

Aan de slag met MicroMod

Bekijk de
poster op
pagina 104

Nathan Seidle (SparkFun)

MicroMod is een compacte interface om een microcontroller aan te sluiten op diverse randapparatuur. Het MicroMod-systeem kan worden beschouwd als een 'brain' (brein) dat in 'carrier boards' (dragerprinten) kan worden gestoken.



Een MicroMod-processorprintje meet ongeveer 22 × 22 mm en kan in elke MicroMod-carrier (dragerprint) worden gestoken. Een schroefje houdt het processorboard op zijn plaats. De originele M.2-standaard [1] was ontworpen voor het verwisselen van **periferie** (de gebruiker kan een solid-state harddisk vervangen door een grotere), maar de MicroMod-standaard is ontworpen voor het verwisselen van **controllers** (de gebruiker kan beginnen met een krachtige processor en dan overstappen op een low-power controller om de levensduur van de batterij te verlengen).

Aanbevolen literatuur

Als u nog niet bekend bent met het MicroMod-ecosysteem, kunt u hier een overzicht vinden [2]. Er zijn ook tutorials over diverse specifieke onderwerpen:

- **Serial Peripheral Interface (SPI).** SPI wordt vaak gebruikt om microcontrollers te verbinden met randapparatuur zoals sensoren, schuifregisters en SD-kaarten [3].
- **Pulsbreedtemodulatie (PWM).** Een inleiding tot het concept van pulsbreedtemodulatie [4].
- **Logische niveaus.** Het verschil tussen 3,3V- en 5V-apparaten en logische niveaus [5].
- **I²C.** Een inleiding tot I²C, een van de belangrijkste gebruikelijke embedded communicatieprotocollen [6].

Hoe werkt het?

De MicroMod-standaard maakt gebruik van de M.2-connector en -specificatie [7] om de keuzevrijheid in onderdelen te vergroten en de kosten van de connector te verlagen. Alle MicroMod-'breinen' hebben dezelfde pinning. Zo zitten de I²C-pennen van de MicroMod-ESP32 op dezelfde plaats als de I²C-pennen op de MicroMod-Artemis.

De verschillende MicroMod-carriers geven de gebruiker toegang tot verschillende technologieën. Omdat de MicroMod-connector gestandaardiseerd is, kan de controller gemakkelijk en snel worden verwisseld, afhankelijk van uw wensen m.b.t. rekenkracht, stroomverbruik en draadloze connectiviteit. Een gebruiker kan bijvoorbeeld beginnen met de MicroMod-Artemis en een RFID-carrier. Maar later kan hij of zij tot het inzicht komen dat het project WiFi nodig heeft. Dan kan de gebruiker met behulp van de MicroMod-ESP32 meteen WiFi-mogelijkheden toevoegen zonder de onderliggende hardware te wijzigen. De MicroMod-interface is als volgt gedefinieerd:

- SparkFun MicroMod Interface v1.0 – pinning [8]
- SparkFun MicroMod Interface v1.0 – pinbeschrijvingen [9]

Hardware-overzicht



Welke connector en welke key gebruikt MicroMod?

A. MicroMod maakt gebruik van de bekende M.2-connector zoals weergegeven in **figuur 1**. Dit is dezelfde connector als op moderne moederborden en laptops. Wij adviseren de connector met **een hoogte van 4,2 mm**.

TE levert de goed verkrijgbare 2199230-4 voor een redelijke prijs [10] (bij aankoop van 1000 stuks kost hij \$0,56). U kunt ook de MicroMod DIY Carrier Kit bestellen die vijf connectoren, schroeven en steunen [11] bevat.

De plastic 'key' op de M.2-connector kan op verschillende plaatsen worden aangebracht om te voorkomen dat een gebruiker een incompatibele kaart plaatst. De MicroMod-standaard werkt met de 'E'-key, maar wijkt af van de M.2-standaard doordat het schroefgat 4 mm is verplaatst. De 'E'-key is vrij gangbaar, dus een gebruiker zou

een M.2-compatibele WiFi-module kunnen plaatsen, maar omdat de schroefbevestiging niet is uitgelijnd, kan hij geen incompatibel apparaat in een MicroMod-carrier bevestigen.



