijn verkrijgbaar in diverse kleuren. De helderheid van een LED kan worden gevarieerd via de stroom die er doorheen loopt. De doorlaatspanning V_F van een LED hangt af van de kleur licht die de LED uitstraalt. Uit **figuur 7** blijkt dat de doorlaatspanning V_F tussen 1,8 V en 3,5 V ligt

LED's bestaan in veel vormen. De meeste LED's zijn rond, maar rechthoekige en andere vormen zoals strips komen ook voor (**figuur 8**). De standaard through-hole LED's hebben een diameter van 3 mm of 5 mm. Standaard LED's hebben de maximale lichtopbrengst bij 16...20 mA (al is 1 mA vaak al voldoende voor een goede zichtbaarheid). LED's voor verlichtingstoepassingen verdragen veel grotere stromen. High-efficiency-LED's hebben daarentegen genoeg aan een paar milliampère.

RGB-LED's

Een RGB-LED (**figuur 9**) bestaat uit drie LED's (rood, groen en blauw) in één behuizing. U kunt bijna elke kleur maken door de drie kleuren te combineren (**figuur 10**).

RGB-LED's komen in twee smaken (**figuur 11**): met een gemeenschappelijke kathode (common-cathode of CC) of met een gemeenschappelijke anode (common-anode, CA). De gemeenschappelijke aansluiting is langer dan de andere drie, zodat deze te herkennen is. Als het toch niet duidelijk is kan met een multimeter uitgezocht worden met wat voor type RGB-LED we te maken hebben:

- zet de multimeter in de diodetest-stand;
- verbind het rode meetsnoer (+) met de langste aansluiting (common) van de RGB-LED;
- raak nu een van de andere aansluitingen van de LED aan met het zwarte snoer van de multimeter;
- als de LED oplicht, is het een common-anode type, zo niet dan is het een common-cathode LED (of een defect exemplaar).

Tweekleuren-LED's

Tweekleuren-LED's (**figuur 12**) hebben drie aansluitingen, met meestal een gemeenschappelijke kathode en twee anodes, voor elke kleur één (er bestaan ook types met gemeenschappelijke anode). De gemeenschappelijke aansluiting is de middelste van de drie.

Behalve de genoemde types zijn er ook nog infrarood- en ultraviolet-LED's, hoogspanning-LED's (meerdere LEDs in serie in een behuizing), digitale LEDs, kleur-wisselende en knipperende LEDs enzovoort. Een rode LED zal altijd rood licht geven, maar een witte, transparante behuizing kan elke kleur zijn, vaak rood, blauw of wit. Gebruik een diode- of LED tester om uit te vinden met welke kleur u te maken hebt.

Eenvoudige LED-schakeling

In **figuur 13** zien de basis-LED-schakeling. Hier vormen een 9V-batterij en een rode LED een stroomkring, samen met een weerstand die de stroom door de LED begrenst. In deze schakeling willen we 15 mA door de LED sturen, waardoor deze helder oplicht.

Als de spanning over de rode LED in doorlaatrichting 1,8 V bedraagt, staat over de weerstand een spanning van $9 - 1,8 = 7,2$ V. Met de wet van Ohm kan dan de waarde van de weerstand worden berekend:

$$R = V/I = 7,2/0,015 = 480 \, \Omega$$

De dichtstbijzijnde waarde in de E12-reeks is 470 Ω . Die weerstand resulteert in een stroom door de LED van $7,2/470 = 0,0153$ A = 15,3 mA, dat is nauwkeurig genoeg (een afwijking van maar 2%).

Bij 15 mA is de LED erg helder, we willen daarom de stroom reduceren tot 3 mA. Daartoe berekenen we opnieuw de waarde van de weerstand: $R = 7,2/0,003 = 2400 \, \Omega$ of 2,4 k Ω . We kunnen nu uit de E12-reeks kiezen voor 2,2 k Ω en een iets grotere helderheid, of 2,7 k Ω en iets minder helder.

Let op dat de door het menselijk oog waargenomen helderheid niet lineair maar logaritmisch is in relatie met de hoeveelheid licht. Als vuistregel geldt: om de helderheid van de LED met een zichtbaar 'stapje' te verhogen moet de stroom erdoor verdubbelen.

Zenerdiode-regelaar

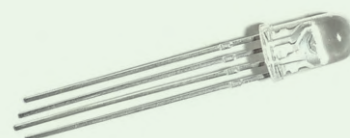
In dit project wordt weer een 9V-batterij voor de voeding gebruikt. Een 5,1 V/1 W-zenerdiode ($V_Z = 5,1$ V) wordt gebruikt om de spanning te reduceren naar 5,1 V voor de belasting.

LED colour	Forward voltage
 Red	1.8 V
 Yellow	2.1 V
 Green	2.2 V
 Blue	3.2 V
 White	3.2 V

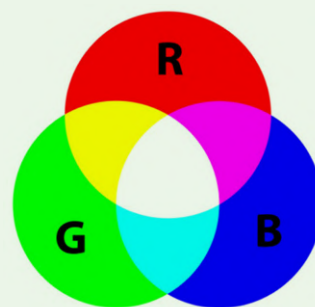
Figuur 7. Doorlaatspanningen van verschillende gekleurde LED's.



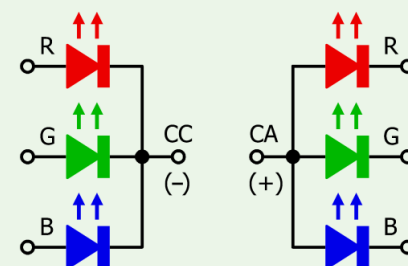
Figuur 8. LED's in soorten en maten.



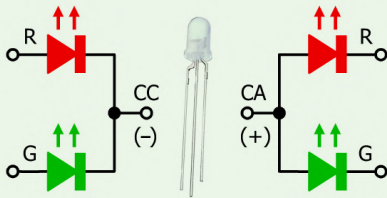
Figuur 9. Een RGB-LED is transparant.



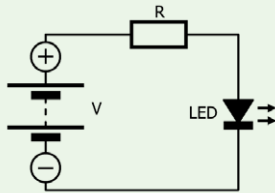
Figuur 10. Kleuren mengen met rood, groen en blauw.



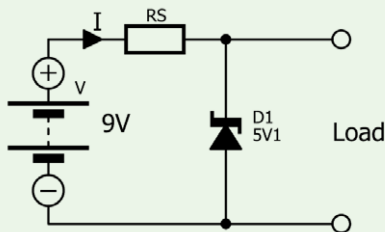
Figuur 11. RGB-LED's kunnen een gemeenschappelijke kathode (CC, links) of gemeenschappelijke anode (CA, rechts) hebben.



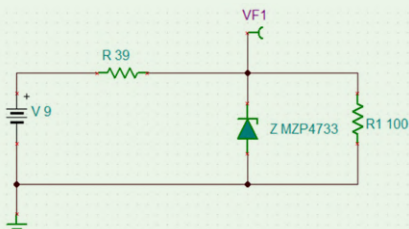
Figuur 12. Tweekleuren-LED.



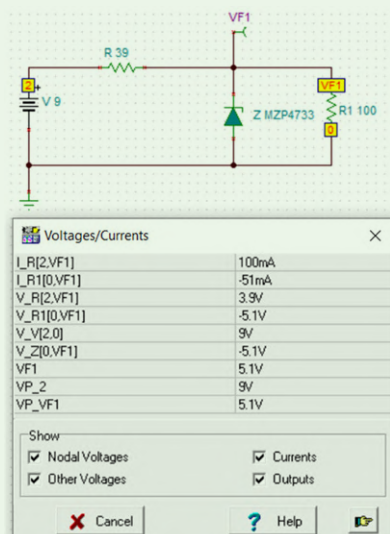
Figuur 13. Een eenvoudige LED-schakeling.



