

Eerst proberen, dan solderen

gratis simulatie- en 3D-ontwerptools

Stuart Cording (Elektor)



Je hebt een geweldig idee voor een schakeling of product hebt, maar wilt eerst wat dingen uitproberen, voordat je naar de soldeerbout en de 3D-printer grijpt. Dan zijn er tegenwoordig meer middelen beschikbaar om je daarbij te helpen dan ooit. Start gewoon de PC of de laptop en ga aan de slag!

In de jaren negentig, toen ik nog studeerde, begon de kracht van de PC als gereedschap naast de soldeerbout zichtbaar te worden. Schakelingen konden in tekstformaat worden beschreven en gesimuleerd met behulp van SPICE. Met een DOS-commando konden blokkerige VGA-grafieken van signalen worden opgeroepen. Met een ander tool, dat onder Windows draaide, konden digitale schakelingen worden gesimuleerd, als de PC tenminste niet crashte tijdens de korte sessie dat we hem mochten gebruiken. Maar buiten de universiteit was er nauwelijks toegang tot zulke geavanceerde gereedschappen. Wie geluk had, kon misschien op het werk gebruik maken van ontwikkelsoftware die daar beschikbaar was.

Vandaag de dag is de situatie compleet veranderd. Er zijn veel gratis ontwikkeltools op de markt met meer dan voldoende mogelijkheden voor de meeste makers om een idee te testen, voordat onderdelen besteld gaan te worden. Andere kunnen voor makers en niet-commerciële activiteiten gratis worden gebruikt, zodat je kunt leren wat je nodig hebt, voordat je besluit om zelf een licentie aan te schaffen. En dankzij de kracht van moderne webbrowsers hoeven sommige tools niet eens te worden gedownload. Gewoon inloggen en aan de slag gaan!

Wokwi

Bij de eerste kennismaking met het online-tool Wokwi [1], is niet meteen duidelijk of deze site krachtig genoeg is om iets zinnigs mee te ontwerpen. Maar schijn bedriegt. Achter de eenvoudige instap ligt een schat van hardware en software verborgen, waarmee ingewikkelde toepassingen met Arduino, Raspberry Pi Pico-, STM32- en ESP32-hardware gesimuleerd kunnen worden. Wokwi kan gratis worden gebruikt, maar alle projecten die je maakt zijn dan voor iedereen toegankelijk. Voor meer privacy en toegang tot geavanceerde mogelijkheden is er de redelijk geprijsde "Wokwi Club". Projecten beginnen met het kiezen van een microcontrollerboard, en daarna worden gebruikers aangeemoedigd om te kijken of één van de vele bestaande projecten een goed uitgangspunt kan zijn.

Het venster splitst in twee delen, waarin links traditionele code-ontwikkeling mogelijk is, terwijl rechts een weergave van de hardware te zien is (**figuur 1**). Er zitten allerlei onderdelen in de bibliotheek, van eenvoudige passieve componenten en logische elementen tot complete modules van SparkFun, zeven-segment-displays, LCD's, servo's en IR-afstandsbedieningen en -ontvangers. Je kunt zelfs een debugsessie met de GDB-debugger [2] starten, als je daar vertrouwd mee bent. Anders klik je gewoon op de play-knop om de code te starten en de hardware te simuleren. Displays worden bijgewerkt, LED's knipperen en buzzers zoemen, zodat u alles kunt testen.

De omgeving is goed gedocumenteerd [3], er is een blog met tips en er is een actief Discord-kanaal. Arduino-projecten worden opgeslagen in .ino-formaat, zodat ze gemakkelijk naar de Arduino-IDE kunnen worden overgebracht, en er is ook een library-manager. De schema's

worden opgeslagen in goed leesbaar JSON-formaat. Om je project te documenteren en anderen de kans te geven van je ervaringen te leren, kun je toelichting in markdown-formaat opslaan in een *readme.md*-bestand. Er wordt ook gewerkt aan ondersteuning van de populaire Microsoft Visual Studio Code en een cloud-omgeving voor continue integratie (CI) met automatisch testen.