Wat is een processorprint?

A: Zoals te zien is in **figuur 2** meet elke processorprint ongeveer 22 x 22 mm en bevat hij een microcontroller of -processor. De pinnen van de processor gaan naar de rand van de print conform de MicroMod pinning-specificatie.

Van elke processorprint wordt verwacht dat alleen de USB-lijnen D+ en D- nodig zijn voor het programmeren. Dat betekent dat bij een processor die geen ingebouwde USB-ondersteuning heeft, deze moet worden toegevoegd. Op de Artemis-processorprint is bijvoorbeeld een CH340E toegevoegd om seriële programmeerondersteuning te bieden. Van elke processorprint wordt bovendien verwacht dat er een status-LED aan boord is die niet naar de rand van de print is gevoerd.

Opmerking: in de MicroMod-specificatie is de positie van de schroef 4 mm vanuit het midden van de print naar rechts verplaatst. Zo wordt voorkomen dat allerlei apparaten die gebruik maken van de M.2-connector (zoals WiFi-kaarten, SSD's, cellulaire modems enzovoort) en MicroMod-apparaten door elkaar worden gehaald. Hoewel een gebruiker een WiFi-kaart in een SparkFun-datalogger-carrier **zou kunnen** plaatsen, lijnen de schroefgaten niet, zodat duidelijk is dat de apparaten niet bij elkaar passen.

De MicroMod-specificatie biedt ruimte voor toekomstige grotere afmetingen, en gebruikers zijn welkom om hun eigen processorprinten te maken, maar let erop dat het gat voor de afstandsbus op de meeste carriers in overeenstemming met de 2222 MicroMod-key is geplaatst.



Wat is de pinning van de MicroMod?

A. De MicroMod-interface is als volgt gedefinieerd:

- > SparkFun MicroMod Interface v1.0 – pinning [8]
- > SparkFun MicroMod Interface v1.0 – pinbeschrijvingen [9]

Niet alle pinnen hoeven aangesloten te zijn als de MicroMod-vormfactor wordt gebruikt. Zie de specifieke documentatie van uw processorprint voor meer informatie. De referentiegegevens staan online:

- > MicroMod General Pinout Table [12]
- > MicroMod General Pin Descriptions [13]

Voor elke pen op de M.2-connector is een bepaalde functie gespecificeerd. Er zijn extra regels toegevoegd aan de MicroMod-specificatie om de compatibiliteit tussen de verschillende platforms te garanderen. Er worden maximaal 49 GPIO's ondersteund. MicroMod richt zich over het algemeen op interfacetypen en -locaties. Als een carrier bijvoorbeeld PWM-mogelijkheden vereist, dan moet hij daarvoor gebruik maken van de pinnen 32 (PWM0) en 47 (PWM1), omdat die zeer waarschijnlijk PWM ondersteunen.

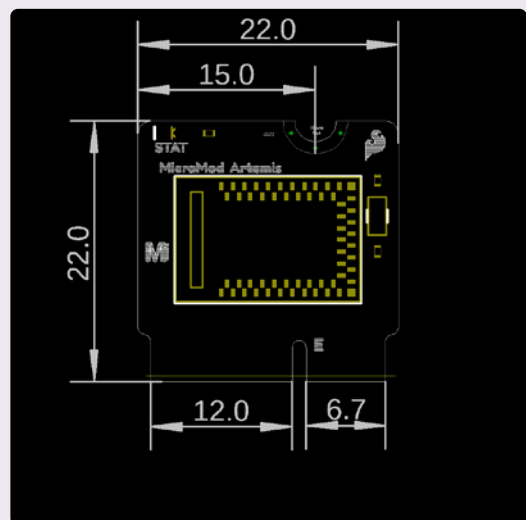
Ondersteunde interfaces:

- > USB voor programmeren en serieel debuggen
- > 2x 'dedicated' analoog
- > 2x 'dedicated' PWM
- > 2x 'dedicated' digitale I/O
- > 12x GPIO
- > 2x I2C
- > 2x SPI
- > 2x UART
- > SDIO
- > USB-HOST
- > CAN
- > SWD
- > PDM / PCM / I2S
- > differentiële ADC

12 GPIO's lijkt misschien niet veel, maar als alle andere interfaces zijn aangesloten (UART, SPI, I2C, PWM, ADC), dan moeten 12 GPIO's toch wel voldoende zijn voor wat er dan nog overblijft.