Figuur 14. Spanningsregelaar met zenerdiode.



Figuur 15. Zenerdiodeschakeling in de Tina-simulator.



Figuur 16. Het resultaat van de simulatie.

We gaan er van uit dat de uitgangsstroom kan variëren van 0 A (onbelast) tot een maximale waarde, die bepaald wordt door het maximale vermogen dat de zenerdiode kan dissiperen.

Figuur 14 toont het schema van deze spanningsregelaar, waarbij de gestabiliseerde uitgangsspanning over de zenerdiode staat. We kunnen nu de waarde van de serie weerstand R_S berekenen:

- > de maximale stroom I_Z door de zenerdiode, uitgaande van 50% vermogen (we belasten de diode tot 50% van het toegestane maximum om de diode te sparen): $P/V = 0,5/5,1 = 0,098 \text{ A} = 98 \text{ mA}$;
- > de waarde van de serie weerstand die daaruit volgt is $R_S = (V - V_Z)/I_Z = (9 - 5,1)/0,098 = 39,8 \Omega$. We nemen $R_S = 39 \Omega$, de dichtstbijzijnde standaardwaarde.

Het is gebruikelijk om 10% van de maximale stroom te reserveren voor de zenerdiode, en dus blijft er 88 mA over voor de belasting. Als er geen belasting is aangesloten, loopt de maximale stroom door de zenerdiode: $(9 - 5,1)/39 = 100 \text{ mA}$. Het maximale vermogen dat de diode dan moet dissiperen is $100 \times 5,1 = 510 \text{ mW}$, ruim binnen de specificaties van de gekozen zenerdiode. Het maximale vermogen dat de weerstand R_S moet kunnen verwerken is $0,098 \times (9 - 5,1) = 382 \text{ mW}$. Voor alle zekerheid rekenen we met het dubbele van die waarde en kiezen we een 1W-weerstand.

Simulatie

- > Start de TINA-TI simulator.
- > teken de schakeling zoals in **figuur 15** en kies de MZP4733 als zenerdiode. Dit is een 5,1V-type. Sluit een 100Ω-weerstand aan op de uitgang als belasting.
- > Klik op **Analysis** → **DC analysis** → **Table of DC results**.
- > Er verschijnt een tabel met de spanningen en stromen in de schakeling. De spanning over de belasting (VF1) is 5,1 V en de stroom door de belasting (I_{R1}) is 51 mA (zie **figuur 16**).

Nog een voorbeeld

Ontwerp een regelaar met een zenerdiode voor een constante stroom van 500 mA. Neem als voedingsspanning 9 V en voor de spanning over de belasting 5,1 V. Als we 10% van de belastingstroom voor de zenerdiode reserveren, bedraagt de dissipatie

in de enerdiode $5,1 \times 0,05 = 255 \text{ mW}$. We houden een ruime veiligheidsmarge van ongeveer 50% aan en kiezen daarom een 0,5W-diode.

De totale stroom door weerstand R_S in **figuur 14** wordt nu 550 mA. Voor diens waarde geldt dan $R_S = (9 - 5,1)/550 = 7,1 \Omega$. We kiezen 6,8 Ω als dichtstbijzijnde standaardwaarde. Dan is de totale stroom $(9 - 5,1)/6,8 = 574 \text{ mA}$ en het vermogen dat door de weerstand wordt gedissipeerd bedraagt $0,574 \times (9 - 5,1) = 2,2 \text{ W}$. We kiezen voor de zekerheid een 5W-type. ◀

vertaling: Adrie Kooijman — 240299-03



Over de auteur

Prof. dr. Dogan Ibrahim heeft een Bachelor in elektronica, een Master in Automatic Control Engineering en een PhD in digitale signaalverwerking. Dogan heeft in heel wat industriële organisaties gewerkt voor hij terugkeerde naar de academische wereld. Prof. Ibrahim heeft meer dan 70 technische boeken op zijn naam en heeft meer dan 200 technische artikelen over microcontrollers, microprocessors en aanverwante zaken gepubliceerd. Hij is Chartered Electrical Engineer en Fellow van het Institution of the Engineering Technology. Hij is al tientallen jaren zendamateur en is ook Arduino-gecertificeerd.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via d.ibrahim@btinternet.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

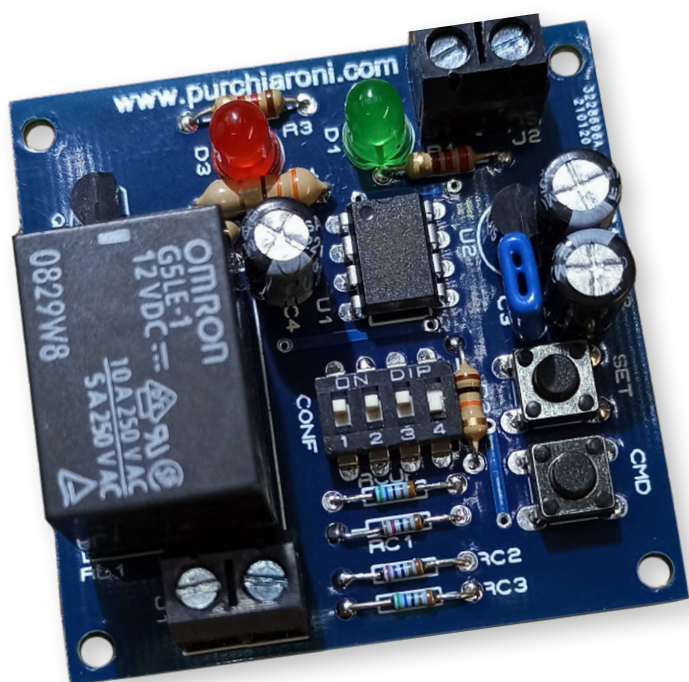


Gerelateerde producten

- > **Dogan Ibrahim, Practical Electronics Crash Course, Elektor 2024**
www.elektor.nl/20821
- > **Elektor Electronics Crash Course Bundle (Book + Kit of Parts)**
www.elektor.nl/20824

38 Timer voor extreem lange tijden

instellen en vergeten!



Figuur 1. De opgebouwde timer.

Stefano Purchiaroni (Italië)

Deze relaischakeling met een microcontroller kan apparaten op afstand activeren met een vertraging van maximaal 255 jaar. Deze oplossing is ideaal voor toepassingen zoals het in gang zetten van acties op een afgelegen plaats die zelden wordt bezocht.

Het aansturen van gebeurtenissen in de verre toekomst kan zijn nut hebben, vooral in afgelegen gebieden waar niemand aanwezig is. Een vriend van me had de behoefte om een verwarming in een afgelegen huis in te schakelen zodra het koude seizoen aanbrak, ook al gaat hij er alleen in de zomer naar toe. De schakeling die hier wordt beschreven is een relaistimer, die geschikt is voor zeer lange tijden – van één seconde tot 255 jaar. Uiteraard zullen de gebruikte componenten waarschijnlijk geen eeuwen meegaan, maar ik denk dat een levensduur van enkele tientallen jaren aannemelijk is, gezien het feit dat ik oude elektronische apparaten uit de jaren '70 bezit die nog steeds werken. Het uiteindelijke apparaat is te zien in **figuur 1**.