Aan de slag:

- Arduino-wekker met real-time clock-module:
<https://tinyurl.com/almrclkino>
- ESP32 MQTT-weerlogger in MicroPython:
<https://tinyurl.com/espmqttwl>
- Raspberry Pi Pico matrix-toetsenbord met LED's:
<https://tinyurl.com/picokeypad>

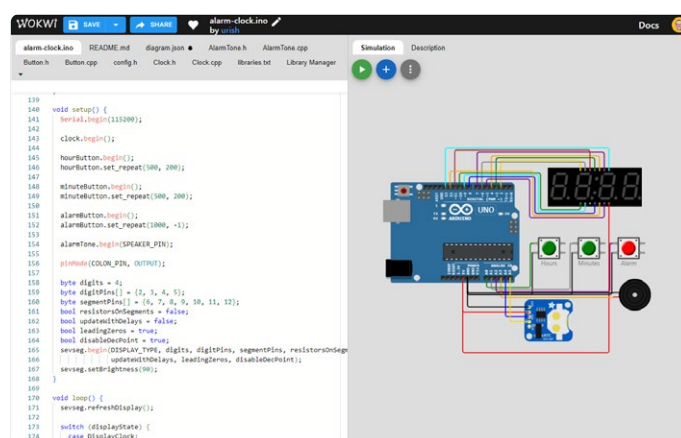
QSPICE

SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*) is een tool dat is ontwikkeld door de University of California in de jaren zeventig. Hiermee konden ontwerpers hun analoge schakelingen simuleren, voordat ze die gingen implementeren in silicium. Het programma deed de ingewikkelde wiskundige analyse met behulp van de krachtige numerieke mogelijkheden van de taal FORTRAN. Tegenwoordig is SPICE te vinden in stand-alone tools of verborgen in het backend van ontwerp pakketten.

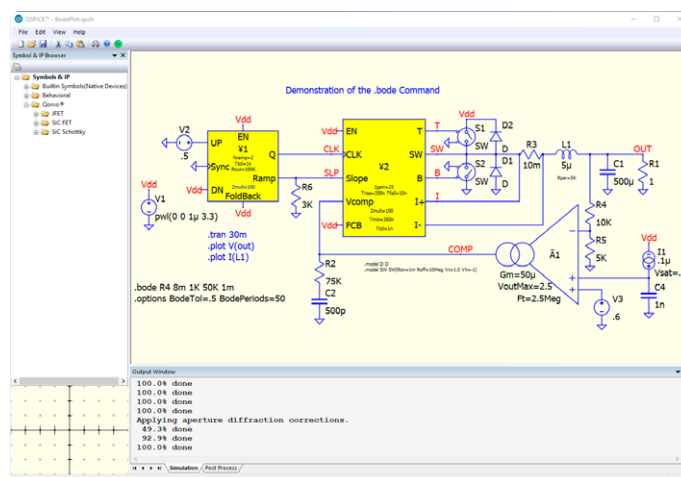
Er is nu een nieuwe versie verkrijgbaar. QSPICE [4] is uitgebracht door Qorvo, een Amerikaans halfgeleiderbedrijf dat zijn portfolio aan het uitbreiden is. Sinds de overname van UnitedSiC in 2021 hebben ze nu ook siliciumcarbide-componenten (SiC). Hun simulatietool is ontwikkeld door Mike Engelhardt, de auteur van het LTspice-tool van Analog Devices (voorheen Linear Technology).

De gebruikersinterface van QSPICE lijkt sterk op die van andere simulatietools: er is een werkblad om schakelingen te tekenen en de simulatie te starten (figuur 2). De resultaten worden weergegeven in het tijddomein (figuur 3). De interactie met de gebruiker gaat zoals we dat van een Windows-programma mogen verwachten, bijvoorbeeld het in- en uitzoomen met het scrollwiel van de muis. Maar daar houdt de gelijkenis met LTspice op. In een interview heeft Engelhardt ooit uitgelegd dat dit de versie van SPICE is, die hij 25 jaar geleden zou hebben gemaakt met de kennis van nu. De grootste verandering is misschien wel de mixed-mode-simulatie met een compiler voor Verilog (die binnen een C++-bestand is geschreven, zie de *Verilog-Counter*-demo hieronder). Daarmee kunnen digitale apparaten worden geïmplementeerd. Hij vertelde ook dat dit programma de schakeling simuleert, in plaats van de ingewikkelde vergelijkingen op te lossen, zoals andere SPICE-tools doen.