Figuur 1. M.2-connectoraansluiting vooraanzicht (boven) en achteraanzicht (onder).



Figuur 2. Elk processorboard volgt de '2222'-M.2-standaard (totale afmeting 22 x 22 mm).

Aan de slag met de hardware

Om te beginnen met MicroMod hebt u naast een processorprint ook een carrierprint nodig. We gebruiken hier het Artemis MicroMod Processor Board met het Machine Learning Carrier Board. Lijn de bovenste key van de MicroMod Artemis processorprint uit met de moer van het Machine Learning Board en steek het board in de bus. Steek de print onder een hoek in de M.2-connector.

Opmerking: de processor kan niet achterstevoren worden geplaatst, omdat de key dan in de weg zit. Als extra beveiliging om te voorkomen dat er een processor wordt geplaatst die toch overeenkomt met de key, is het schroefgat verplaatst, zodat u een verkeerde processorprint niet kunt vastzetten. De processorprint zal onder een hoek van ongeveer 25° omhoog wijzen, zoals te zien is in **figuur 3**.

Als de print eenmaal in de connector zit, houdt u het MicroMod processorprintje vast en draait u de schroef met een kruiskopschroevendraaier voorzichtig aan (**figuur 4**). Wij raden de klassieke SparkFun omkeerbare mini-schroevendraaier [14] aan (of de chiquere schroevendraaier [15]), maar elke #00, #0 of #1 kruiskopschroevendraaier is geschikt. Als de print eenmaal vast zit, moet uw geassembleerde MicroMod-systeem er uitzien zoals in **figuur 5**!

Opmerking: als u nog nooit een CH340-chip op uw computer hebt aangesloten, moet u mogelijk drivers voor de USB/serieel-converter installeren. Zie *How to Install CH340 Drivers* [16] voor hulp bij de installatie.

Ontwerpen met MicroMod

Q. Kan ik een eigen MicroMod Processor Board maken?

A. Jazeker. SparkFun is een open source-hardwarebedrijf en patenteert deze interface niet. Het enige wat we vragen is dat u niet afwijkt van de specificaties, de regels volgt, en niet probeert de community in verwarring te brengen met concurrerende of gedeeltelijk compatibele soortgelijke interfaces.

We raden aan om te beginnen met een van onze open source processorprint-ontwerpen. Momenteel zijn al deze bestanden in EAGLE-formaat. Als u een ander PCB-programma gebruikt en u wilt uw ontwerp aan de lijst toevoegen als referentie-ontwerp, laat het ons dan weten op [17]! De volgende bestanden staan op GitHub.

- MicroMod ESP32 Processor Board [18]
- MicroMod SAMD51 Processor Board [19]
- MicroMod Artemis Processor Board [20]

Zoals al opgemerkt wordt in het artikel *Designing with MicroMod* [21] beschreven hoe u een goede processor- en carrierprint kunt maken.

Q. Kan ik een eigen MicroMod Carrier Board maken?

A: Natuurlijk! Dat is waar het echt spannend wordt. We hebben allerlei hulpmiddelen, zoals een connector-footprint en een symbool voor Eagle PCB (**figuur 6**). We hebben al meerdere carrier boards ontworpen en die zijn open source zodat u ze kunt gebruiken als referentie en uitgangspunt. We zijn heel benieuwd wat u gaat maken.

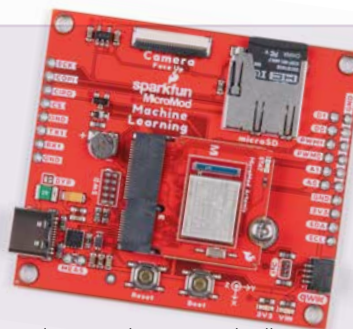
We raden u aan om te beginnen met een van onze open source carrier-ontwerpen. Momenteel zijn al deze ontwerpen beschikbaar als EAGLE-bestanden. Als u een ander PCB-pakket hebt en u wilt uw ontwerp als referentie-ontwerp aan de lijst toevoegen, laat het ons dan weten op [19]! De volgende bestanden staan op GitHub.