Ontwerp van de schakeling

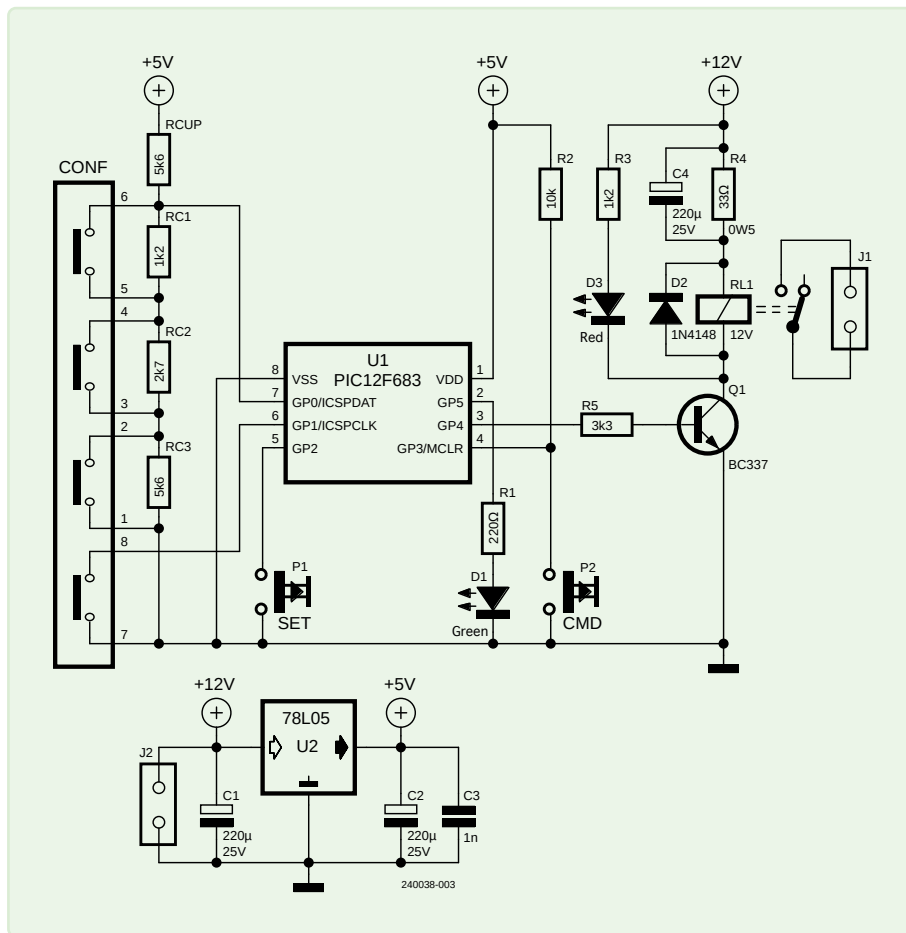
De hardware is met opzet zo minimalistisch mogelijk gehouden; het volledige schema is te zien in **figuur 2**. Er is een PIC12F683-microcontroller van Microchip gebruikt, waarvan de interne RC-klok is ingesteld op een frequentie van 4 MHz, en er is een viervoudige DIP-schakelaar gebruikt als belangrijkste gebruikersinterface. Drie van de schakelaars worden gebruikt om de tijdseenheid te kiezen (seconden, minuten, uren, dagen, weken, maanden en jaren). Raadpleeg **tabel 1** voor de betreffende schakelaarstanden. Als u de timer wilt gebruiken voor een specifieke tijdseenheid die u niet van plan bent te veranderen, kunt u de CONF DIP-schakelaar weglaten en de gesloten schakelaars vervangen door draadbruggen.

Elke schakelaar staat parallel aan een van de drie weerstanden RC1, RC2 en RC3, die in serie zijn geschakeld en zo samen met weerstand RCUP een spanningsdeler vormen van V_{dd} naar massa. De uitgangsspanning van die deler wordt gemeten door de ADC van de PIC op pen 7.

Tabel 1. Tijdseenheid instellen.

0 = open, 1 = gesloten, X = maakt niet uit

Schake-laar 1	Schake-laar 2	Schake-laar 3	Tijds-eenheid	Aantal flitsen van de indicator-LED
1	1	X	seconden	1
1	0	1	minuten	2
1	0	0	uren	3
0	1	1	dagen	4
0	0	0	weken	5
0	1	0	maanden	6
0	0	1	jaren	7



Figuur 2. Het schema.

Een 12V-voedingsadapter die minstens 500 mA kan leveren, wordt gebruikt om de schakeling van stroom te voorzien; u kunt er een van een oude router of iets dergelijks gebruiken. Het is de bedoeling dat de timer permanent onder spanning blijft, maar een sporadische korte stroomstoring kan niet veel kwaad. Tijdens het aftellen wordt de resterende tijd af en toe opgeslagen in de interne EEPROM van de PIC en het tellen wordt hervat bij die eerder opgeslagen waarde als de spanning weer voorhanden is.

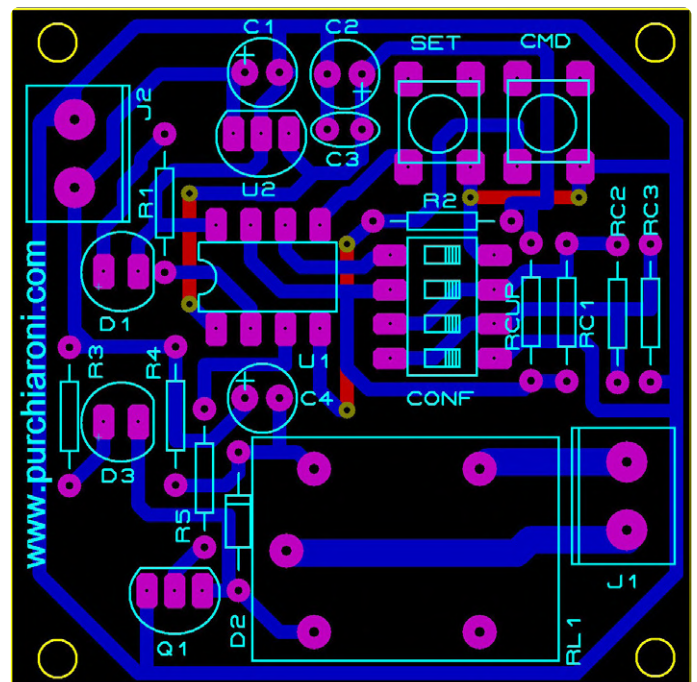
Gebruik van de timer

Bij het opstarten toont de timer de momenteel ingestelde tijdseenheid door middel van een aantal korte LED-flitsen: één flits voor seconden, zeven flitsen voor jaren. Zie tabel 1 voor meer details. Configureer eerst de tijdseenheid en de uitgangskonfiguratie voor het relais met de DIP-schakelaars. Op dit punt (de tijdseenheid staat vast, maar de tijd is nog niet ingesteld) is het mogelijk om het relais te testen door op de CMD-knop te drukken.

Druk vervolgens kort op de SET-knop om de tijd te verhogen; elke knopdruk telt een eenheid omhoog totdat de gewenste tijd bereikt is. Als u de knop lang ingedrukt houdt (langer dan vijf seconden) wordt de tijd gereset en kunt u opnieuw beginnen. Door de stand van de eerste

Zo kan de microcontroller onderscheid maken tussen de acht mogelijke schakelaarconfiguraties met behulp van een enkele I/O-pin. De vierde DIP-schakelaar wordt gebruikt om het gedrag van het relais te kiezen. Als u wilt dat het relais uit is voor de duur van het aftellen en daarna aan, dan moet de vierde schakelaar gesloten zijn, dat wil zeggen in de AAN-positie verkeren. In het andere geval moet de schakelaar open blijven.