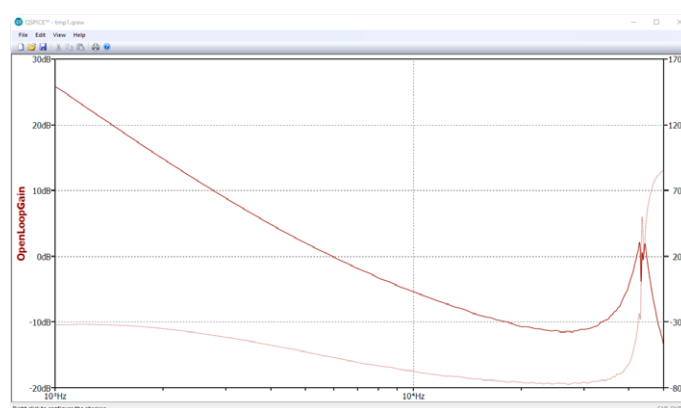
QSPICE gebruikt ook de nieuwste mogelijkheden van Windows, waarmee gemakkelijk de GPU kan worden benaderd via een gestandaardiseerde software-API. Daardoor kan tijdens de simulatie de data van de golfvorm worden gebruikt zoals die wordt geleverd, en is geen compressie nodig. De weergave van schema's en simulatieresultaten is ook sterk verbeterd. Een ander voordeel is de snelheid: het programma is bij benchmarks sneller dan andere en doorstaat alle tests; een foutpercentage van 15% is typisch voor dit soort tools.



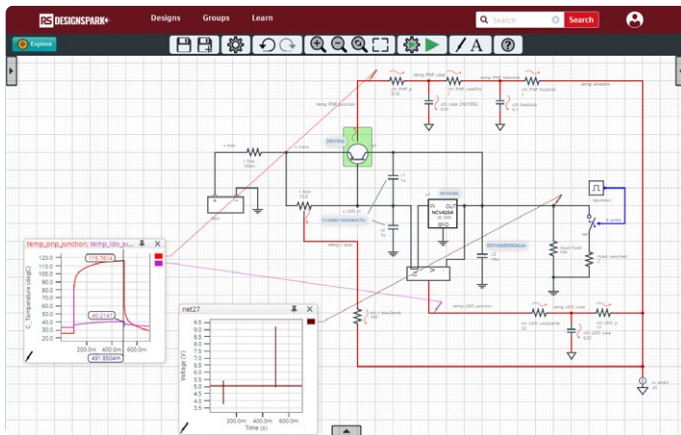
Figuur 1. Wokwi heeft een eenvoudige gebruikersinterface. Je kunt je concentreren op de code links en de schakeling (rechts).



Figuur 2. QSPICE heeft een vertrouwde ontwerpinterface; je GPU verbetert de simulatiekracht.



Figuur 3. De output van de simulatie, hier een Bodediagram, is vertrouwd maar met een hogere resolutie dan bij andere SPICE-tools.



Figuur 4. De thermisch aspecten van een schakeling kunnen ook worden gesimuleerd in DesignSpark's online Circuit Simulator.

Een belangrijke verbetering van de simulatie heeft te maken met de verzadiging van componenten zoals SiC-JFET's en galliumnitride-schakelaars (GaN) in het 'aan'-gebied. Qorvo hoopt dat dit zal helpen bij het ontwikkelen van geavanceerde powermanagement-systemen. Op dit moment worden 1000 componenttypen ondersteund en er zijn 20 voorbeeldprojecten.

Aan de slag:

Kies in het menu *File* → *Open* → *Demo...* en dan:

- Probeer de digitale simulatie van een teller met *VerilogCounter.qsch*
- Onderzoek een resonerende schakelende voeding (SMPS) met *SMPS.qsch*
- Genereer een Bodediagram met *BodePlot.qsch*

DesignSpark Circuit Simulator

Het programma DesignSpark van RS Components bestaat al meer dan tien jaar. Er is een hele community van gebruikers omheen ontstaan. Ze kunnen beschikken over verschillende gratis tools voor printontwerp en 3D-modellering, plus abonnementen voor toegang tot geavanceerde functies. Deze lijst omvat nu ook Circuit Simulator [5], een webtool van Siemens PartQuest Explore. Dit ondersteunt analoge, digitale en gemengde schakelingen, maar het meest opvallende is de multi-domein simulatie.

De meeste simulatoren simuleren aan de hand van het schema. Je kunt rustig meerdere ampères door een kleinsignaaldiode pompen, hoewel die in werkelijkheid binnen een seconde in rook zou opgaan. Bij multi-domein simulatie worden ook thermische en mechanische effecten meegenomen.