- MicroMod All The Pins (ATP) Carrier Board [22]
- MicroMod Data Logging Carrier Board [23]
- MicroMod Machine Learning Carrier Board [24]
- MicroMod Input and Display Carrier Board [25]

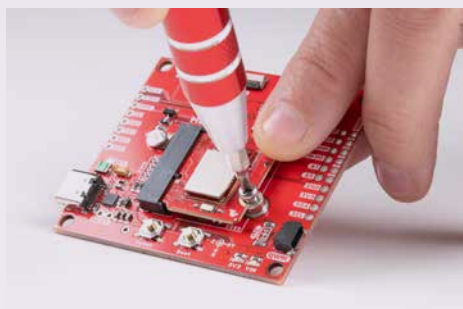
Daarnaast hebben we *Designing with MicroMod* [21] geschreven dat dieper ingaat op het creëren van een goede processor- en carrierprint.



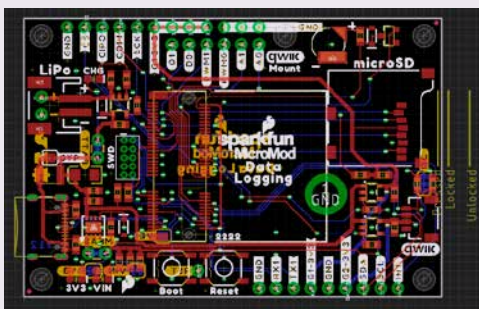
Figuur 3. De MicroMod-processorprint wordt onder een hoek van ongeveer 25° in de connector gestoken.



Figuur 5. Klaar voor gebruik!



Figuur 4. Houd de MicroMod-processorprint vast en draai de kruiskopschroef voorzichtig aan.



Figuur 6. Eagle-footprint en -symbool voor een carrierprint.

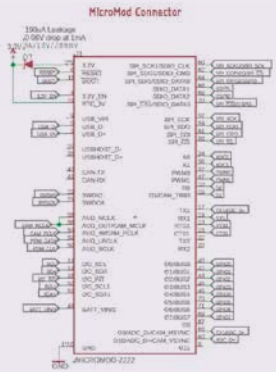
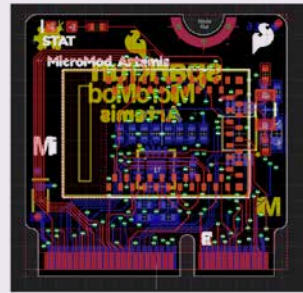
Tutorials

Ontwerpen met MicroMod

Deze tutorial voert u door de specificaties van de MicroMod-processor- en carrierprint en de basisprincipes van het integreren van de MicroMod-vormfactor in uw eigen PCB-ontwerpen!

Ga naar:

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/designing-with-micromod>



MicroMod SAMD51 Processor Board Hookup Guide



Deze tutorial behandelt de basis-functionaliteit van de MicroMod SAMD51 en belicht de kenmerken van het ARM Cortex-M4F-ontwikkelboard. Ga naar:

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/micromod-samd51-processor-board-hookup-guide>



MicroMod Data Logging Carrier Board Hookup Guide

Ga aan de slag met MicroMod-datalogging met het Data Logging Carrier Board. Ga naar:

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/micromod-data-logging-carrier-board-hookup-guide>



MicroMod Machine Learning Carrier Board Hookup Guide

Hack er op los met deze tutorial over ons Machine Learning Carrier Board! Ga naar:

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/micromod-machine-learning-carrier-board-hookup-guide>



Gerelateerde producten

Bent u op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel genoemd zijn? Elektor en SparkFun staan voor u klaar!