Als een relais eenmaal bekrachtigd is en de contacten zijn gesloten, kan de spanning over de spoel worden verlaagd en zal het relais nog steeds deze toestand 'vasthouden'. Door de spoelspanning opzettelijk te verlagen kan het stroomverbruik worden gereduceerd; fabrikanten van relais hebben verschillende schakelingen voorgesteld voor om dit te bereiken. Ik heb gekozen voor een RC-parallelschakeling in serie met de spoel. Condensator C4 zorgt voor snelle activering (op het moment dat Q1 wordt geactiveerd, krijgt de spoel de volle spanning voor zijn kiezen), waarna de weerstand R4 de houdstroom door de spoel verlaagt. De timer kan worden gebouwd op een print op basis van de Gerber-bestanden die beschikbaar zijn op [1], of door hem zelf te etsen met behulp van de zwart/wit-layout die ook beschikbaar is op [1], waarbij de print 50 x 50 mm moet meten. De layout en componentenopstelling zijn te zien in **figuur 3**. Als u de print zelf maakt, kan deze enkelzijdig worden uitgevoerd waarbij de drie sporen op de andere zijde kunnen worden vervangen door draadbruggen.



Figuur 3. Print-layout.

drie DIP-schakelaars te wijzigen, kun u een gewenste tijd instellen die uit verschillende eenheden is samengesteld. Bijvoorbeeld 1 uur + 3 minuten + 15 seconden.

Het aftellen kan dan gestart worden met de CMD-knop. De groene led D1 knippert eenmaal per seconde om te bevestigen dat de teller actief is. Tijdens het tellen wordt door het indrukken van de CMD-knop de resterende tijd door de LED met een serie lange en korte flitsen weergegeven conform **tabel 2**. Om het tellen te stoppen en de timer compleet te resetten, drukt u op SET en vervolgens op CMD terwijl u SET ingedrukt houdt. Als een ingestelde periode helemaal is afgeteld, kunt u de timer opnieuw starten door op de CMD-knop te drukken.

Software

De broncode in C en het HEX-bestand (gecompileerd met MikroC v8.2) zijn beschikbaar op [1]. Er worden twee variabelen gebruikt: **Des** is de door de gebruiker gewenste duur, **Rem** is de resterende duur van de huidige telling. Bij het opstarten worden de I/O-pinnen geconfigureerd en **TMR1** wordt ingesteld om elke 100 ms een interrupt te activeren. De opgeslagen waarden voor **Des** en **Rem** worden opgehaald uit de EEPROM en de gebruikte tijdseenheid wordt aangegeven door een aantal LED-flitsen. Als **Rem** ongelijk nul is, wordt de timer gestart. Tijdens de hoofdlus wordt de toestand van de druktoetsen CMD en SET in de gaten gehouden, evenals de toestand van de vierde DIP-schakelaar, voor het geval het gewenste gedrag van het relais tijdens bedrijf wordt gewijzigd. De hoofdlus zorgt er ook voor dat de status-LED elke seconde knippert, dat de resterende tijd periodiek wordt opgeslagen

Tabel 2. Uitlezing resterende tijd.

Gebruikte eenheid	Lange flitsen	Korte flitsen
jaren	jaren	maanden
maanden	maanden	weken
weken	weken	dagen
dagen	tientallen dagen	dagen
uren	tientallen uren	uren
minuten	tientallen minuten	minuten
seconden	tientallen seconden	seconden

Tabel 3. Intervallen tussen EEPROM-schrijfcycli.

Tijdseenheid	Interval tussen twee schrijfacties	EEPROM-levensduur
seconden	10 seconden	1 miljoen seconden
minuten	10 seconden	16000 minuten
uren	2 minuten	3300 uur
dagen	15 minuten	1000 dagen
weken	1 uur	600 weken
maanden	1 uur	140 maanden
jaren	1 dag	270 jaar



Onderdelenlijst

Weerstanden:

(alle 0,25 W tenzij anders aangegeven)

RC1 = 1k2 1 %

RC2 = 2k7 1 %

RC3,RCUP = 5k6 1 %

R1 = 220 Ω

R2 = 10 k

R3 = 1k2

R4 = 33 Ω, 0,5 W

R5 = 3k3

Condensatoren:

C1,C2,C4 = 220 µ/25 V

C3 = 100 n keramisch

Diversen:

U1 = PIC12F683

U2 = 78L05

Q1 = BC337

D1 = LED groen, 5 mm

D2 = 1N4148

D3 = LED

CMD,SET = 6mm-drukschakelaar

CONF = DIP-schakelaar, 4-voudig

J1,J2 = printkroonsteen

RL1 = relais, 12V-spoel

in EEPROM (in dat geval knippert er nog een extra LED) en dat de toestand van de relaisuitgang wordt gewijzigd als de vooraf ingestelde tijd is verstreken.

Nauwkeurigheid

De microcontroller gebruikt zijn interne oscillator op basis van een RC-netwerk, dat een nauwkeurigheid van ongeveer 1% heeft. Dit resulteert in een onnauwkeurigheid in de timing, wat geen probleem is voor de beoogde toepassingen van deze schakeling. Het zou ook mogelijk zijn om de schakeling opnieuw te ontwerpen met een kristaloscillator voor meer nauwkeurigheid. Om het programma eenvoudig te houden, worden in dit project maanden beschouwd als standardeenheden van 30 dagen, en jaren bestaan uit 12 maanden (dus 360 dagen) zonder schrikkeljaren. Hier moet u rekening mee houden bij het instellen van de tijd.

Omdat de oscillator een nauwkeurigheid heeft van 1% en de waarde die gebruikt wordt voor het tellen van de tijd in een bereik van 1 tot 255 ligt, zal de fout gerelateerd zijn aan de ingestelde tijdsduur. Maximaal 2,55 seconden (laten we het afronden naar 2,6) als de timer is ingesteld op 255 seconden, tot 2,6 jaar als de timer is ingesteld op 255 jaar. Een voorbeeld: bij een ingestelde tijd van zes maanden (26...28 weken) zal de maximale telfout twee dagen zijn.

Bescherming tegen stroomuitval

De PIC slaat af en toe de nog resterende tijd op in zijn EEPROM, maar deze heeft een eindige levensduur. Om die zo lang mogelijk te maken, mogen schrijfoperaties niet te snel na elkaar plaatsvinden. Daarom wordt er een kleine fout geïntroduceerd wanneer het tellen wordt hervat na een stroomstoring. Natuurlijk draagt de duur van de stroomstoring zelf ook bij aan de resulterende fout.

De frequentie van de EEPROM-schrijfcycli is te zien in **tabel 3**,

evenals de verwachte levensduur van de EEPROM uitgaande van een gemiddelde van 100.000 acceptabele schrijfcycli. Zoals u ziet is deze schakeling geoptimaliseerd voor tijden die worden uitgedrukt in dagen, weken, maanden of jaren, om een hogere levensduur te bereiken. Als het bereik van de EEPROM dat door dit project wordt gebruikt 'op' is, kan de microcontroller opnieuw worden geprogrammeerd door een offset toe te voegen aan de EEPROM_OFFSET-waarde op regel 30 in de code. Als alternatief kan ook een nieuwe microcontroller worden geprogrammeerd.

Mogelijke verbeteringen

Het is denkbaar om een condensator te gebruiken die de PIC van stroom voorzien als de stroom uitvalt, voor de korte duur die nodig is om de resterende tijd precies op te slaan. Dit zou het mogelijk maken om alleen naar de EEPROM te schrijven in het geval van stroomuitval, waardoor de levensduur enorm toeneemt. Daarnaast kan het gebruik van een kristal de nauwkeurigheid verbeteren, maar hiervoor zou u moeten overstappen op een 14- of 18-pins microcontroller. In dit scenario kan een LC-display worden gebruikt om de resterende tijd en andere instellingen aan te geven en kunnen extra knoppen worden toegevoegd om nieuwe functies toe te voegen. Verder zou een draai-encoder met geïntegreerde drukknop gebruikt kunnen worden om het apparaat te bedienen. 

vertaling: Hans Adams — 240038-03

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 of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

> Andrew Pratt, *Programming the Finite State Machine* (Elektor 2020)
www.elektor.nl/19327

> Microchip MPLAB PICKit 5 In-Circuit Debugger/Programmer
www.elektor.nl/20665



WEBLINK

[1] Download bij dit artikel: <http://elektormagazine.nl/240038-03>

Start uw elektronica-innovaties met

ElektorLabs

- Gratis publicatie van uw projecten
- Support van experts
- Samenwerkingsmogelijkheden
- Toegang tot exclusieve bronnen
- Publicatie in Elektor Magazine mogelijk



Deel nu uw projecten!

www.elektormagazine.nl/e-labs

elektor
design > share > earn

39 jack in en jack uit

een handige insert-optie voor audioschakelingen

Thierry Clinquart (België)

In een audioketen kan het handig zijn om een insert te hebben voor een extra signaalbewerkingsapparaat, zoals een dynamiekcompressor/expander, echo- of reverb-generator of een ander audio-effect. Dit ontwerp maakt het gemakkelijk om dat te doen, waarbij de continuïteit van de lus wordt hersteld als het niet wordt gebruikt.