Dat is het gemakkelijkst uit te leggen aan de hand van één van de beschikbare voorbeeldschakelingen. Het project *Current Boost Regulator* met een Onsemi NCV4264 LDO levert 5 V in een belasting van 100 Ω. Een extra testschakeling schakelt een belasting van 2 Ω aan en uit, wat leidt tot inzakken en herstellen van de uitgangsspanning. Rond dit schema is ook een thermisch circuit geconstrueerd (figuur 4). Dit bestaat uit de warmte die door een transistor wordt gegenereerd plus

een *Electrical Power to Heat Flow*-element dat tweeënige componenten zoals de LDO omgeeft.

Natuurlijk moeten we voor zo'n simulatie de thermische eigenschappen van de schakeling, zoals de warmtegeleiding door de print, begrijpen. Daar heeft niet iedereen ervaring mee. Het tool kent verschillende thermische en elektrothermische componenten zoals transistoren en diodes met elektrothermische interfaces, een thermisch Cauer-netwerk en een thermo-elektrische Peltier-koeler.

Er zijn ook magnetische en elektromechanische componenten, zoals elektromagneten, lineaire DC-motoren en driefasemotoren. Je kunt ook zelf componenten toevoegen aan je bibliotheek. Dat kan bijvoorbeeld door de essentiële gegevens uit de datasheet van de component in te voeren, of ze te beschrijven met SPICE of VHDL-AMS [6].

Voor alle Design Spark-tools moet je een account aanmaken. Met het gratis Explorer-plan is de duur van de simulatie beperkt tot één minuut. Met een betaald account is simulatie tot 60 minuten mogelijk. Een leuke functie is de mogelijkheid om je ontwerp op te nemen in je eigen website, waar bezoekers dan probes kunnen aansluiten om de simulatie van je ontwerp zelf te onderzoeken.

Aan de slag:

Maak een account aan, log in en bekijk:

- Een open-loop stappenmotor-controller:
<https://tinyurl.com/pqolstct>
- Een elektrisch stuursysteem met een PMSM-motor:
<https://tinyurl.com/pqpowersr>
- Een hydraulische autobrug met een driefasen-motorpomp:
<https://tinyurl.com/pqcarlift>

Shapr3D

Met de komst van 3D-printers ontstond de behoefte aan tools om 3D-objecten te ontwerpen. Een populair tool was SketchUp [7] van een software-startup die is opgekocht door Google om gebouwen aan Google Earth toe te voegen. Nu, twintig jaar later, is de gratis versie van SketchUp alleen beschikbaar als online-tool. Het voelt onhandig aan en het lijkt niet veel veranderd.

Het probleem met 3D-tools is dat ze lastig te gebruiken zijn op de 2D-monitors waar we mee werken. Dat is iets dat Shapr3D [8] overtuigend oplost. Het is verkrijgbaar als een app voor Windows of Mac, of via de App Store voor iPad. Na registratie kan de software worden gedownload. De gebruikersinterface laat duidelijk zien welke 3D-tekenmogelijkheden er beschikbaar zijn. Maar het slimme is dat je naadloos kunt overschakelen naar een 2D-schets door op de spatiebalk te drukken; dat voorkomt de verwarring die vaak ontstaat door rendering in perspectief. Dus als je ervaring hebt met technisch tekenen op papier, kun je op een comfortabele manier beginnen.

Maar als je liever met een 3D-tekening begint, komt je ook aan je trekken (figuur 5). Afmetingen en hoeken zijn gemakkelijk aan te passen nadat een object is getekend of een vlak is opgedikt, net als de afronding van hoeken. Cirkels worden centraal geplaatst met een concentrisch gereedschap, zelfs als alleen een boog beschikbaar is als referentie. En voor de nauwkeurigheid is er ook een instelbaar ('magnetisch') raster.

De geavanceerde functies kunnen ook worden uitgeprobeerd. Een bestaand 3D-model kan bijvoorbeeld worden omgezet in een constructietekening, of je kunt materiaal-eigenschappen toepassen op een oppervlak om een idee te krijgen voor de aanblik van het eindproduct (figuur 6). Met de gratis versie kunnen modellen worden geëxporteerd als STL- of 3MF-files, maar alleen in de laagste resolutie. Anders worden je bestanden opgeslagen in de cloud.