www.elektormagazine.nl/esfe-en-micromod6



Micromod Artemis Processor Board



Machine Learning Carrier Board



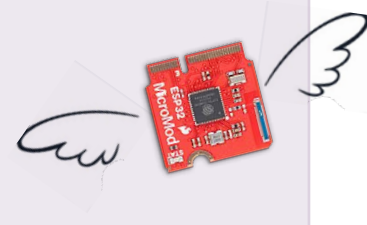
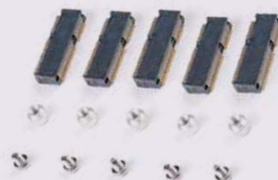
MicroMod Data Logging Carrier Board



Input and Display Carrier Board



MicroMod DIY Carrier Kit (5 pack)



Houd bij het ontwerpen van uw eigen carrier rekening met deze vuistregels:

- Alle carriers moeten zijn voorzien van een gestabiliseerde 3,3V-voeding die 1 A kan leveren.
- Alle carriers moeten een USB D+/- aansluiting voor het programmeren hebben.
- Niet bij alle processorprinten hebben verbindingen naar alle pinnen.
- De lijnen A0/1, PWM0/1 en D0/1 **zouden** door **elke** processor-print moeten worden ondersteund, zodat u erop mag vertrouwen dat die pinnen beschikbaar zijn.
- UART1-, SPI- en I²C-poorten zijn heel gebruikelijk en zitten op bijna elke processorprint, maar de randapparatuur daarbuiten, verschilt van processor tot processor. Bijvoorbeeld: ondersteuning voor een tweede I²C-poort varieert sterk, dus als uw carrier die tweede I²C-poort nodig heeft, let dan op welke processor-printen ondersteund worden.

Om u op weg te helpen met uw eigen aangepaste carrier hebben we de MicroMod DIY Carrier Kit [26] samengesteld (**figuur 7**) die 5 connectoren, schroeven en afstandsbusen bevat, zodat u alle 'speciale' onderdelen hebt om uw eigen carrierprint te kunnen maken. De M.2-connector heeft een steek van 0,5 mm en uitlijnnokken. Handmatig sjabloneren en thuis reflowen is mogelijk, maar we raden aan om een roestvrijstalen sjabloon te gebruiken (gebruik geen polyes-ter) en een reflow-oven van goede kwaliteit (geen kookplaat!) om kortsluiting tussen printsporen te voorkomen.

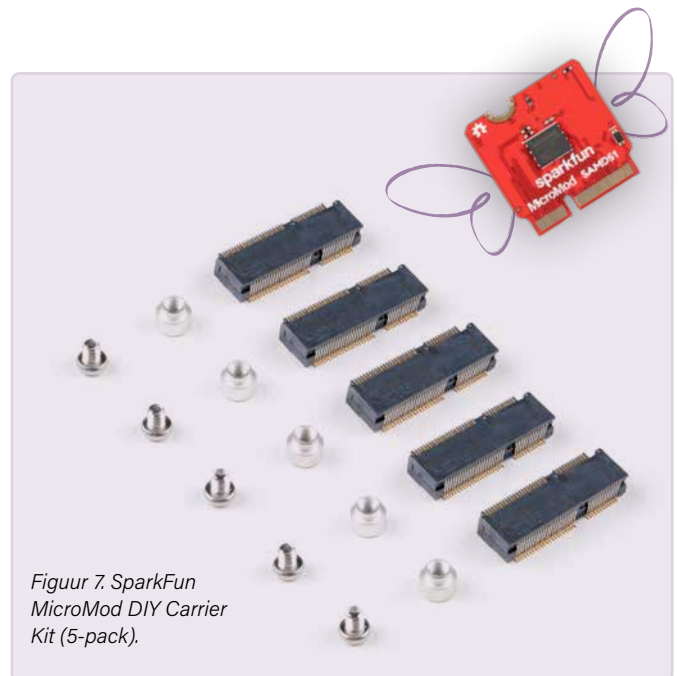
Q. Hoe zit het met koellichamen!

A. Een van de voordelen van de M.2-standaard is de mogelijkheid om componenten onder de module te plaatsen. Hiermee kunnen we nu koellichamen toevoegen aan de microcontrollers! Daarom adviseren wij de connector met een hoogte van 4,2 mm. TE levert de goed verkrijgbare 2199230-4 [27] tegen redelijke kosten (bij duizend stuks vanaf \$0,56 per stuk).