De aanzet tot het idee voor de eerste versie van dit project was de wens een impedantie-adap-ter voor de in- en uitgang van een compres-sor te bouwen. Daarvoor werd een actieve component gebruikt, een opamp geconfigu-reerd als een éénmaal versterkende audiobuf-fer, die op dezelfde manier in twee identieke in- en uitgaande audiowegen zijn werk deed. Tijdens het opris-sen van die eerste versie van de schakeling streefde ik naar meer veelzijdig-heid. Daarom heb ik een tweede versie van de print ontwikkeld die wat meer mogelijk-heden bood. Ten eerste wilde ik de schake-

laars gebruiken die in de twee 0,25" jack-con-nectoren op de print zitten. Deze schakelaars maken het nu mogelijk om de in/uit-lus in het audiosysteem te sluiten of om de ingang af te sluiten (kortsluiten naar massa) wanneer deze niet in gebruik is (dat wil zeggen geen klinkstekers ingestoken). Deze functies kunnen worden ingesteld door de jumpers (A, 0, B) op de print correct te plaatsen (verderop meer hierover). Verder kunt u op de print een indivi-duele versterking instellen voor elk element van een NE5532 – een ruisarme dual opamp van Texas Instruments.

De schakeling

Het schema van dit project is te zien in **figuur 1**. C1, C3, C4 en C6 zijn de ont-koppel-condensatoren die voorkomen dat gelijk-stroomcomponenten de werking van de opamp verstoren. Iedereen is vrij om ze wel of niet te plaatsen, als de elektrische eigenschap-pen van de aangesloten apparaten (stroom-opwaarts en stroomafwaarts) bekend zijn. Als u vermoedt dat de uitgang van uw audiobron kan gaan drijven en/of een DC-component bevat tijdens gebruik, moet u deze conden-satoren beslist monteren.

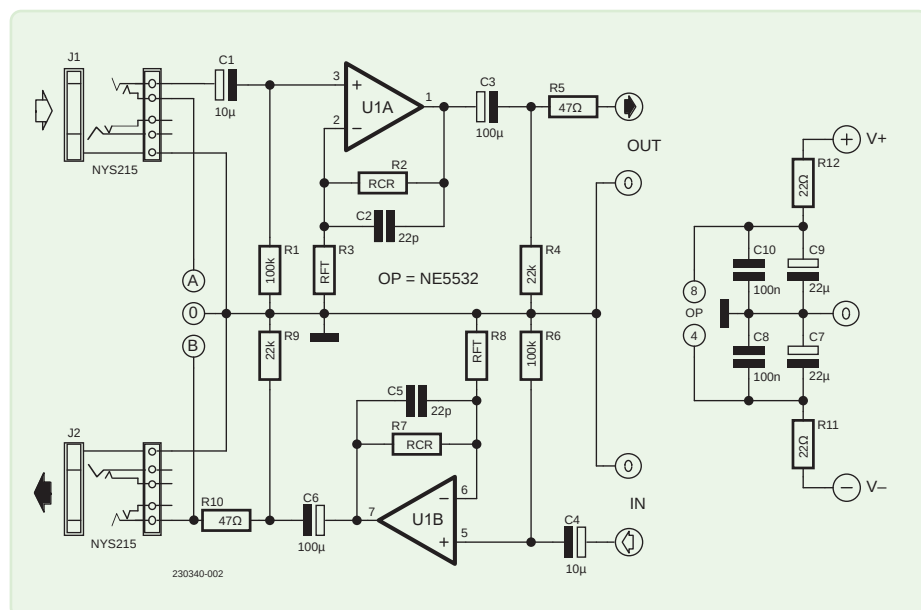
R1 en R6 bepalen de ingangsimpedantie, terwijl de weerstanden R5 en R10 de uitgangs-impedantie bepalen. R4 en R9 zijn pull-down weerstanden. De versterking G voor de twee audiowegen wordt berekend met deze eenvoudige formules: $G_1 = 1 + R2/R3$ en $G_2 = 1 + R7/R8$. R11, C7, C8 en R12, C9, C10 vormen het filter- en ont-koppelingsnetwerk van de NE5532. Laten we een paar toepas-singsmogelijkheden verkennen.

Buffer

Bij gebruik van deze versie-2-print (te zien in **figuur 2**) voor de configuratie van de audio-buffer, moest ik R2, R3, C2 en R7, R8 en C5 verwijderen en R2 en R7 vervangen door een draadbrug.

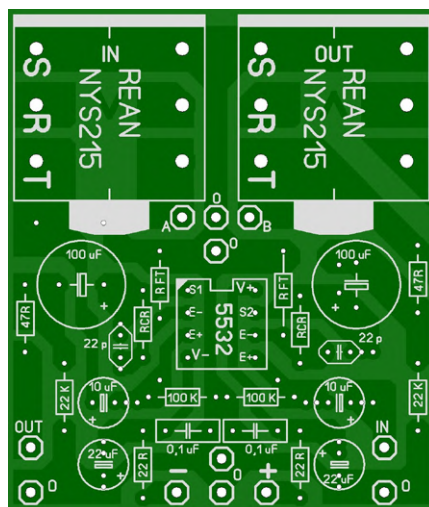
Versterker voor muziekinstrumenten

Hier speelt de cut-off jack met de A-jumper (tussen A en 0) de hoofdrol. Wie zegt dat instrument rijmt met hoge ingangsimpedantie?

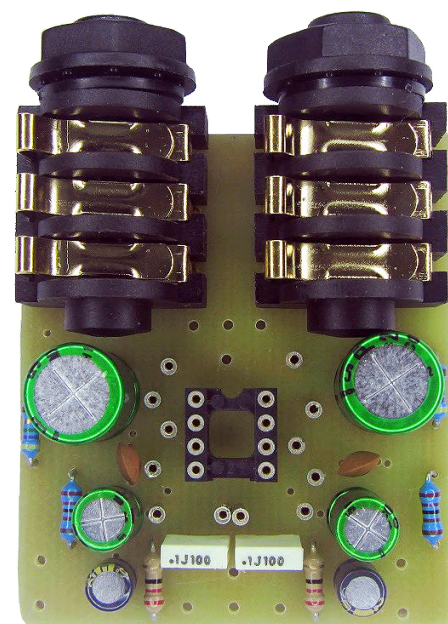


Figuur 1. Het schema van dit project.