Aan de slag:

We hebben voor de test een eenvoudig voorwerp in STEP-formaat [9] gedownload van GrabCad [10], dat veel modellen aanbiedt in zijn bibliotheek.

Eerst testen, dan bouwen

National Semiconductor's beroemd/beruchte analoge ingenieur Bob Pease, zei altijd dat zijn favoriete programmeertaal de soldeerbout was. En daarmee heeft hij niet helemaal ongelijk: iets bouwen geeft meer bevrediging dan het alleen te simuleren. Maar als je de onderdelen niet hebt, of alleen een idee wilt onderzoeken op uitvoerbaarheid, kun je met al deze gratis tools aan de slag, voordat je iets hoeft te bestellen. 

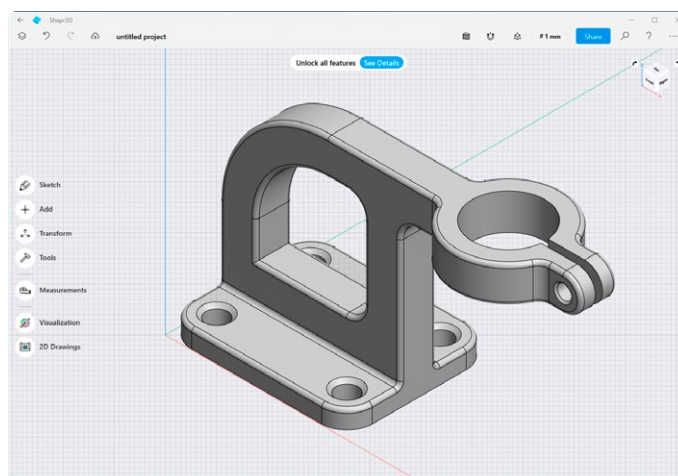
230512-03 (vertaling: Evelien Snel)

Vragen of opmerkingen?

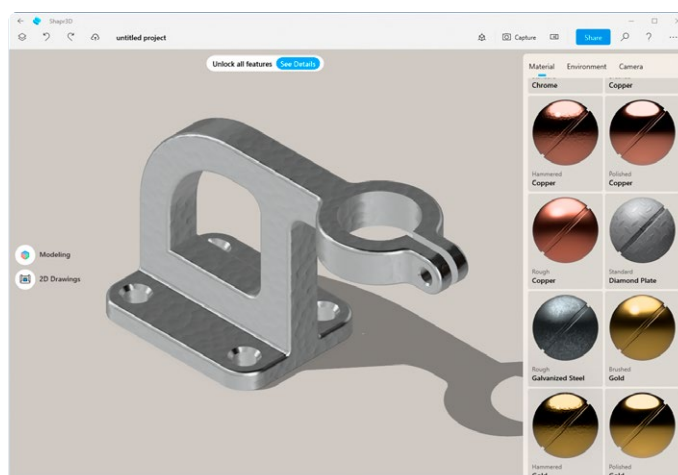
Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een email naar de auteur via stuart.cording@elektor.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

Over de auteur

Stuart Cording is technicus en journalist met meer dan 25 jaar ervaring in de elektronica-industrie. U kunt veel van zijn recente Elektor-artikelen vinden op www.elektormagazine.com/cording. Naast het schrijven voor Elektor presenteert hij een regelmatig livestream-interviews: Elektor Engineering Insights (www.elektormagazine.com/eei).



Figuur 5. De gebruikersinterface van Shapr3D is zeer intuïtief en ondersteunt een naadloze overgang tussen 3D- en 2D-tekenen.



Figuur 6. Je kunt de oppervlakte van 3D-modellen materiaal-eigenschappen geven. De gratis versie slaat de gekozen materialen niet op.

WEBLINKS

- [1] Wokwi: <https://wokwi.com>
- [2] GDB Debugger-project: <https://sourceware.org/gdb>
- [3] Wokwi-documentatie: <https://docs.wokwi.com>
- [4] Qorvo QSPICE: <https://tinyurl.com/qspicesimulator>
- [5] DesignSpark Circuit Simulator:
<https://tinyurl.com/designsparkcs>
- [6] VHDL-AMS op Wikipedia: <https://tinyurl.com/wikivhdlams>
- [7] SketchUp: <https://sketchup.com>
- [8] Shapr3D: <https://shapr3d.com>
- [9] Voorbeeld van een 3D-model:
<https://tinyurl.com/bracketmount>
- [10] GrabCAD: <https://grabcad.com>