Q. En als ik veel GPIO nodig heb?

A. Er zijn toepassingen waarbij een gebruiker meer dan 12 GPIO's nodig heeft. De MicroMod-specificatie is flexibel. Als u een MicroMod wilt ontwerpen met maar een paar randapparaten (bijvoorbeeld alleen UART en I²C) en de rest voor GPIO wilt gebruiken (45 beschikbaar voor GPIO in dit voorbeeld), dan is dat prima. Uw carrier kan de UART- en I²C-pennen op de normale locatie gebruiken en de GPIO's op niet-standaardlocaties. Dat heeft tot gevolg dat andere MicroMod's niet 100% compatibel zijn (misschien kunnen sommige MicroMod Artemis-boards de relais van uw carrier niet aansturen), maar het is wel toegestaan. U als ontwerper kunt uw eigen afwegingen maken. We hebben een handleiding geschreven voor het maken van een MicroMod Processor Board; dit zijn de belangrijkste punten:

- Sluit specifieke hardware aan op de beschikbare I²C-, SPI-, UART-, USB-, USB_HOST-, CAN-, SDIO- en JTAG-pennen op de MicroMod-connector.
- A0/A1 op de MicroMod-connector moeten worden toegewezen aan pennen van de microcontroller die exclusief ADC zijn (geen PWM-mogelijkheid).



Figuur 7. SparkFun MicroMod DIY Carrier Kit (5-pack).

- PWM0/PWM1 moeten worden toegewezen aan pennen die exclusief aan PWM doen (geen ADC-mogelijkheid).
- D0/D1 moeten worden toegewezen aan pennen die exclusief GPIO zijn (geen ADC- of PWM-mogelijkheid).
- De overige pennen moeten worden toegewezen aan Gx, waarbij ADC- en PWM-geschikte pennen voorrang hebben (0, 1, 2 enzovoort).
- Het is de bedoeling om PWM-, ADC- en digitale pin-functionaliteit te garanderen op de specifieke pinnen, terwijl Gx-pennen geen ADC/PWM-functionaliteit garanderen.
- Als de microcontroller een specifieke pinfunctie mist en er nog GPIO over is, mag de pen toch voor GPIO worden gebruikt. CTS/RTS kunnen bijvoorbeeld worden vervangen door een GPIO als de microcontroller geen flow control heeft.

Kijk voor meer informatie in de tutorial *Designing with MicroMod* [21]. Deze voert u door de specificaties van de MicroMod-processor en carrierprint en door de basisprincipes van het integreren van de MicroMod-vormfactor in uw eigen PCB-ontwerpen!

Resources en verdere informatie

Enkele belangrijke MicroMod-documenten:

- SparkFun MicroMod Interface v1.0 – pinning [8]
- SparkFun MicroMod Interface v1.0 – pinbeschrijvingen [9]
- SparkFun Eagle Libraries met voorbeeld-footprints voor de M.2-connector en SMD-afstandsbus [28]
- M.2 MicroMod Connector Datasheet [29]
- M2.5 Reflowable Standoff Datasheet [30]
- MicroMod Info Page [31]
- MicroMod Forums [32]

Nu u bekend bent met de basisprincipes van de MicroMod, kunt u de diverse tutorials over MicroMod gaan bestuderen.

200684-04

Elektron online-pagina voor dit artikel:
www.elektormagazine.nl/esfe-en-micromod





Alle SparkFun MicroMod processor- en carrierprinten

MicroMod

Hier een overzicht van Sparkfun MicroMod Processor Boards en bijpassende Carrier Boards die op het moment dat we dit schrijven beschikbaar zijn. Voor het meest actuele overzicht gaat u naar www.sparkfun.com/micromod.

Carrierprinten

ATP: toegang tot alle pennen op uw processorprint.

Input en display: een goed platform voor gegevensinvoer en -weergave.

Data Logging: een configureerbaar, low-power platform voor datalogging.

Machine Learning: maak kennis met ML zonder centrale computer of internetverbinding.