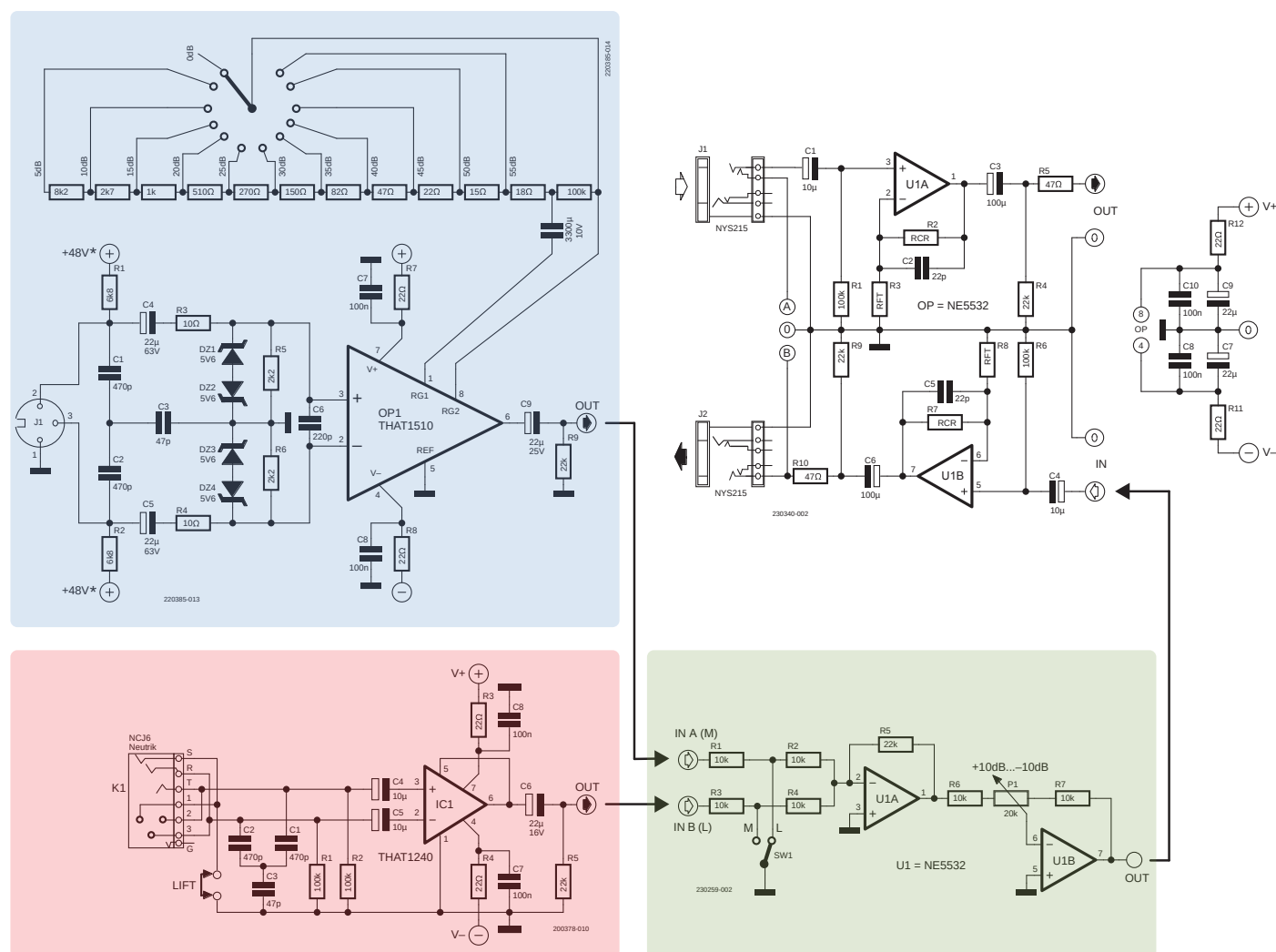
Als er geen stekker in J1 is geplaatst, ligt de ingang aan massa, wat brom- en zoemgeluiden voorkomt. R1 kan worden vervangen door een waarde hoger dan 100 k (zie de uitgangsimpedantie van het instrument in de specificaties) en C1 kan worden verlaagd tot 0,47 μ F. Als $R_3 = 1$ k en $R_2 = 47$ k, dan is de versterking $20 \cdot \log 1 + 47/1 = 33$ dB. Laten we R_2 variabel maken voor verschillende versterkingen door de weerstand te vervangen door een potentiometer. We kunnen de uitgang van R5 en de ingang van C4 doorverbinden en U1B als buffer monteren om de uitgang van J2 laagohmig te maken. J2 monteren. Dan hebben we een actieve DI-box.



Figuur 2. Componentenopstelling van versie 2 van de print.



Figuur 3. Het afgewerkte prototype, zonder IC.



Figuur 4. Het jack in en jack uit-project als onderdeel van een compleet audiosysteem met een symmetrische microfooningang met versterkingsregeling in stapjes van 5 dB (lichtblauw), een symmetrische lijningang met HF-filter (lichtrood) en een keuzeschakelaar om tussen die twee te schakelen (lichtgroen).

Actieve insert

Hier worden punten A en B doorverbonden. In dat geval is J2 SEND en J1 RECEIVE. In deze configuratie heb ik R2, R3, C2 en R7, R8 en C5 verwijderd en heb ik draadbruggen gemonteerd voor R2 en R7. Als we een microfoon-voorversterker aansluiten op de ingang van C4, voeren we het signaal uit op J2 om een serie-effect te leveren en het geretourneerde signaal gaat naar J1. Als er geen stekker in J1 is gestoken, wordt het signaal doorgelust en teruggekoppeld naar de uitgang van R5.

Audio-niveau-omzetter

Als u een signaal wilt versterken van cinch-niveau (250 mV) naar jack-lijn-niveau (775 mV), hebt u een spanningsversterking G nodig die ongeveer gelijk is aan 3 (+10 dB) en gebruikt u de volgende formule:

$$G = 1 + (RCR / RFT)$$

Met $RCR = 22 \text{ k}$ en $RFT = 10 \text{ k}$ bereiken we de gewenste waarde van $G = 3$.

Dit ontwerp opnemen in een compleet audioproject

Deze bypass-schakeling (figuur 3 toont het voltooide prototype) is eenvoudig en gemakkelijk te implementeren en kan een onderdeel vormen van een uitgebreider audioproject, en dienst doen als een vrij complete experimentele basis met veel mogelijkheden. In figuur 4 ziet u het volledige schema dat – naast dit 'Jack in en jack uit'-ontwerp – uit deze componenten bestaat:

- Een zeer gevoelige differentiële ingang voor microfoons (lichtblauw), beschreven in het artikel "Microfoon-voorversterker...", Elektor Circuit Special 2023 [2], met een 5dB/stap-keuzeschakelaar voor de versterking.

- Een symmetrische lijningang (lichtrood) ("Gebalanceerd/ongebalanceerd-converter", Elektor Circuit Special 2022 [3]).
- Een schakelaar om tussen deze beide ingangen te schakelen (lichtgroen) ("Audio A/B-keuzeschakelaar met versterkingsregeling", gepubliceerd elders in dit nummer [4]).