Nieuw #1: wordt nog aangekondigd

Nieuw #2: wordt nog aangekondigd

Processorprinten

Artemis: kies voor de ultra-efficiënte ARM Cortex-M4F met BLE 5.0 tot 96 MHz en een vermogensopname tot 6 μ A/MHz (minder dan 5 mW).

ESP32: de krachtige processorprint van Espressif met de dual-core Tensilica LX6 en geïntegreerd Bluetooth en WiFi.

SAMD51: kies de SAMD51 voor een economisch, krachtig en gebruikersvriendelijk ontwikkelplatform met het gemak van een UF2-bootloader.

Nieuw #1: wordt nog aangekondigd

Nieuw #2: wordt nog aangekondigd

WEBLINKS

- [1] Oorspronkelijke M.2-standaard: <https://en.wikipedia.org/wiki/M.2>
- [2] Overzicht van het MicroMod-ecosysteem: <https://www.sparkfun.com/micromod>
- [3] Serial Peripheral Interface (SPI): <http://www.elektormagazine.nl/esfe-en-micromod1>
- [4] Pulse Width Modulation: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pulse-width-modulation>
- [5] 3,3V- vs. 5V-componenten en logische niveaus : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/logic-levels>
- [6] Inleiding tot I²C : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/i2c>
- [7] M.2-connector en -specificatie: <https://en.wikipedia.org/wiki/M.2>
- [8] SparkFun MicroMod Interface v1.0 — pinning: <https://bit.ly/3p96pJe>
- [9] SparkFun MicroMod Interface v1.0 — pinbeschrijvingen: <https://bit.ly/3asRCF1>
- [10] TE 2199230-4 connector : <https://www.findchips.com/search/2199230-4>
- [11] MicroMod DIY Carrier Kit: <https://www.sparkfun.com/products/16549>
- [12] MicroMod General Pinout Table: <https://bit.ly/3rhRvLS>
- [13] MicroMod General Pin Descriptions: <https://bit.ly/34wu4eW>
- [14] SparkFun omkeerbare mini-schroevendraaier: <https://www.sparkfun.com/products/9146>
- [15] Schroevendraaierset: <https://www.sparkfun.com/products/12891>
- [16] Installeren van CH340-drivers: <https://bit.ly/3p4V50C>
- [17] Voeg uw ontwerp als referentie-ontwerp toe: <https://www.sparkfun.com/static/contact>
- [18] MicroMod ESP32 Processor Board : <https://www.elektormagazine.nl/esfe-en-micromod2>
- [19] MicroMod SAMD51 Processor Board : <https://www.elektormagazine.nl/esfe-en-micromod3>
- [20] MicroMod Artemis Processor Board: https://github.com/sparkfun/MicroMod_Artemis_Processor
- [21] Ontwerpen met MicroMod: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/designing-with-micromod>
- [22] MicroMod All The Pins (ATP) Carrier Board: https://github.com/sparkfun/MicroMod_ATP_Carrier_Board
- [23] MicroMod Data Logging Carrier Board: https://github.com/sparkfun/MicroMod_Data_Logging_Carrier
- [24] MicroMod Machine Learning Carrier Board: https://github.com/sparkfun/MicroMod_Machine_Learning_Carrier
- [25] MicroMod Input and Display Carrier Board : https://github.com/sparkfun/MicroMod_Input_and_Display_Carrier
- [26] MicroMod DIY Carrier Kit: <https://www.sparkfun.com/products/16549>
- [27] TE 2199230-4: <https://www.findchips.com/search/2199230-4>
- [28] Eagle-bibliotheken, M.2-footprint en SMD-standoff: <https://github.com/sparkfun/SparkFun-Eagle-Libraries>
- [29] M.2 MicroMod Connector Datasheet: <https://bit.ly/3nCZM1B>
- [30] M2.5 Reflowable Standoff Datasheet: <https://www.elektormagazine.nl/esfe-en-micromod4>
- [31] MicroMod-infopagina: <https://www.sparkfun.com/micromod>
- [32] MicroMod-forums: <https://forum.sparkfun.com/viewforum.php?f=180>