De combinatie van deze schakelingen, waarvan het schema van figuur 4 een eenkanaals versie toont (verdubbel het ontwerp voor een stereo-versie) kan een uitstekend uitgangspunt vormen voor het realiseren van een veelzijdige en hoogwaardige een- of tweekanaals audioketen met symmetrische ingangen. De download voor dit project is beschikbaar op [1]. ◀

230340-03

Over de auteur

Als elektrotechnicus ontdekte Thierry Clinquart de beroemde $\mu A741$ operationele versterker in 1980 tijdens zijn studie aan het Don Bosco Instituut in Doornik (België). Daarmee werd het veel eenvoudiger om een audioschakeling te bouwen dan met 'losse' transistoren. Hij heeft de evolutie van deze voorvader gevolgd via de TL071, NE5534 tot aan de dag van vandaag met 'hoogwaardige' producten van Texas Instruments, Analog Devices, JRC, THAT Corp enzovoort. Alle schakelingen die Thierry presenteert op Elektor Labs zijn op maat gemaakte modules die gecombineerd kunnen worden. Om de bedrading te minimaliseren gebruikt hij de connectoren uit de Neutrik A-serie die rechtstreeks op de print zijn geplaatst. Hij gebruikt Sprint layout-software om het ontwerp te optimaliseren en een consistente vormfactor te garanderen.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerd product

- **Temperature-Controlled Soldering Station ZD-931**
www.elektor.nl/20623



WEBLINKS

- [1] Elektor Labs-pagina bij dit artikel: <https://www.elektormagazine.com/labs/jack-in-jack-out>
- [2] Thierry Clinquart, "Microfoon-voorversterker met 48V-fantomvoeding", Elektor Circuit Special 2023: <http://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-310/61892>
- [3] Thierry Clinquart, "Gebalanceerd/ongebalanceerd-converter", Elektor Circuit Special 2022: <http://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-263/60797>
- [4] Thierry Clinquart, "Audio A/B-keuzeschakelaar met versterkingsregeling", Elektor Circuit Special 2024: <https://www.elektormagazine.nl/230259-03>

40

ESP32 met één Li-ion-cel

Hans Schneider (België)

De populaire ESP8266 en ESP32 development boards werken niet lang op een enkele Li-ion-cel. De ingebouwde regelaar is het probleem en dat kan eenvoudig worden verholpen.

Als u ooit geprobeerd hebt om een ESP8266 of ESP32 development board te laten werken met een enkele Li-ion cel, dan hebt u waarschijnlijk gemerkt dat dat niet lang goed gaat voordat het de geest geeft. Het werkt prima wanneer de cel volledig is opgeladen tot 4,2 V, maar zodra de spanning afneemt tot ongeveer 4,1 V, start het board steeds weer opnieuw op als gevolg van de brownouts van de microcontrollervoeding. De boosdoener is de LM1117-3.3 spanningsregelaar van Texas Instruments op het board, die niet erg efficiënt is. Volgens de datasheet [1] heeft hij een dropout-spanning van ongeveer 1,2 V, wat te veel is om het board langere tijd op één cel te laten werken, vooral tijdens flashen als de spanning verder daalt.

De oplossing is om de LM1117 te vervangen door een AP2114H-3.3TRG1 van Diodes Inc [2]. Deze regelaar heeft een veel lagere typische dropout-spanning van slechts 450 mV, wat hem ideaal maakt voor het voeden van deze boards uit een enkele Li-ion cel. De AP2114H heeft ook een laag ruisgetal, wat belangrijk is als u met de ADC's werkt. Het vervangen van de spanningsregelaar is eenvoudig met een soldeerbout met een fijne punt.

Beter en goedkoper

Een ander voordeel van het gebruik van de AP2114H is dat het een van de goedkoopste 3,3V-regelaars op de markt is. Hij kost ongeveer

40 cent bij Mouser in de VS, en nog minder als u minstens 10 stuks koopt. De LM1117-3.3 daarentegen kost meer dan een dollar bij DigiKey US, zelfs als u er 10 koopt. Let er bij het bestellen op dat u de versie met een 'H' in het typenummer kiest, niet met 'HA'. Hoewel beide in dezelfde SOT223-behuizing worden geleverd, is alleen de 'H'-versie pincompatibel met de LM1117 (H: GND-Vout-Vin, HA: Vin-GND-Vout). ◀

230452-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via hans.schneider@belgacom.net of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

WEBLINKS

- [1] Texas Instruments, "M1117 800-mA, Low-Dropout Linear Regulator," January 2023:
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1117.pdf>
- [2] BCD, "AP2114: 1A Low Noise CMOS LDO Regulator with Enable," January 2013:
<https://www.diodes.com/assets/Datasheets/AP2114.pdf>



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).

Miniware MHP50 Hete plaat voorverwarmer (50x50 mm)



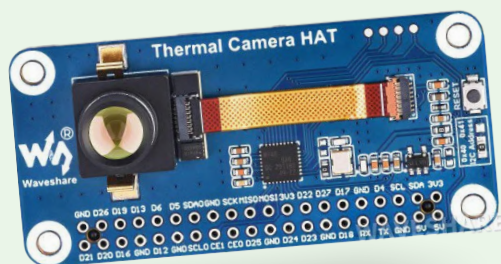
Miniware MHP50 is een super mini draagbare SMD-voorverwarmer met ingebouwde koelventilator en gebruiksvriendelijk ontwerp, die de verwarmingscurvefunctie ondersteunt om een verwarmingseffect te bereiken dat vergelijkbaar is met een reflow-oven. Met zijn vierkante torenvorm en afneembare controller en verwarmingsplaat kunt u hem in uw zak stoppen. De messing verwarmingsplaat bekleed met nanokeramiek zorgt voor stabiele voorverwarmingsprestaties.

Prijs: € 119,95

Ledenprijs: € 107,96

www.elektor.nl/20875

Waveshare langegolf IR-warmtebeeldcamera voor Raspberry Pi



Dit is een langegolf IR-warmtebeeldcamera die gebruikmaakt van de hybride technologie van microbolometer- en thermozuïlpixels en beschikt over 80x62 arraypixels. Het detecteert de IR1-verdeling van objecten in het gezichtsveld, zet de gegevens door berekening om in de oppervlaktetemperatuur van de objecten en genereert vervolgens thermische beelden, voor eenvoudige integratie in diverse industriële of intelligente besturingstoepassingen.

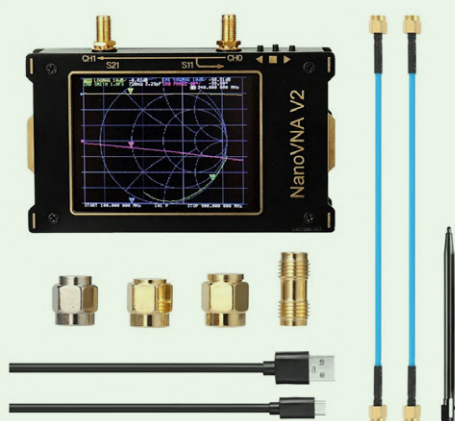
Prijs: € 149,95

Ledenprijs: € 134,96

www.elektor.nl/20892



NanoVNA V2 Vector Network Analyzer (50 kHz – 3 GHz)



Prijs: € ~~109,95~~

Actieprijs: € 89,95

www.elektor.nl/20913

MakerDisk M.2 SSD met voorgeïnstalleerd Raspberry Pi OS (128 GB)



Prijs: € 49,95

Ledenprijs: € 44,96

www.elektor.nl/20923

OWON HDS307S (3-in-1) 2-kanaals oscilloscoop (70 MHz) + multimeter + signaalgenerator



Prijs: € 219,00

Ledenprijs: € 197,10

www.elektor.nl/20880

Elektor MultiCalculator Kit (gebaseerd op Arduino)



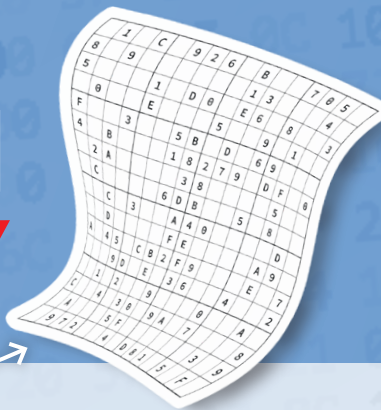
Prijs: € ~~44,95~~

Actieprijs: € 39,95

www.elektor.nl/20848

Hexadoku

puzzelen voor elektronici



PC, oscilloscoop en soldeerbout kunnen weer even op adem komen terwijl u uw hersenen pijnigt met onze Hexadoku. De instructies voor deze puzzel zijn heel eenvoudig. De Hexadoku werkt met de hexadecimale cijfers 0 t/m F, helemaal in de stijl van elektronici en programmeurs.

Vul het diagram van 16 x 16 hokjes zodanig in dat **alle** hexadecimale cijfers van 0 t/m F (dus 0...9 en A...F) precies éénmaal voorkomen in elke rij, in elke kolom en in elk vak van 4 x 4 hokjes (gemarkeerd door de dikkere zwarte lijnen). Een aantal cijfers is al aangegeven en deze bepalen de uitgangssituatie voor de puzzel.

Onder de inzenders met de goede oplossing verloten we vijf waardebonnen. Om mee te dingen naar een van deze prijzen dient u **de cijfers in de grijze hokjes** naar ons op te sturen.



Doe mee en win!

Onder de internationale inzenders met het juiste antwoord verloten we vijf Elektor-waardebonnen, elk ter waarde van **50 Euro**.

Het is dus zeker de moeite waard om mee te doen!

Stuur uw antwoord (de getallen in de grijze hokjes) vóór **15 september 2024** naar:

hexadoku@elektor.nl

DE PRIJSWINNAARS

De oplossing voor deze Hexadoku en de winnaars worden eind september op elektormagazine.nl/hexadoku geplaatst!

2			B	8	C	A			4	F	5	7			6
	5	C			F	D	0	9	7	B			A	1	
	F			2		9	4	6	8		3			B	
6			9	3							1	D			2
5		9	7		3	2			6	E		C	D		B
3	2	E	4			C			0			9	7	5	8
8	B	0		7							4		E	6	F
		6		E							B		2		
		1		5							7		F		
7	0	5		4							A		3	8	9
B	9	2	3			7			F			E	5	A	D
C		F	A		D	3			E	1		2	B		0
9			2	A							E	F			5
	A			C		8	E	F	2		0			9	
	6	4			2	B	9	7	5	8			1	E	
1			8	F	5	6			D	3	9	4			C

Medewerkers van Elektor International Media en hun familieleden zijn van deelname uitgesloten.



Ben jij geïnteresseerd in elektronica en technologie? Wil jij werken in een levendige hightech omgeving? Dit je kans!

Bij Fokker Services repareren en testen we vliegtuigonderdelen voor alle grote airlines en vliegtuigbouwers. Of je nu geïnteresseerd bent in digitale, analoge, elektromechanische of RF-technieken, wij doen het allemaal!

Wij zijn op zoek naar enthousiaste **Technicians Avionics & Instruments** om één van de volgende teams te versterken:

- **Elektronica & Autoflight:** Help mee aan het repareren van geavanceerde vliegtuigelektronica, zoals autoflightcomputers, flightmodepanelen en cockpit displays.
- **Navigatie & Communicatie:** Werk hier aan navigatie- en communicatiesystemen zoals weerradars, ACARS, ILS-systemen, (V)HF-zenders/ontvangers en TCAS.
- **Elektromechanica:** Zorg ervoor dat de energie- en verlichtingssystemen van vliegtuigen in topvorm zijn. Je werkt bijvoorbeeld aan navigatie- en landingsverlichting, (power)inverters en battery chargers.

Met onze moderne test- en meetapparatuur zorgen wij ervoor dat de gerepareerde vliegtuigonderdelen weer veilig en luchtwaardig retour gaan naar onze klanten. Daar kan jij aan bijdragen!

Twijfel je nog of dit iets voor jou is? Geen zorgen! Met onze ondersteuning en expertise ben jij binnen de kortste keren een volwaardig avionica specialist!

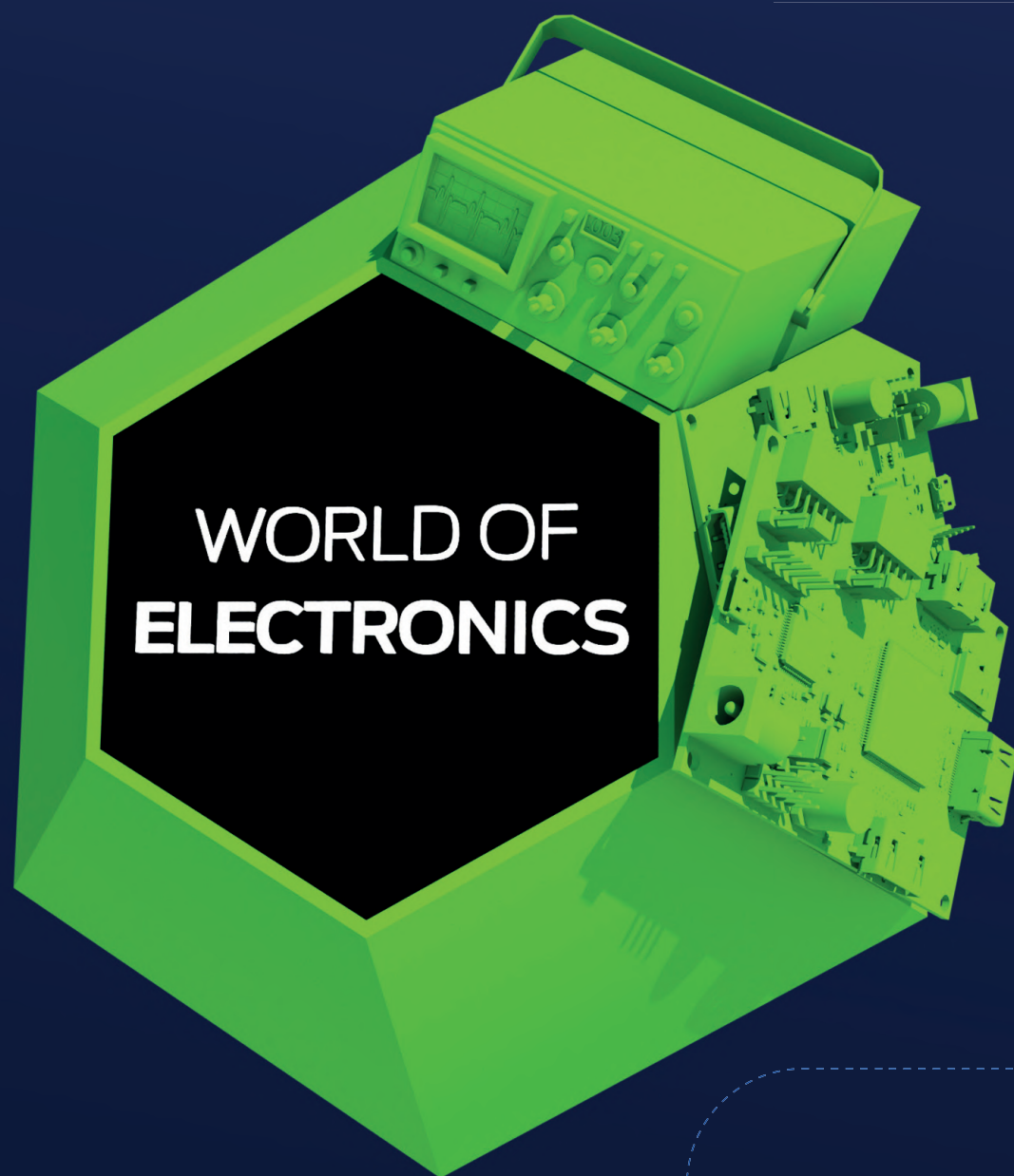
**Klaar om je
carrière naar
nieuwe hoogten
te brengen?**
Scan de QR-code en bekijk
de vacaturemogelijkheden



www.fokkerservicesgroup.com/careers

Elektronica voor industriële toepassingen

Tijdens de World of Industry, Technology & Science bundelen de industrie, technologie en wetenschap hun krachten om de bezoekers de wereld van morgen te laten zien.



24 t/m 27 september 2024

JAARBEURS UTRECHT



Scan voor
meer informatie!
www.wots.nl

WORLD OF
INDUSTRY
TECHNOLOGY
& SCIENCE